پژوهشگاه نیرو

Niroo Research Institute

NRI-ER-667-PCOPN35-99-D

آینده‌پژوهی شناسایی فناوری‌های نوظهور *ICT* برای حل چالش‌های ساختارهای نوین صنعت برق



مدیر پروژه: صوفیا آهنج

مجری: شیدا سید فرشی

DOI: 10.30503/nripress.2020.299


بسم الله الرحمن الرحيم

آینده‌پژوهی شناسایی فناوری‌های نوظهور *ICT*
برای حل چالش‌های ساختارهای نوین صنعت برق

مدیر پروژه: صوفیا آهنج

همکاران پروژه: صوفیا آهنج، شیدا سید فرشی، فرزانه مرتضوی، فروغ صدیقی، مهرنوش عابدی، معصومه رحمانی، زهرا شریف پور، ملیحه خنجری، صبریه چوبکار، محمدرضا جبار پور، علی محمد صغیری، یحیی سلیمی خلیق، محسن ظهیر، مهدی مظفری پور، محمد رضا طریحی

مجری: شیدا سید فرشی

انتشارات پژوهشگاه نیرو
۱۳۹۹

کد گزارش : NRI-ER-667-PCOPN35-99-D

DOI: 10.30503/nripress.2020.299

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات

آینده‌پژوهی شناسایی فناوری‌های نوظهور ICT برای حل چالش‌های ساختارهای نوین/ مدیر پروژه: صوفیا آهنج. کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۹.

۵۷۶ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. سید فرشی، شیدا، مجری. ۲. مرتضوی، فرزانه، همکار پروژه. ۳. صدیقی، فروغ، همکار پروژه. ۴. عابدی، مهرنوش، همکار پروژه. ۵. رحمانی، معصومه، همکار پروژه. ۶. شریف‌پور، زهرا، همکار پروژه. ۷. خنجری، ملیحه، همکار پروژه. ۸. چوبکار، صبریه، همکار پروژه. ۹. جبار پور، محمدرضا، همکار پروژه. ۱۰. صغیری، علی محمد، همکار پروژه. ۱۱. سلیمی خلیق، یحیی، همکار پروژه. ۱۲. ظهیر، محسن، همکار پروژه. ۱۳. مظفری‌پور، مهدی، همکار پروژه. ۱۴. طریحی، محمدرضا، همکار پروژه. ۱۵. محور/ محورهای اصلی پروژه: فناوری‌های تحول آفرین و نوظهور ۱۶. محور/ محورهای فرعی پروژه. امنیت

انتشارات پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات

کلیه حقوق قانونی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

نشانی: تهران،شهرک‌غرب،انتهای‌بلوارشهیددادمان،پژوهشگاه‌نیرو، کدپستی: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳

تلفن: ۹-۸۸۰۷۹۴۰۱

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶

وبگاه: www.nri.ac.ir

پست الکترونیک انتشارات: publications@nri.ac.ir

فرم تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب صوفیا آهنج متهد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب و همکاران به شرح زیر است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

همکاران : صوفیا آهنج، شیدا سید فرشی، فرزانه مرتضوی، فروغ صدیقی، مهرنوش عابدی، معصومه رحمانی، زهرا شریف پور، ملیحه خنجری، صبریه چوبکار، محمد رضا جبار پور، علی محمد صغیری، یحیی سلیمی خلیق، محسن ظهیر، مهدی مظفری پور، محمد رضا طریحی

پیشگفتار

امروزه فناوری اطلاعات و ارتباطات نقش بسزایی در حوزه‌های مختلف مانند تولید، انتقال، توزیع، مصرف ، مدیریت شبکه و بازار و همچنین فعالیت‌هایی مانند کنترل، حفاظت و مانیتورینگ در صنعت برق و انرژی دارد. با ظهور مفهوم شبکه هوشمند در این صنعت و تاکید اسناد بالادستی مبنی بر هوشمند شدن شبکه برق با هدف بهبود بهره‌وری، جلب مشارکت مردمی و کاهش آلاینده‌های صنعتی، ارتباطات و ساختارهای جدیدی در صنعت برق و انرژی ظهور کرده است. به واسطه نیاز به مشخصه‌هایی مانند رویت‌پذیری و کنترل‌پذیری، ارتباطات مخابراتی یکپارچه و نیاز به پردازش حجم بالای داده‌های سراسر شبکه به کارگیری فناوری‌های نوین ICT را در این صنعت گریز ناپذیر کرده است. لازم به ذکر است که استفاده از فناوری‌های نوین در این صنعت باعث ایجاد چالش‌ها و نیازمندی‌های جدیدی خواهد شد.

امروزه شناسائی و بکارگیری فناوری نوین و نوظهور به منظور برآورده ساختن نیازمندی‌های ساختارهای جدید صنعت برق یکی از موضوعات اساسی در تحقیقات مرتبط با صنعت برق است. در کشورهای مختلف، مراکز تحقیقاتی صنعت برق مانند EPRI و KEPRI در این خصوص برنامه‌ها و نقشه‌های راه مختلفی را تدوین نموده‌اند. با توجه به رسالت گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات در ارتقا و حل مسائل صنعت برق پروژه حاضر در جهت کسب و ارتقاء دانش تخصصی در این حوزه تدوین شده است.

در این پروژه ساختارهای جدید صنعت برق و چالش‌های مرتبط به حوزه ICT بررسی شده اند. همچنین فناوری‌های نوین در این حوزه شناسایی شده و ارتباطات این موضوعات با رویکردهای نوین در حل مسائل صنعت برق تعیین گردیدند. در این راستا رویکردهای فناورانه، برنامه‌های عملیاتی و نقشه‌های راه ICT مراکز تحقیقات انرژی دنیا، محورهای تحقیقاتی در دانشگاه‌ها، کنفرانس‌ها و همایش‌ها و فعالیت‌های شرکت‌های دانش بنیان داخلی در این حوزه شناسایی شدند. در نهایت با در نظر گرفتن این رویکردها در خصوص انجام پروژه‌هایی آتی در گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات در جهت کسب و ارتقاء دانش تخصصی در این حوزه برنامه ریزی و اولویت بندی انجام شد.

مجری پروژه: شیدا سید فرشی

ناظر پروژه: کیان یزدیان

مدیر پروژه: صوفیا آهنج

فهرست مطالب کلی

عنوان **صفحه**

مرحله یک: آینده‌پژوهی شناسایی فناوری‌های نوظهور ICT برای حل چالش‌های ساختارهای نوین صنعت برق..... I

فصل ۱- بررسی دستورالعمل‌ها و خط‌مشی‌های انرژی در کشورهای پیشرفته در دنیا و تعیین اثرات این خط‌مشی‌ها بر روی سیستم انرژی آینده..... ۲

فصل ۲- چالش‌های مطرح در راستای تحولات سیستم‌های قدرت..... ۱۴

فصل ۳- نیازمندی‌های عملکردی ICT برای رفع چالش‌های ساختارهای نوین صنعت برق..... ۲۲

فصل ۴- چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی حال حاضر صنعت برق کشور براساس نظر سنجی از خبرگان..... ۴۲

فصل ۵- نتیجه‌گیری مرحله ۱ ..... ۵۱

مرحله دو: شناسائی فناوری‌های نوظهور ICT، امکان بکارگیری آن‌ها در صنعت برق نوین و بررسی مزایا و معایب بکارگیری آنها VI

فصل ۱- بررسی اسناد بالادستی و نهایی‌سازی چالش‌های مورد بررسی ۵۵

فصل ۲- بررسی لیست دانشگاهها، کنفرانسها و موسسات معتبر در حوزه ICT در بخش انرژی..... I

فصل ۳- بررسی مزایا، معایب و کابردهای فنآوری‌های نوظهور ICT در بخش انرژی بر اساس مطالعات انجام شده و انتخاب فناوری نوظهور بر اساس چالش‌های تعیین شده..... ۱۰۰

فصل ۴- بررسی وضعیت موجود فناری‌های انتخاب شده و اولویت‌بندی فناوری‌ها..... ۴۰۵

فصل ۵- نتیجه‌گیری و اولویتبندی فناوریها..... ۴۳۰

مرحله سه: تعیین و اولویت‌بندی پروژه‌های مرتبط..... XXVI

مرحله یک- آینده‌پژوهی شناسایی فناوری‌های نوظهور ICT برای حل چالش‌های ساختارهای نوین صنعت برق

فهرست مطالب مرحله ۱

عنوان **صفحه**

مقدمه مرحله ۲..... ۵۴
فصل ۱ – بررسی اسناد بالادستی و نهایی‌سازی چالش‌های مورد بررسی..... ۵۵

۱-۱- مقدمه فصل ۱..... ۵۶
۱-۲- بررسی اسناد بالادستی..... ۵۸
۱-۲-۱- سیاستهای کلی اقتصاد مقاومتی- مقام معظم رهبری- سال ۹۲..... ۵۸
۱-۲-۲- قانون برنامه پنج ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۶-۱۴۰۰) سال ۱۳۹۵..... ۵۸
۱-۲-۳- سند ملی راهبرد انرژی کشور- دولت- سال ۹۶..... ۵۹
۱-۲-۴- برنامه وزیر محترم نیرو در دولت دوازدهم- جناب آقای دکتر اردکانیان- سال ۱۳۹۶..... ۶۰
۱-۲-۵- برنامه راهبردی وزارت نیرو ۱۴۰۴ - وزارت نیرو- سال۱۳۹۶..... ۶۲
۱-۲-۶- سند چشم انداز شرکت توانیر در افق سال ۱۴۰۴- سال- سال ۱۳۹۶..... ۶۴
۱-۲-۷- نقشه راه توسعه دولت الکترونیکی- مشتمل بر: آیین نامه توسعه خدمات الکترونیکی دستگاههای اجرایی و ضوابط فنی اجرایی توسعه دولت الکترونیکی (مصوب شورای عالی فناوری اطلاعات) سال ۱۳۹۳..... ۶۴
۱-۲-۸- سیاستها و اولویتهای پژوهش و فنّاوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰..... ۶۵
۱-۳- نتیجه گیری تحلیل اسناد بالادستی از نقطه نظر چالش ها..... ۶۶
فصل ۲- بررسی لیست دانشگاهها، کنفرانسها و موسسات معتبر در حوزه ICT در بخش انرژی..... I

۲-۱- مقدمه فصل ۲..... ۶۵
۲-۲- بررسی موسسات تحقیقاتی در حوزه انرژی و صنعت برق کشور های پیشرفته و نقشه راه ارائه شده توسط آنها... ۶۶
۲-۲-۱- موسسه تحقیقات انرژی الکتریکی(EPRI)..... ۶۶
۲-۲-۲- موسسه استاندارد ارتباطات راه دور اروپا (ETSI)..... ۷۴
۲-۲-۳- موسسه اقتصاد انرژی کره(KEEI)..... ۷۹
۲-۲-۴- اتحادیه بین المللی ارتباطات از راه دور(ITU)..... ۸۲
۲-۳- بررسی مراکز ICT در دانشگاه های معتبر در حوزه ICT..... ۸۳
۲-۳-۱- مرکز ICT انستیتوی فنآوری ماساچوست (MIT)..... ۸۳
۲-۳-۲- مرکز ICT دانشگاه کارنگی ملون..... ۸۳
۲-۳-۳- مرکز ICT دانشگاه استنفورد..... ۸۴
۲-۳-۴- بررسی حوزه های کاری دانشگاههای منتخب در حوزه ICT..... ۸۴
۲-۴- بررسی کنفرانس‌های معتبر در حوزه انرژی..... ۸۵
۲-۵- بررسی موسسات تحقیقاتی در حوزه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و صنعت برق..... ۸۸
۲-۵-۱- موسسه گارتنر..... ۸۸
۲-۵-۲- مجله مرور فنآوری MIT..... ۹۰
۲-۵-۳- موسسه مهندسان الکترونیک و الکتریک (IEEE)..... ۹۰
۲-۵-۴- هولت پکارد(HP)..... ۹۱

۵-۵-۲- موسسه CIGRE ۹۱
۶-۵-۲- ای سی سنچری ۹۲
۷-۵-۲- موسسه ملی فنآوری و استاندارد ها(NIST) ۹۲
۸-۵-۲- اتحادیه بین المللی مخابرات (ITU) ۹۳
۹-۵-۲- سازمان بین‌المللی برای استانداردسازی (ISO) ۹۳
۱۰-۵-۲- کمیسیون الکتروتکنیک بین‌المللی (IEC) ۹۴
۱۱-۵-۲- کارگروه مهندسی اینترنت (IETF) ۹۴
۱۲-۵-۲- پروژه مشارکتی نسل سوم شبکه سیار (3GPP) ۹۵
۱۳-۵-۲- انجمن سامانه جهانی ارتباطات سیار (GSMA) ۹۵
۶-۲- نتیجه گیری فصل ۲ ..... ۹۵
فصل ۳- بررسی مزایا، معایب و کابردهای فنآوری‌های نوظهور *ICT* در بخش انرژی بر اساس مطالعات انجام شده و انتخاب فناوری نوظهور بر اساس چالش‌های تعیین شده ۱۰۰
۱-۳- مقدمه فصل ۳ ..... ۱۰۱
۲-۳- فناوری‌های حوزه اطلاعات ۱۰۲
۱-۲-۳- هوش مصنوعی ۱۰۲
۱-۲-۲-۳- تکنیکهای هوش مصنوعی ۱۰۲
۱-۱-۱-۲-۳- شبکههای عصبی مصنوعی (ANN) ۱۰۲
I- مزایا شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۴
II- معایب شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۴
III- کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۵
۲-۱-۱-۲-۳- منطق فازی ۱۰۵
I- مزایا منطق فازی ۱۰۶
II- معایب منطق فازی ۱۰۶
III- کاربردها منطق فازی ۱۰۶
۳-۱-۱-۲-۳- سیستمهای خبره ۱۰۷
II- معایب سیستم های خبره ۱۰۸
III- کاربردهای سیستم خبره ۱۰۸
۴-۱-۱-۲-۳- هوش جمعی ۱۰۸
I-مزایای هوش جمعی ۱۰۹
II-معایب هوش جمعی ۱۰۹
III- کاربردهای هوش جمعی ۱۱۰
۵-۱-۱-۲-۳- محاسبات تکاملی ۱۱۱
I- مزایای محاسبات تکاملی ۱۱۲
II-معایب محاسبات تکاملی ۱۱۳
III- کاربردهای محاسبات تکاملی ۱۱۳
۲-۱-۲-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری هوش مصنوعی ۱۱۳
۲-۲-۳- فناوریهای مرتبط با حوزه تحلیل داده ۱۱۷

۱-۲-۲-۳- کلان داده ۱۱۷
I-مزایای تحلیل داده ۱۱۸
II-معایب تحلیل داده ۱۱۹
۲-۱-۲-۲-۳- تحلیل افزوده ۱۲۰
I-مزایای تحلیل افزوده ۱۲۱
II-معایب تحلیل افزوده ۱۲۱
۳-۱-۲-۲-۳- کاربردهای تحلیل کلان داده در صنعت برق ۱۲۱
۲-۲-۲-۳- وب معنایی ۱۲۲
۱-۲-۲-۲-۳- ارائه دانش ۱۲۴
۲-۲-۲-۲-۳- هستان شناسی ۱۲۵
۳-۲-۲-۲-۳- مزایا وب معنایی ۱۲۵
۴-۲-۲-۲-۳- معایب وب معنایی ۱۲۶
۵-۲-۲-۲-۳- کاربردها وب معنایی ۱۲۶
۳-۲-۲-۳- گراف دانش ۱۲۶
۱-۳-۲-۲-۳- مزایا گراف دانش ۱۲۷
۲-۳-۲-۲-۳- معایب گراف دانش ۱۲۷
۳-۳-۲-۲-۳- کاربردها گراف دانش ۱۲۷
۴-۲-۲-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوریهای مرتبط با حوزه داده ۱۲۷
۳-۲-۳- بلاکچین ۱۳۰
۱-۳-۲-۳- مزایای بلاکچین ۱۳۱
۲-۳-۲-۳- معایب بلاکچین ۱۳۴
۳-۳-۲-۳- کاربردهای فناوری بلاکچین در صنعت برق ۱۳۹
۴-۳-۲-۳- چالشهای قابل رفع توسط فناوری بلاکچین در صنعت برق ۱۴۰
۴-۲-۳- فناوریهای پردازش سیگنال ۱۴۲
۱-۴-۲-۳- روشهای پردازش سیگنال ۱۴۲
۲-۴-۲-۳-کاربردهای پردازش سیگنال در صنعت برق ۱۴۳
۳-۴-۲-۳- مزایا و معایب بکارگیری روشهای پردازش سیگنال در صنعت برق ۱۴۳
۴-۴-۲-۳- حوزه های مختلف کاربردی پردازش سیگنال ۱۴۴
۱-۴-۴-۲-۳- پردازش تصویر ۱۴۴
۲-۴-۴-۲-۳- بهبود تخمین حالت سیستم (STATE ESTIMATION) ۱۴۴
۳-۴-۴-۲-۳- سیستم های امنیت سایبری (CPS) ۱۴۴
۵-۴-۲-۳- بررسی پروژه‌های انجام شده در زمینه پردازش سیگنال ۱۴۴
۵-۲-۳- مقدمه‌ای بر اینترنت اشیاء ۱۴۷
۱-۵-۲-۳- مزایای اینترنت اشیاء ۱۴۷
۲-۵-۲-۳- چالش‌های اینترنت اشیا ۱۴۸
۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیاء در صنعت برق و انرژی ۱۴۹
۱-۳-۵-۲-۳- کاربرد های اینترنت اشیا در HOME AREA NETWORKS(HANS) ۱۵۱

۲-۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیا در NEIGHBORHOOD AREA NETWORK (NANS)
۱۵۲.....
۳-۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیا در WIDE AREA NETWORK (WANS).....۱۵۲
۴-۵-۲-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری اینترنت اشیا.....۱۵۳
۶-۲-۳- محاسبات رایانش ابری.....۱۶۰
۱-۶-۲-۳- مزایای رایانش ابری.....۱۶۱
۲-۶-۲-۳- معایب رایانش ابری.....۱۶۲
۳-۶-۲-۳- کاربردهای رایانش ابری در صنعت برق و انرژی.....۱۶۲
۴-۶-۲-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط رایانش ابری.....۱۶۴
۷-۲-۳- رایانش مه.....۱۷۱
۱-۷-۲-۳- مقایسه رایانش مه با رایانش ابری.....۱۷۲
۲-۷-۲-۳- مقایسه رایانش مه با محاسبات لبه.....۱۷۳
۳-۷-۲-۳- مزایا و ویژگی‌های رایانش مه.....۱۷۵
۴-۷-۲-۳- چالش‌های رایانش مه.....۱۷۷
۵-۷-۲-۳- کاربردهای رایانش مه در صنعت برق و انرژی.....۱۷۷
۶-۷-۲-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری رایانش مه.....۱۸۰
۸-۲-۳- امنیت اطلاعات و ارتباطات.....۱۸۲
۱-۸-۲-۳- مزایا و معایب امنیت.....۱۸۳
۲-۸-۲-۳- کاربردهای امنیت در صنعت برق و انرژی.....۱۸۶
۱-۲-۸-۲-۳- بخش‌بندی شبکه.....۱۸۶
۲-۲-۸-۲-۳- پایش، تشخیص و جلوگیری از نفوذ.....۱۸۶
۳-۲-۸-۲-۳- امنیت سامانه یا تجهیز.....۱۸۷
۴-۲-۸-۲-۳- مدیریت وقایع و رخداد ها امنیتی.....۱۸۷
۵-۲-۸-۲-۳- حریم خصوصی.....۱۸۸
۶-۲-۸-۲-۳- تست و ارزیابی امنیتی.....۱۸۸
۹-۲-۳- فناوری‌های کوانتومی.....۱۹۵
۱-۹-۲-۳- مخابرات کوانتومی [۱۶۸].....۱۹۵
۲-۹-۲-۳- کامپیوترهای کوانتومی.....۱۹۶
۳-۹-۲-۳- اکوسیستم، مزایا/چالش‌ها فناوری کوانتومی مرتبط با فاوا.....۱۹۷
۴-۹-۲-۳- بررسی سرمایه‌گذاری و توسعه برنامه‌های زیرساختی برای محاسبات کوانتومی در بخش خصوصی[۱۷۰] [۱۶۹].....۲۰۰
۵-۹-۲-۳- محاسبات کوانتومی و شبکه انرژی/برق.....۲۰۲
۶-۹-۲-۳- پروژه های نمونه برای حل چالش های صنعت برق.....۲۰۳
۱۰-۲-۳- شبکههای مبتنی بر نرمافزار (SDN).....۲۰۵
۱-۱۰-۲-۳- معماری SDN.....۲۰۵
۲-۱۰-۲-۳- مزایای SDN.....۲۰۸
۳-۱۰-۲-۳- معایب SDN.....۲۰۸
۴-۱۰-۲-۳- کاربردهای SDN در صنعت برق.....۲۰۹

۵-۱۰-۲-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری SDN ۲۱۲
۱۱-۲-۳- مجازیسازی عملکرد شبکه (NFV) ۲۱۳
۱-۱۱-۲-۳- مزایای NFV ۲۱۵
۲-۱۱-۲-۳- معایب NFV ۲۱۶
۳-۱۱-۲-۳- کاربردهای فناوری NFV در صنعت برق ۲۱۷
۳-۳- فناورهای مرتبط با حوزه ارتباطات ۲۱۹
۱-۳-۳- فناوریهای فرستنده-گیرنده ۲۱۹
۱-۱-۳-۳- مزایای فناوریهای فرستنده-گیرنده ۲۲۰
۲-۱-۳-۳- معایب فناوریهای فرستنده-گیرنده ۲۲۰
۳-۱-۳-۳- معرفی تکنیکهای مورد استفاده در فرستنده-گیرنده ۲۲۰
۱-۳-۱-۳-۳- رادیو نرمافزار ۲۲۰
۲-۳-۱-۳-۳- رادیو شناختی ۲۲۰
۳-۳-۱-۳-۳- رادیو هوشمند ۲۲۰
۴-۳-۱-۳-۳- MIMO انبوه ۲۲۱
۴-۱-۳-۳- کاربرد فناوریهای فرستنده-گیرنده در صنعت برق ۲۲۱
۵-۱-۳-۳- چالشهای مرتفع شده توسط فناوریهای فرستنده-گیرنده ۲۲۲
۲-۳-۳- فناوری مخابرات بی سیم سیار ۲۲۳
۱-۲-۳-۳- شبکه 4G ۲۲۵
۱-۱-۲-۳-۳- کاربردهای 4G در صنعت برق و انرژی [۱۹۷] ۲۲۹
I-بخش مصرف ۲۲۹
I-۱- کنتورهای هوشمند 4G در اروپا ۲۲۹
I-۲- کنتورهای هوشمند در سایر مناطق ۲۳۰
I-۳- خودرو برقی هوشمند ۲۳۱
II- بخش توزیع ۲۳۱
II-۱- ترانسفورماتورهای پست‌های توزیع ۲۳۱
II-۲- پایش و مدیریت خطوط توزیع ۲۳۲
II-۳- پایش پست‌های فرعی[۲۱۶] ۲۳۲
II-۴- پایش فیدرها، ریکلوزرها و بانک‌های خازنی ۲۳۳
III- بخش انتقال ۲۳۴
IV - بخش تولید ۲۳۵
IV-۱- نیروگاههای خورشیدی ۲۳۵
IV-۲- نیروگاههای بادی ۲۳۶
IV-۳- میکروگریدها ۲۳۷
۲-۱-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 4G ۲۳۷
۲-۲-۳-۳- فناوری 5G ۲۴۱
۱-۲-۲-۳-۳- کاربردهای 5G در صنعت برق و انرژی ۲۴۴
۲-۲-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 5G ۲۴۹
۳-۲-۳-۳- فناوری 802.16S ۲۵۳

۱-۳-۲-۳-۳- کاربردهای 802.16S در صنعت برق و انرژی ۲۵۵
۲-۳-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 802.16S ۲۵۵
۴-۲-۳-۳- شبکه 6G ۲۵۶
۳-۳-۳- مخابرات بی‌سیم غیر سلولار ۲۵۶
۱-۳-۳-۳- ارتباطات مایکروویو ۲۵۷
۱-۱-۳-۳-۳- ارتباطات ماهوارهای ۲۵۸
۲-۱-۳-۳-۳- LPWAN ۲۵۸
I- شبکه LORA ۲۵۹
II- شبکه SIGFOX ۲۵۹
III- شبکه NB-IOT ۲۶۰
IV- شبکه WEIGHTLESS ۲۶۰
V- شبکه DASH7 (D7A) ۲۶۰
۳-۱-۳-۳-۳- رادیوهای خصوصی ۲۶۰
۲-۳-۳-۳- مقایسه فناوریهای ارتباطی بیسیم در شبکههای غیرسلولی ۲۶۱
۴-۳-۳- مخابرات بیسیم کوتاه برد ۲۶۵
۱-۴-۳-۳-مزایا و معایب ۲۶۵
۲-۴-۳-۳- شرکت‌های فعال ۲۷۰
۳-۴-۳-۳- کاربردهای شبکه‌های مخابراتی کوتاه برد در صنعت برق و انرژی ۲۷۳
۵-۳-۳- مخابرات بی‌سیم نوری (OWC) ۲۷۸
۱-۵-۳-۳- مزایا و معایب ۲۸۰
۲-۵-۳-۳- شرکت‌های فعال ۲۸۱
۳-۵-۳-۳- کاربردهای شبکه‌های مخابراتی بیسیم نوری در صنعت برق و انرژی ۲۸۵
۴-۵-۳-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری بی سیم نوری ۲۸۷
۶-۳-۳- مخابرات نوری فیبری ۲۹۱
۱-۶-۳-۳- بررسی سیر تکاملی شبکه‌های مخابرات نوری در لایه انتقال و زیرساخت ۲۹۲
۱-۱-۶-۳-۳- شبکه‌های SDH ۲۹۳
۲-۱-۶-۳-۳- شبکه‌های NG-SDH ۲۹۵
۳-۱-۶-۳-۳- فناوری WDM ۲۹۷
۴-۱-۶-۳-۳- شبکه OTN ۲۹۸
۲-۶-۳-۳- شبکه‌های مخابرات نوری در لایه دسترسی ۲۹۹
۱-۲-۶-۳-۳- شبکه PON و سرویس‌های FTTX ۲۹۹
۳-۶-۳-۳- فناوری اترنت مبتنی بر فیبر نوری ۳۰۲
۴-۶-۳-۳- مزایا و معایب فناوری مخابرات نوری ۳۰۴
۵-۶-۳-۳- کاربردهای فناوری مخابرات نوری در صنعت برق و انرژی ۳۰۵
۶-۶-۳-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری مخابرات نوری ۳۰۶
۷-۳-۳- امنیت لایه فیزیکی ۳۰۸
۱-۷-۳-۳- مزایای امنیت فیزیکی ۳۰۹
۲-۷-۳-۳- مشکلات امنیت فیزیکی ۳۱۰

۳-۷-۳-۳- روش‌های احراز هویت و رمزنگاری در لایه فیزیکی..... ۳۱۱
۴-۷-۳-۳- کاربردهای امنیت فیزیکی در صنعت برق و انرژی ۳۱۱
۸-۳-۳- امواج الکترومغناطیس و شیلدینگ..... ۳۱۲
۱-۸-۳-۳- مباحث کاربردی سازگاری الکترومغناطیس در صنعت برق ۳۱۳
۱-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار بمبهای الکترومغناطیسی بر تجهیزات الکترونیکی شبکه برق ۳۱۳
۲-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار امواج رعد و برق و بمبهای هستهای بر خطوط انتقال برق ۳۱۶
۳-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار سازگاری الکترومغناطیسی در شبکه شهر هوشمند ۳۱۶
۴-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار امواج ناشی از خطوط انتقال بر بدن انسان و تجهیزات الکترونیکی..... ۳۱۷
۹-۳-۳- انتقال برق بی سیم..... ۳۱۹
۱-۹-۳-۳- انواع روش‌های انتقال توان بیسیم..... ۳۱۹
۱-۱-۹-۳-۳- انتقال توان بیسیم در ناحیه میدان دور..... ۳۲۰
I- روش مایکروویو (MPT)..... ۳۲۱
II-لیزر ۳۲۱
۲-۱-۹-۳-۳- انتقال توان بیسیم در ناحیه میدان نزدیک..... ۳۲۲
I- روش انتقال توان خازنی ۳۲۲
II- روش انتقال توان القایی..... ۳۲۳
III- القای غیررزونانسی ۳۲۴
IV- القای رزونانسی ۳۲۵
۳-۱-۹-۳-۳- امواج آلتراسونیک..... ۳۲۶
۴-۱-۹-۳-۳- مقایسه روش‌های انتقال توان بیسیم..... ۳۲۷
۲-۹-۳-۳- استانداردهای مطرح در زمینه فناوری انتقال توان بیسیم ۳۲۷
۳-۹-۳-۳- مزایای انتقال توان بیسیم..... ۳۲۸
۴-۹-۳-۳- معایب انتقال توان بیسیم..... ۳۲۹
۵-۹-۳-۳- کاربردهای انتقال توان بیسیم در صنعت برق و انرژی..... ۳۲۹
۶-۹-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری انتقال توان بیسیم ۳۳۳
۱۰-۳-۳- استحصال انرژی ۳۳۹
۱-۱-۱۰-۳-۳- مزایای استحصال برق..... ۳۴۱
۲-۱-۱۰-۳-۳- معایب استحصال برق..... ۳۴۲
۳-۱-۱-۳-۳- کاربردهای استحصال برق در صنعت برق..... ۳۴۲
۴-۱-۱۰-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری استحصال برق..... ۳۴۲
۱۱-۳-۳- آنتن ۳۴۴
۱-۱۱-۳-۳- معرفی پارامترهای آنتن ۳۴۴
۱-۱-۱۱-۳-۳- فرکانس کاری و پهنای باند ۳۴۴
۲-۱-۱۱-۳-۳- بهره آنتن..... ۳۴۴
۳-۱-۱۱-۳-۳- الگوی تشعشعی..... ۳۴۵
۲-۱۱-۳-۳- پهنای بیم نیم توان (HPBW)..... ۳۴۵
۳-۱۱-۳-۳- انواع آنتن..... ۳۴۵
۱-۳-۱۱-۳-۳- آنتن دوقطبی ۳۴۵

۲-۳-۱۱-۳-۳- آنتن تک قطبی ۳۴۶
۴-۱۱-۳-۳- آنتن شیپوری ۳۴۷
۱-۴-۱۱-۳-۳- آنتن حلقوی ۳۴۷
۲-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای بشقابی ۳۴۸
۳-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای مایکرواستریپ ۳۴۸
۴-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای آرایهای ۳۴۹
۵-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای هوشمند ۳۵۰
۶-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای دارای پیکربندی مجدد ۳۵۰
۷-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای پهن باند و چند بانده ۳۵۱
۸-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای موج میلیمتری ۳۵۱
۵-۱۱-۳-۳- مزایای آنتن ۳۵۲
۶-۱۱-۳-۳- معایب آنتن ۳۵۲
۷-۱۱-۳-۳- کاربردهای آنتن در صنعت برق ۳۵۳
۸-۱۱-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری آنتن ۳۵۳
۴-۳- فناورها ترکیبی و کاربردهای از ترکیب فناوری ها ۳۵۴
۱-۴-۳- واقعیتهای مجازی، افزوده و ترکیبی ۳۵۴
۱-۱-۴-۳- واقعیت مجازی (VIRTUAL REALITY) ۳۵۴
۲-۱-۴-۳- واقعیت افزوده (AUGMENTED REALITY) ۳۵۵
۳-۱-۴-۳- واقعیت ترکیبی (MIXED REALITY) ۳۵۷
۴-۱-۴-۳- کاربردها و راهحلها واقعیت مجازی، افزوده و ترکیبی در صنعت برق ۳۵۸
۵-۱-۴-۳- نحوه بکارگیری در صنعت برق ۳۵۹
۲-۴-۳- مقدمهای بر همزاد دیجیتالی (DIGITAL TWIN) ۳۶۳
۱-۲-۴-۳- مزایا و معایب همزاد دیجیتال ۳۶۳
۲-۲-۴-۳- کاربردهای همزاد دیجیتال در صنعت برق ۳۶۳
۳-۲-۴-۳- چالشهای قابل رفع توسط فناوری همزاد دیجیتال در صنعت برق ۳۶۵
۳-۴-۳- رابط محاوره ای ۳۶۷
۴-۴-۳- تستهای غیر مخرب ۳۷۰
۱-۴-۴-۳- کاربرد تستهای غیر مخرب در صنعت برق ۳۷۰
۱-۱-۴-۴-۳-تشخیص مقرههای خراب ۳۷۰
۲-۱-۴-۴-۳- تشخیص شکاف و یا پارگی در کابلهای فشار قوی ۳۷۰
۳-۱-۴-۴-۳- تشخیص خرابی لولههای انتقالدهنده بخار در توربینها و تیغه توربینهای بادی ۳۷۱
۳-۴-۴-۳- چالش های مرتفع شده توسط تست غیر مخرب ۳۷۲
۵-۴-۳- شبکه بندی ۳۷۳
۱-۵-۴-۳- مدلهای شبکه ۳۷۳
۲-۵-۴-۳- سنکرونسازی شبکه ۳۷۳
۳-۵-۴-۳- مزایای ایجاد شبکه ۳۷۴
۴-۵-۴-۳- معایب ایجاد شبکه ۳۷۴
۵-۵-۴-۳- کاربردهای شبکه در صنعت برق و انرژی ۳۷۴

۱-۵-۵-۴-۳- تجمیع واحدهای نوین در شبکه برق ۳۷۵
۲-۵-۵-۴-۳- WAMPAC و WAMS ۳۷۷
۳-۵-۵-۴-۳- پایش و مدیریت شبکه برق ۳۷۹
۴-۵-۵-۴-۳- تعامل انرژی الکتریکی با انواع انرژیهای دیگر ۳۸۰
۶-۴-۳- رباتیک در صنعت برق ۳۸۰
۱-۶-۴-۳- کاربردهای ربات‌ها در صنعت برق ۳۸۱
۱-۱-۶-۴-۳- رباتهای بازرس ۳۸۲
I- ربات بازرس لوله‌های دیواره بویلر ۳۸۲
I-۱-شرکت GECKO ROBOT ۳۸۲
I-۲- ربات VERTISCAN شرکت RUSSEL NDE SYSTEMS ۳۸۲
I-۳- ربات مرکز تحقیقاتی BARC برای NATIONAL THERMAL POWER CORP هند ۳۸۲
I-۴- ربات شرکت ALSTOM INSPECTION ROBOTICS ۳۸۲
I-۵- پروژه شرکت EPRI ۳۸۲
II- ربات بازرس توربین بادی ۳۸۳
II-۱- ربات بازرس با همکاری شرکت INTERNATIONAL CLIMBING MACHINES و شرکت GE ۳۸۳
II-۲- شرکت‌های سازنده دیگر: ۳۸۳
III- ربات بازرس سد ۳۸۳
IV- ربات بازرسی خطوط فشارقوی ۳۸۴
IV- سازندگان این ربات ۳۸۵
V- ربات‌های مربوط نیروگاه‌های خورشیدی ۳۸۵
V-۱- ربات تمیزکننده پنل‌های خورشیدی ۳۸۶
V-۲- ربات ردیاب خورشیدی ۳۸۶
V-۳- ربات نصاب پنل خورشیدی ۳۸۶
VI- ربات (کارمند) پست ۳۸۷
VII- ربات بازرس پرنده ۳۸۷
VIII- سازندگان ربات بازرس پرنده ۳۸۹
IX- ربات‌های خزنده ۳۸۹
X- ربات بازرس ژنراتور ۳۹۰
XI- سازندگان ربات بازرس ژنراتور ۳۹۰
۲-۱-۶-۴-۳- ربات‌های خود مختار ۳۹۰
I- ربات‌های خودران ۳۹۱
II- رباتهای روی آب ۳۹۱
III- ربات‌های غواص ۳۹۲
۳-۱-۶-۴-۳- ربات شستشوی چراغ‌های روشنایی معابر ۳۹۳
I- سازندگان ربات شستشوی چراغ‌های روشنایی معابر ۳۹۳
۲-۶-۴-۳- پروژه‌های تعریف‌شده در CORDIS ۳۹۳
۱-۲-۶-۴-۳- پروژه HYDRONET ۳۹۳

۲-۲-۶-۴-۳- پروژه MAINBOT ۳۹۳
۳-۲-۶-۴-۳- AEROARMS سیستم رباتیک هوایی، با چند بازو و قابلیت فرماندهی جهت بازرسی و تعمیرات... ۳۹۴
۴-۲-۶-۴-۳- پروژه SECONDHANDS ۳۹۵
۵-۲-۶-۴-۳- پروژه AEROWORKS ۳۹۶
۶-۲-۶-۴-۳- پروژه ربات RADRIPER ۳۹۶
I-از سرویس خارج کردن واحدهای هسته‌ای دارای اورانیوم ۳۹۷
۵-۳- ارتباط فناوری‌های حوزه اطلاعات با چالش های فنی صنعت برق ۴۰۲
فصل ۴- بررسی وضعیت موجود فناری‌های انتخاب شده و اولویت‌بندی فناوری‌ها ۴۰۵

۱-۴- مقدمه ۳۹۸
۲-۴- معرفی منابع مورد بررسی و نحوه استعلام وضعیت شرکت‌ها ۳۹۸
۳-۴- بررسی فنآوریها با در نظر گرفتن وضع موجود (ایران و جهان) و بررسی شکاف ۴۰۰
۱-۳-۴- وضعیت فناوری بلاکچین در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۱
۲-۳-۴- وضعیت فناوری اینترنت اشیاء در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۱
۳-۳-۴- وضعیت فناوری رایانش ابری در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۲
۴-۳-۴- وضعیت فناوری رباتیک در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۵
۵-۳-۴- وضعیت فناوری محاسبات مه در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۸
۵-۳-۴- وضعیت فناوری داده (کلان داده، وب معنایی و گراف دانش) در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۸
۷-۳-۴- وضعیت فناوری محاسبات کوانتومی در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۰
۸-۳-۴- وضعیت فناوری هوش مصنوعی در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۲
۹-۳-۴- وضعیت فناوری مجازی سازی (همزاد دیجیتال، واقعیت مجازی افزوده و ترکیبی) در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۵
۱۰-۳-۴- وضعیت فناوری امنیت اطلاعات و ارتباطات و امنیت فیزیکی در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۶
۱۱-۳-۴- وضعیت فناوری فرستنده و گیرنده‌های دیجیتال در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۷
۱۲-۳-۴- وضعیت فناوری پردازش سیگنال در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۷
۱۳-۳-۴- وضعیت فناوری مخابراتی کوتاه برد مش و غیر مش در کشور و تحلیل شکاف شبکه‌های ۴۱۸
۱۴-۳-۴- وضعیت فناوری شبکه مخابراتی بلند برد سلولار و غیر سلولار در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۸
۱۵-۳-۴-وضعیت فناوری شبکه‌های سیمی در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۹
۱۶-۳-۴-وضعیت فناوری شبکه مخابرات نوری در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۹
۱۷-۳-۴-وضعیت فناوری شبکه‌های مخابراتی در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۱
۱۸-۳-۴- وضعیت فناوری شیلدینگ و EMC در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۲
۱۹-۳-۴-وضعیت فناوری استحصال انرژی در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۲
۲۰-۳-۴- وضعیت فناوری انتقال توان بی سیم در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۳
۲۱-۳-۴-وضعیت فناوری شبکه های SDN/NFV در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۳
۲۲-۳-۴- وضعیت فناوری آنتن در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۳
۲۳-۳-۴- وضعیت فناوری رابط محاوره‌ای در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۴
۴-۴- نتیجه گیری ۴۲۶
فصل ۵- نتیجه‌گیری و اولویتبندی فناوریها ۴۳۰

۵-۱- مقدمه ۴۳۱
۵-۲- مرور ادبیات روش‌های تصمیم‌گیری ۴۳۱
۵-۳- فرآیند تصمیم‌گیری چند شاخصه ۴۳۲
۵-۳-۱-روش مجموع وزین ساده (SAW) ۴۳۶
۵-۳-۲- تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ۴۳۸
۵-۴- اولویت‌بندی فناوری‌هایICT صنعت برق بر اساس معیارهای ارزیابی ۴۴۳
۵-۵- نتیجه گیری ۴۴۴
مراجع مرحله ۲ ..... ۴۴۵

فهرست اشکال مرحله ۱

عنوان **صفحه**

شکل ۱–۱– اثر کارایی شبکه بر انتشار گاز CO2 [۴] ۸
شکل ۱–۲ – نقش الکتریکی شدن شبکه بر کاهش گاز CO2 [۴] ۸
شکل ۱–۳– تثبیت غلظت CO2 در اتمسفر و مقدار کاهش گازهای گلخانه‌ای مورد نیاز [۴] ۹

فهرست جداول مرحله ۱

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- سیر تکاملی حوزه‌های مختلف سیستم قدرت در نتیجه اعمال خطمشی‌های انرژی ۱۳
جدول ۱-۲- چالش‌های شبکه برق در نتیجه تحولات سیستم‌های قدرت..... ۲۱
جدول ۱-۳- نیازمندی‌های عملکردی در حوزه انتقال ۳۰
جدول ۲-۳- ارتباط چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی سیستم انتقال ۳۳
جدول ۳-۳- نیازمندی‌های عملکردی حوزه توزیع..... ۳۹
جدول ۴-۳- ارتباط چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی سیستم توزیع..... ۴۱
جدول ۱-۴- چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه تولید از دیدگاه خبرگان ۴۴
جدول ۲-۴- چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه انتقال از دیدگاه خبرگان..... ۴۵
جدول ۳-۴- چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه توزیع از دیدگاه خبرگان ۴۷
جدول ۴-۴- چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه مصرف از دیدگاه خبرگان..... ۴۹
جدول ۵-۴- چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه شبکه و بازار برق از دیدگاه خبرگان..... ۵۰

۱-۱- مقدمه مرحله ۱

در این مرحله از گزارش بررسی چالش‌های عمده ساختارهای جدید صنعت برق (تولید، انتقال، توزیع، ذخیره سازی، خرده روشی و مصرف) مرتبط با حوزه ICT مد نظر می‌باشد. گزارش حاضر از فصل‌های زیر تشکیل شده است:

فصل ۱: بررسی دستورالعمل‌ها و خط‌مشی‌های انرژی در کشورهای پیشرفته در دنیا و تعیین اثرات این خط‌مشی‌ها بر روی سیستم انرژی آینده. در راستای تعیین این چالش‌ها، ابتدا خط‌مشی‌های مرتبط در اروپا و آمریکا و اثرات آنها بر روی چشم‌اندازهای بخش انرژی و صنعت برق آتی در این کشورها با مطالعه نقشه راه R&I[1] مربوط به ETIP-SENT[2] کمسیون اروپا (EC[3]) و نقشه راه EPRI[4] کشور آمریکا بررسی شده است. سپس تحولات ایجاد شده در سیستم‌های قدرت (انرژی) در نتیجه اعمال این خط مشی‌ها شناسایی گردید.

فصل ۲: چالش‌های مطرح در راستای تحولات سیستم‌های انرژی: در راستای تحولات ایجاد شده، سیستم‌های انرژی آتی با چالش‌هایی در حوزه ICT مواجه می‌گردد که در این فصل بررسی شده‌اند. چالش‌های عمده مورد بررسی را می‌توان به چهار دسته اصلی طبقه‌بندی نمود:

- چالش‌های مرتبط با تولید انرژی متناوب در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف که گاهی از مراکز مصرف اصلی فاصله دارند
- چالش‌های مرتبط با بارهای جدید در پی توسعه الکتریکی شدن سیستم‌ها از جمله الکتریکی شدن بخش حمل و نقل و خط‌مشی‌های بهره‌وری انرژی در بخش ساختمان
- چالش‌های مرتبط با ادغام شبکه برق و انتقال فرامرزی برق همراه با تغییرات در لایه مدیریت منطقه‌ای و همچنین پیوندهای جدید در سیستم انرژی
- چالش‌های مرتبط با بازار انرژی داخلی که در آن سازندگان بازار (اپراتورهای شبکه) باید تعداد رو به افزایشی از تعاملات را با بازیگران بازار در حالی که کیفیت و امنیت را تضمین می‌کنند، مدیریت نمایند.

فصل ۳: نیازمندی‌های عملکردی ICT برای مقابله با چالش‌های مطرح شده: در این فصل برای هر یک از چالش‌های آتی مطرح شده، اهداف و نیازمندی‌های عملکردی مشخص شده است.

فصل ٤: چالش‌های حال حاضر صنعت برق کشور: در حال حاضر صنعت برق کشور با چالش‌های مواجه می‌باشد که این چالش‌ها می‌تواند در تعیین نیازمندی‌های عملکردی مورد نیاز در آینده اثر گذار باشند. لذا در این فصل علاوه بر مطالعات صورت گرفته، بر اساس نظر سنجی از خبرگان این چالش در حوزه‌های مختلف تولید، انتقال، توزیع، مصرف، شبکه و بازار بیان می‌شوند.

فصل ۵: نتیجه گیری: در این فصل نتیجه‌گیری از بررسی‌های انجام شده، ارائه شده است.

---

[1] Research and Innovation
[2] European Technology and Innovation Platform - Smart Network for Energy Transition
[3] European Commission
[4] Electric Power Research Institute, Inc.

فصل ۱

بررسی دستورالعمل‌ها و خط‌مشی‌های انرژی در کشورهای پیشرفته در دنیا و تعیین اثرات این خط‌مشی‌ها بر روی سیستم انرژی آینده

۱-۱- مقدمه فصل ۱

هدف این فصل بررسی دستورالعمل‌ها و خط‌مشی‌های انرژی و زیست‌محیطی کشورهای پیشرفته دنیا به منظور تعیین اثرات این خط‌مشی‌ها بر روی سیستم انرژی آینده با تمرکز بر روی سیستم قدرت است. با بررسی اثرات این خط‌مشی‌ها، چالش‌های اصلی سیستم قدرت آتی مشخص می‌شوند.

۱-۲- خط‌مشی‌های انرژی اتحادیه اروپا

خط‌مشی‌های انرژی اتحادیه اروپا (EU[1]) در سه محور اصلی شامل اهداف بلندمدت زیست‌محیطی، یعنی کاهش گازهای گلخانه‌ای در اروپا (GHG[2])، امنیت عرضه و رشد اقتصادی می‌باشد. در راستای عملی نمودن این خط‌مشی‌ها از اوایل دهه نود، کمیسیون اروپا یک راهکار قانونی تحت عنوان بسته‌های انرژی طراحی و اجرا کرده است که راه را برای بازار یکپارچه انرژی در اروپا هموار نموده تا انرژی امن، پایدار، رقابتی و مقرون به صرفه را برای مصرف کنندگان انرژی (خانوارها، شرکت‌ها و صنایع) تامین نماید.

در ادامه بسته‌های انرژی و برخی از اقدامات کمسیون اروپا [3] که بر تحولات آینده سیستم‌های انرژی و برق تاثیرگذار خواهند بود، بررسی می‌شوند.

سه دوره اولیه از قوانین بازار انرژی اتحادیه اروپا که به عنوان بسته‌های انرژی، برای بهبود عملکرد بازار انرژی داخلی و حل مشکلات ساختاری به کار گرفته شده اند، عبارتند از [۱]:

- **بسته اول انرژی:** در دهه نود، دستورالعمل‌های مربوط به جداکردن بازار و ارائه جداگانه سرویس‌های بخش انرژی (گاز و برق) به عنوان اولین بسته انرژی مورد توجه قرار گرفت.
- **بسته دوم انرژی:** در آغاز سال ۲۰۰۰، که به ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر و مبادلات میان مرزی برق و نیز به روزرسانی قوانین بازار انرژی (گاز و برق) اختصاص داشت، ارائه گردید.
- **بسته سوم انرژی:** در سال ۲۰۰۹، دستورهای خاص به روزرسانی قوانین مشترک برای بازار داخلی در برق و گاز و مقررات همراه با شرایط دسترسی به شبکه برای تبادلات میان مرزی برق منتشر گردید.

مجموعه‌ی این بسته‌های انرژی بر چشم‌انداز سیستم انرژی و به خصوص سیستم برق در اروپا تاثیر بسزایی داشته‌اند که اثرات آن به شرح زیر می‌باشد:

- بازیگران جدیدی در بازار انرژی (مانند تولید کنندگان، تجار، خرده فروشان، فروشندگان خدمات) پدیدار شده‌اند که همراه با اپراتورهای سیستم انتقال و توزیع، نهادهای قانونی ملی (NRA[4]) در کشورهای عضو (MS[5]) و آژانس‌های همکاری رگولاتوری انرژی (ACER[6]) در سطح اروپا در بخش انرژی مشارکت داشته‌اند.
- دستورالعمل‌های انرژی‌های تجدیدپذیر محرک‌های مهمی برای تحقیق و نوآوری در این خصوص در سیستم قدرت هستند که تاثیر بسزایی بر یکپارچه‌سازی تولید پراکنده (عمدتا بادی و خورشیدی[7]) داشته‌اند و اپراتورهای شبکه را با چالش ایجاد راه‌حل‌های فنی و سازمانی برای راه‌اندازی یک شبکه پایدار برق با هزینه‌های مقرون‌به‌صرفه مواجه نمودند.

---

[1] European Union
[2] Green House Gases
[3] European Commission
[4] National Regulatory Authorities
[5] Member States
[6] the Agency for Cooperation of Energy Regulators
[7] Photovoltaic Voltage

در ادامه‌ی این اهداف در سال ۲۰۱۱، سند چشم‌انداز بلند مدت توسط کمسیون اروپا برای رسیدن به اهداف کم کربن کردن اقتصاد اروپا (کاهش گازهای گلخانه‌ای به ۸۰ تا ۹۵ درصد زیر سطوح تعیین شده در سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۵۰) توسعه داده شد [۲]. در این چشم انداز به افزایش بهره‌وری انرژی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه زیرساخت‌های جدید انرژی، افزایش ظرفیت‌های ذخیره‌سازی و همچنین بر تحقیق، توسعه و نوآوری فناورانه تاکید شده است. این چشم‌انداز بلند مدت همراستا با اهداف آب و هوایی و انرژی سال ۲۰۲۰ می‌باشد که در سال ۲۰۰۹ در نظرگرفته شده بود، در این چشم انداز ۲۰ ٪ افزایش در استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر،۲۰ ٪ بهبود در بهره‌وری انرژی و ۲۰٪ کاهش گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با سطوح سال ۱۹۹۰ در نظر گرفته شده است.

در همین راستا در سال ۲۰۱۴ نقشه راه EEGI[1] برای سال‌های ۲۰۱۳ – ۲۰۲۲، تدوین شده است که به واسطه آن بسته انرژی سال ۲۰۳۰ تصویب شد. این بسته تا سال ۲۰۳۰، ۲۷٪ استفاده از انرژی تجدیدپذیر از سهم انرژی، ۲۷٪ بهبود در بهره‌وری انرژی و ۴۰٪ کاهش گازهای گلخانه ای را در مقایسه با سطوح ۱۹۹۰ در نظر دارد. این به معنی رسیدین به اهداف چشم انداز ۲۰۲۰ با درصد بیشتر است. موارد ارائه شده در این نقشه راه، تعیین کننده معیارهای کلیدی برای سهامداران بخش برق هستند که بر اساس این معیارها امکان ارزیابی سطح مورد انتظار تولید متناوب در زیرساخت‌های شبکه برق در آینده به طور مثال از بارهای خانگی تعیین و در نتیجه آن امکان برنامه‌ریزی بلند مدت زیر ساخت‌های شبکه برق فراهم خواهد شد.

خط‌مشی‌های نقشه راه EEGI به پنج جنبه اساسی می‌پردازند:

- **امنیت انرژی، همبستگی و اعتماد**: این جنبه خط‌مشی‌های تامین گاز در سطح اروپا را پوشش می‌دهد.
- **بازار کاملاً یکپارچه انرژی اروپا**: این جنبه فقدان کارایی طرح‌های بازار فعلی را مورد بررسی قرار می‌دهد. براساس نتایج اسناد مورد بررسی تا کنون، بازارهای برق موجود به اهداف خود نرسیده‌اند و دارای کارایی لازم نمی‌باشند . بازارهای کوتاه‌مدت در ارسال سیگنال‌های دقیق قیمت به سرمایه گذاران با دیدگاه‌های بلند مدت ناموفق بوده‌اند و این مسئله باعث افزایش تولید مازاد بر نیاز بازار شده است. این مسائل موجب شده است که کشورها اقدام به اتخاذ اقدامات مختلف ملی کنند و درنتیجه روند یکپارچه‌سازی بازارهای برق اروپا با تهدید مواجه شده است. بعلاوه متمرکز نبودن بازار، رقابت ضعیف، و سرمایه‌گذاری ناکافی از مشکلات دیگر هستند. در واقع مسئله اصلی برای بازارهای عمده‌فروشی برق، رسیدن به اهداف بالاتر از نظر مبادلات برق در ارتباطات فرامرزی و یکپارچه‌سازی سازندگان بازار که از لحاظ تعداد در حال افزایش هستند، می‌باشد و مسئله اصلی برای بازارهای خرده‌فروشی، توانمندسازی مشترکین با ایجاد محیطی مطلوب برای انتخاب بین تامین‌کنندگان مختلف برق و بهینه‌سازی برق مصرفی آنها می‌باشد.
- **بهره‌وری انرژی**: بهره وری انرژی باعث کاهش تقاضای برق مصرفی خواهد شد. این جنبه با ایجاد ابداعات موثر در بازار در بخش‌های ساختمان و حمل و نقل، (به عنوان مثال گرمایش از طریق پمپ‌های حرارتی و محرک‌های الکتریکی) مرتبط است.
- **کم کربن کردن اقتصاد**: میزان مجاز انتشار گازهای گلخانه ای باید با تجدید نظر در طرح‌های مربوطه (ETS[2]) مشخص شود تا تولید برق کم کربن و استفاده از منابع کم کربن به شیوه‌ای پایدار افزایش یابد، که این موضوع امکان رشد اقتصادی را نیز فراهم می‌آورد.

---

[1] European Electricity Grid Initiative
[2] Emission Trading Scheme

▪ **تحقیق، نوآوری و رقابت:** این جنبه به داشتن به یک راهبرد[1] جدید برای تحقیق و توسعه تاکید دارد تا بت در نظر گرفتن چهار مورد فوق، پیاده‌سازی شود.

همچنین از دیگر اقدامات انجام شده در این خصوص می‌توان به برنامه بروزرسانی شده در تابستان سال ۲۰۱۵ که توسط کمسیون اروپا در جهت تعریف راهبرد جدید R&I برای اتحادیه اروپا تنظیم شده است، اشاره نمود. این برنامه جدید SET[2] نام دارد و در آن خط‌مشی‌های ملی و منطقه‌ای در سطح اروپا از جمله برنامه‌های R&I افق H2020 ایجاد شده است. در این برنامه یک ساختار مدیریتی جدید و ده اقدام کلیدی برای تسریع در تحول سیستم انرژی و برآورده کردن اولویت‌های انرژی اتحادیه اروپا تعریف شده است که این اقدامات عبارتند از [۳]:

۱. پیشتازی در حوزه فناورانه با تاکید بر توسعه فن‌آوری‌های تجدیدپذیر کاربردی و به کارگیری آنها در سیستم انرژی اتحادیه اروپا (عمل کلیدی اول).

۲. کاهش هزینه فناوری‌های کلیدی با ایجاد یک بازار بزرگ و پایدار، همراه با توسعه تحقیقات و نوآوری‌های هماهنگ و تولید مقیاس پذیر که می‌تواند به کاهش هزینه‌های کلیدی فن‌آوری‌های تجدیدپذیر کمک نماید (عمل کلیدی دوم).

۳. ایجاد فن‌آوری‌ها و خدمات برای خانه‌های هوشمند که راه‌حل‌های هوشمندانه برای مصرف‌کنندگان انرژی فراهم می‌کنند (عمل کلیدی ۳). مصرف کنندگان انرژی باید بتوانند مصرف انرژی خود را از طریق خدمات (جدید) که توسط بازیگران بازار (جدید) ارائه شده، کنترل و بهینه کنند. این اقدام کلیدی منجر به دیجیتالی شدن کامل شبکه‌های توزیع خواهد شد.

۴. افزایش تاب‌آوری[3]، امنیت و هوشمندی سیستم انرژی (عمل کلیدی ۴): این اقدام دو گزینه را بیان می‌کند که در تحول سیستم‌های قدرت موثر می‌باشند. گزینه اول، استفاده منابع انعطاف‌پذیر[4] به گونه‌ای که شبکه برق را با سهم بزرگی از واحدهای تولید بدون دیسپاچ و پروفایل تقاضای در حال رشد و دیجیتال شدن سیستم برق، در محدوده پایداری نگهدارد. این منابع انعطاف‌پذیر می‌توانند شامل موارد زیر باشند: ذخیره‌سازی، پاسخ تقاضا، فن‌آوری‌های انتقال و توزیع جدید (الکترونیک قدرت)، تولید حرارتی انعطاف‌پذیر، تولید انرژی تجدیدپذیر انعطاف‌پذیر و همکاری میان شبکه‌های انرژی (شبکه‌های برق، گاز و گرما). نگرانی‌های اصلی دیجیتال شدن شبکه برق به طور عمده شامل امنیت فیزیکی و سایبری زیرساخت و نیزامکان استفاده از تحلیل کلان داده‌ها، اینترنت اشیا (IoT[5]) و پردازش عملکرد بالا (HPC[6]) به منظور راه‌اندازی بهتر شبکه، مدیریت دارایی‌ها و برنامه‌ریزی در جهت توسعه شبکه برق آتی است.

۵. توسعه مواد و فن‌آوری‌های جدید برای به دست آوردن بازار راه‌حل‌های بهره‌وری انرژی برای ساختمان‌ها (اقدام کلیدی پنجم): توسعه مواد پیشرفته و فرایندهای ساخت صنعتی به منظور کاهش هزینه‌ها نیازمند استفاده از فناوری‌های نوین و همکاری با کشورهای عضو و مؤسسات پیشرو در مواد و صنایع است.

۶. ادامه تلاش برای ایجاد صنعت کم انرژی و رقابتی در اتحادیه اروپا (اقدام کلیدی ششم): بر اساس طرح‌های اتحادیه اروپا و طرح‌های ملی، باید تحقیقات در سراسر اتحادیه اروپا هماهنگ باشد. همچنین بایستی همکاری‌های نوآورانه برای بهبود عملکرد و بهینه سازی در هزینه بهره‌وری صنعت و افزایش استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گیرد.

---

[1] Strategy
[2] Strategic Energy Technology
[3] Resilience,
[4] Flexibility
[5] Internet of Things
[6] High Performance Computing

۷. تبدیل شدن به رقیب تجاری در بخش باتری به صورت جهانی برای کمک به حمل و نقل الکتریکی (اقدام کلیدی هفتم): راه‌حل‌های ذخیره‌سازی انرژی نیاز به باتری‌هایی با عملکرد بالا دارند (به طور مثال تراکم انرژی، عمر طولانی، هزینه‌های کمتر، ظرفیت بزرگتر و افزایش تولید رقابتی).

۸. تقویت جذب بازار سوخت‌های تجدیدپذیر مورد نیاز برای ایجاد راه‌حل‌های حمل و نقل پایدار (اقدام کلیدی هشتم): جذب بازار سوخت‌های تجدیدپذیر نیاز به همکاری با مقامات ملی، تولیدکنندگان سوخت زیستی پیشرفته و کاربران بالقوه در مقیاس اروپایی دارد. این اقدام باید با برنامه کاری تحقیق و نوآوری راهبردی هماهنگ شود و بر مبنای حمل و نقل متمرکز باشد. این اقدامات باید همراه با چارچوب قانونی مناسب، از ایجاد تقاضای لازم برای تأمین تجاری سوخت‌های زیستی و شیمیایی حمایت کند.

۹. تحقیق و نوآوری در مورد بکارگیری فناوری‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن (CCS)[1] (عمل کلیدی نهم): تلاش‌های زیادی از سوی کشورهای عضو در اجرای پروژه‌های اثبات ایده در خصوص CCS در هر دو بخش انرژی و صنعتی برای به دست آوردن تجربه، کاهش هزینه‌ها و همچنین ذخیره سازی زیرزمینی CO_2 به صورت مطمئن لازم است.

۱۰. حفظ سطح بالای ایمنی راکتورهای هسته‌ای و چرخه سوخت مرتبط با آن‌ها در طول عملیات به همراه بهبود کارایی (اقدام کلیدی دهم): در کوتاه مدت، همکاری در تحقیقات و نوآوری میان کمیسیون و کشورهای عضو علاقه‌مند باید به گونه ای باشد که علاوه بر بهبود کارایی راکتورها سطح بالایی از ایمنی از طریق به کار گیری پیشرفته ترین فناوری‌ها حاصل شود.

اقدام کلیدی ۳ و ۴ تاثیر مستقیمی بر توسعه و تحولات سیستم قدرت آتی خواهند داشت، هرچند همه این اقدامات کلیدی اثرات غیر مستقیم بر تحول سیستم‌های قدرت دارند اما در خصوص اجرای این ده اقدام کلیدی مشاوره با ذینفعان مربوطه (سهامداران بخش دولتی و خصوصی و همچنین کشورهای عضو) انجام و اولویت‌های اتحادیه انرژی مشخص شده‌اند. همچنین توافقنامه‌هایی با سهامداران در خصوص اهداف و در جهت دستیابی به اولویت‌های راهبردی در هر یک از مناطق عملیاتی بسته شده و طرح‌های اجرایی که هدفشان دستیابی به اهداف و اولویت‌های مورد توافق است فراهم شده‌اند. این برنامه‌های اجرایی شامل توصیه‌هایی برای فعالیت‌های تحقیق و نوآورانه و اقدامات سیاسی در سطوح مختلف (اروپایی، ملی و منطقه‌ای) هستند تا به طور موثر از منابع مالی اروپا بهره‌مند شوند و از سرمایه‌گذاری دوباره خودداری گردد. از جمله برنامه‌هایی که در این خصوص اجرا شده‌اند عبارتند از:

- به‌کارگیری راهکارهای هوشمند توانمندسازی مصرف‌کنندگان: به عنوان مثال صدور قبض‌های انرژی پایین‌تر از طریق مشارکت در بازارهای خدمات انرژی که توسط بازیگران بازار (جدید) ارائه می‌شود.
- ادغام شبکه برق در سیستم انرژی از طریق اتصال به شبکه‌های حرارت و گاز در موقعیت‌های جغرافیای مختلف و در نتیجه ارائه گزینه‌های انعطاف‌پذیر بیشتر.

این گزینه‌ها برای به حداکثر رساندن کارایی و تولید انرژی پاک، انعطاف‌پذیری (از طریق افزایش ظرفیت میزبانی شبکه برای انرژی‌های تجدیدپذیر)، اطمینان از شرایط بازار منصفانه برای همه ذینفعان، از جمله مشترکین نهایی، و کارایی اقتصادی در نظر گرفته شده‌اند.

در نهایت سه خط مشی دیگری که می‌توان آنها را در تحول سیستم‌های قدرت موثر دانست، بسته تابستانی ۲۰۱۵، راهبرد اتحادیه اروپا برای گرمایش و سرمایش و بسته زمستانی ۲۰۱۶ می‌باشند که در ادامه توضیح داده شده اند:

- بسته تابستانی ۲۰۱۵ دو سند مربوط به بخش انرژی (برق) را پیشنهاد می‌دهد. اولین سند بر نیاز به پیوند بهتر بازار عمده‌فروشی و خرده‌فروشی با توانمندسازی مشترکین نهایی تاکید می‌کند. به عنوان مثال، اطمینان حاصل می‌نماید که مصرف کنندگان

[1] Carbon Capture and Storage

بتوانند به راحتی به بازار خرده‌فروشی دسترسی داشته باشند. این مشارکت در حوزه پاسخ تقاضا، سوئیچ بین تامین‌کننده‌ها، تولید انرژی با در نظر گرفتن الزامات مورد نیاز (حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی و راه‌حل‌های هوشمند قابل همکارپذیری) است. دومین سند مکانیزم‌های تنظیم بازار مرتبط را پیشنهاد می‌دهد به گونه‌ای که انعطاف‌پذیری در مدیریت به طور منصفانه پاداش داده شود و سرمایه‌گذاری تقویت شود.

- راهبرد اتحادیه اروپا برای گرمایش و سرمایش که بر استفاده از گزینه انعطاف‌پذیری ایجاد شده است و بر اتصال شبکه گرمایش و سرمایش با شبکه برق تاکید دارد. به عنوان مثال استفاده از پمپ گرمایی (CHP[1]) که گرما را در شبکه‌های گرمایش محلی تولید می‌کند. این مکانیزم باعث بهره‌گیری از انرژی ذخیره شده حرارتی و تبدیل آن به انرژی الکتریکی در مواقع لزوم می‌شود.
- بسته انرژی زمستانه ۲۰۱۶ نیز دارای سه مولفه مهم در تحول سیستم‌های قدرت می‌باشد که عبارتند از:

- بازارهای خرده‌فروشی: مشارکت در بازار مصرف کنندگان با درنظر گرفتن مسایل خاص مربوط به حریم خصوصی و مالکیت داده‌ها و کارایی بهتر بازار
- بهبود طراحی بازار برق به منظور فراهم آوردن سیگنال‌های سرمایه‌گذاری مناسب برای تصمیمات سرمایه‌گذاری
- تعیین نحوه تعامل و نقش‌های بازیگران بازارهای مختلف و جدید (تبادل و دسترسی به داده‌های استاندارد) و سازندگان بازار

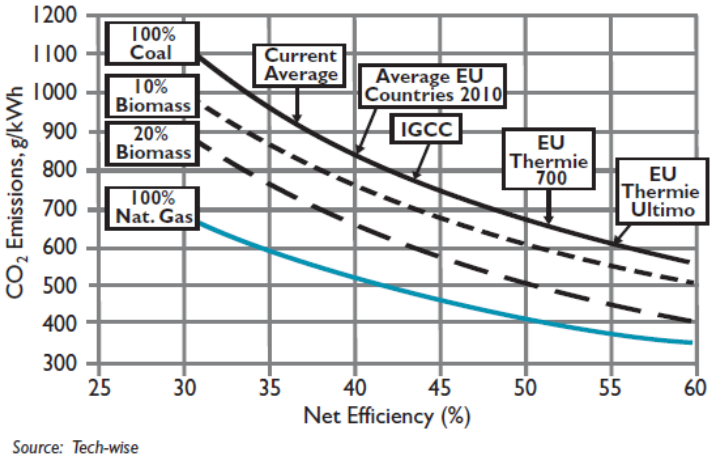
۳-۱- خط‌مشی‌های انرژی ایالات متحده آمریکا

بر طبق نقشه راه فناوری EPRI موسسه تحقیقات برق ایالات متحده، سه هدف نوآورانه برای آینده صنعت برق در آمریکا در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

۱- توان هوشمند۲: طراحی، ایجاد و توسعه سیستم قدرت هوشمند با قابلیت‌های خودکار برای پیش‌بینی مشکلات، یافتن راه‌حل‌ها و بهینه‌سازی عملکرد در این سند در نظر گرفته شده است. چنین سیستم قدرتی با کیفیت بالا به وسیله فن‌آوری‌های دیجیتال ارائه می‌شود و با گذشت زمان، از ارتباط دو جانبه پویا با تجهیزات پشتیبانی می‌کند. بلوک‌های اصلی سازنده این سیستم‌ها شامل سنسورهای پیشرفته برای نظارت و کنترل گسترده، پردازش سریعتر داده‌ها به صورت بلادرنگ، نرم افزار شناسایی الگو، کنترل‌کننده‌های جریان قدرت بدون اجزاء متحرک[3] و پورتال دسترسی به اطلاعات انرژی می‌باشد.

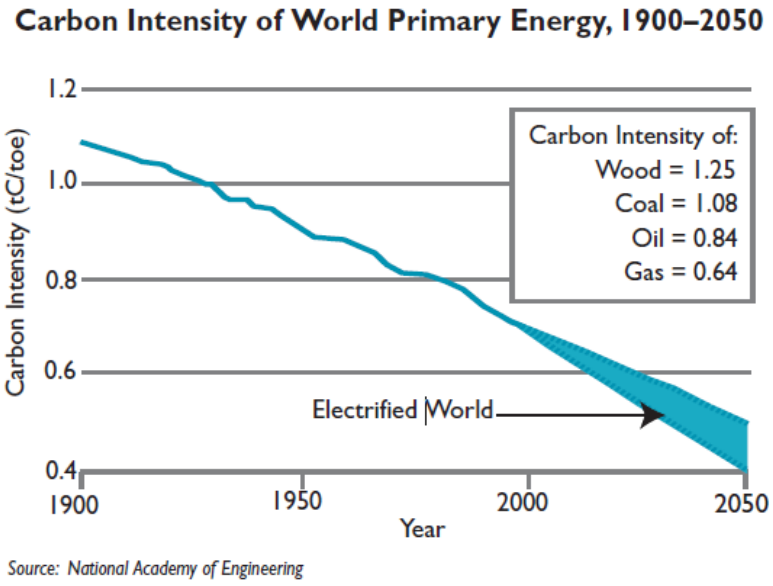
۲- استفاده از فناوری‌های انرژی پاک برای کاهش تغییرات آب و هوایی: بر اساس سند EPRI، کاهش CO2 و انتشار گازهای گلخانه‌ای دیگر، نقطه کلیدی هستند که آینده انرژی جهانی بر اساس آنها تعیین می‌شود. بر طبق این سند در زمینه چالش انرژی/کربن، صنعت برق ناگزیر از استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، انرژی هسته‌ای، بهبود بهره‌وری انرژی فسیلی و تسریع روند بلند مدت حذف کربن از انرژی جهانی، به عنوان بهترین گزینه‌ها برای مدیریت CO2 است. بر اساس نتایج بدست آمده در این سند، در میان مدت و کوتاه مدت بهبود انتشار و افزایش کارایی پروفایل نیروگاه‌های گاز طبیعی و زغالی گزینه عملی برای مدیریت CO2 است (شکل **.text of specified style in document** !Error No–۱). راه دیگر ارائه شده در این خصوص گرفتن کربن از گازهای منتشر شده با استفاده از فناوری‌های جدید عنوان شده است.

[1] Combined Heat and Power
[2] Smart Power
[3] solid-state power flow controllers



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱– اثر کارایی شبکه بر انتشار گاز CO2 [٤]**

همچنین در این سند بر پیشرفت قابل توجه در کاهش استفاده از سوختهای فسیلی در نتیجه الکتریکی شدن بیشتر بخش‌های شبکه و در دراز مدت برکاهش گازهای گلخانه ای تاکید شده است (شکل Error! No **text of specified style in document.**–۲).

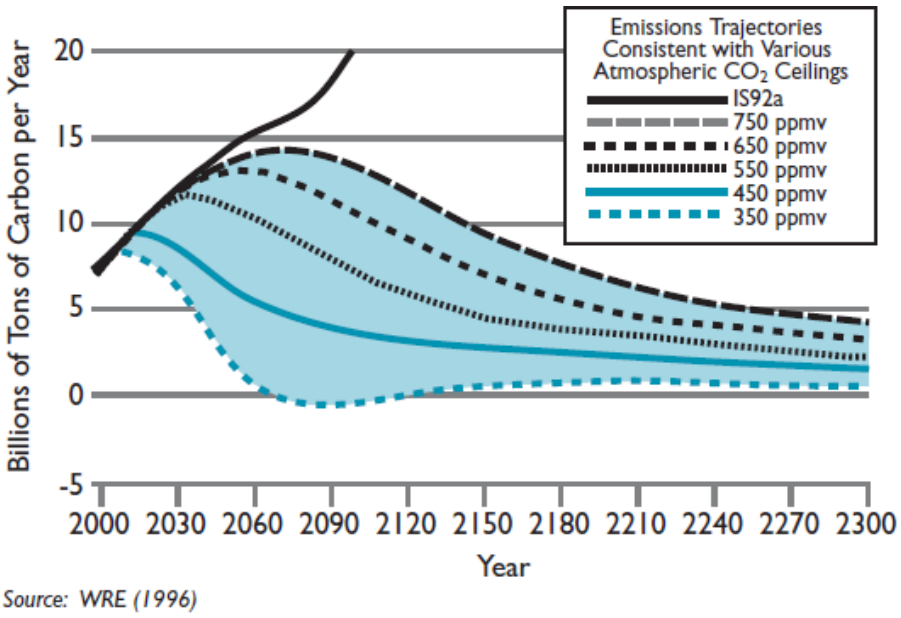


شکل .Error! No text of specified style in document–**۲ – نقش الکتریکی شدن شبکه بر کاهش گاز CO2 [٤]**

بر اساس نتایج این سند، جهان از طریق پیشرفت مداوم فن‌آوری، در مسیر قابل‌پیش‌بینی به سوی یک اقتصاد انرژی پاک و مبتنی بر هیدروژن تا حدود سال ۲۰۵۰ قرار دارد. همچنین بر اساس این سند (شکل Error! No **text of specified style in document.**–۳) مسیرهای مختلفی برای رسیدن به غلظت پایدار اتمسفر از دی‌اکسید کربن وجود دارد، به عنوان

مثال، حفظ غلظت اتمسفر در حدود ۳۵۰ ppm، مستلزم کاهش انتشار CO2 به میزان صفر در طول قرن ۲۱ و تثبیت این میزان در سال‌های آینده می‌باشد. حفظ غلظت اتمسفر در ۵۵۰ ppm با روند انتشار گازهای گلخانه‌ای در طول پنجاه سال آینده سازگار است و مستلزم کاهشی در حدود ۷ گیگا تن کربن در سال تا سال ۲۱۰۰ و کاهش کربن به صورت مداوم بعد از آن می‌باشد.

هدف نهایی آب وهوایی در این سند، تثبیت غلظت اتمسفر CO2 در ۵۵۰ ppm است که برای رسیدن به این غلظت نیاز به تولید ۷۵٪ برق از منابع بدون انتشار کربن تا سال ۲۱۰۰ است و این غلظت کربن نباید از ۱۰٪ مقدار حال حاضر بیشتر باشد.



شکل Error! No text of specified style in document.**–۳– تثبیت غلظت CO2 در اتمسفر و مقدار کاهش گازهای گلخانه‌ای مورد نیاز [٤]**

۳- برق رسانی جهانی: در این نقشه راه رسیدن به برق‌رسانی جهانی تا سال ۲۰۵۰، با حداقل میزان ۱۰۰۰ کیلووات ساعت به ازای هر نفر اشاره شده است. درحال حاضر حدود یک سوم از جمعیت جهان در این سطح قرار دارند. برای رسیدن به این هدف نیاز است که سالانه به ۱۰۰ میلیون کاربر تازه تا ۵۰ سال آتی برق رسانی صورت گیرد.

۱-۴- تحولات سیستم‌های قدرت در نتیجه اعمال خطمشی‌های انرژی

با توجه به خطمشی‌های بیان شده در بخش‌های قبل به نظر می‌رسد که تغییرات در راستای کاهش گازهای گلخانه‌ای، استفاده بهینه از انرژی‌های تجدیدپذیر و دیگر موارد مطرح در این حوزه احتمالا خیلی سریع‌تر از زمانی رخ دهد که در چشم‌اندازهای ارائه شده در نقشه راه‌ها پیش‌بینی گردیده است. همچنین تاثیر خطمشی‌های مورد بررسی باعث تحولاتی در سیستم‌های قدرت خواهد شد که پرداختن به اقدامات R&I را به صورت جدی‌تری مورد توجه قرار می‌دهد. به عنوان نمونه در گذشته اپراتورهای شبکه برق، شبکه‌ها را با واحدهای متمرکز و قابل دیسپاچ با جریان‌های تک جهتی که بارهایی با مصرف

تصادفی داشتند، مدیریت می‌نمودند. در آینده (و در حال حاضر در برخی مناطق کنترل در اروپا)، اپراتورهای شبکه مجبور به مدیریت واحدهای تولید توزیع شده با تولید نامشخص (کوچک تا متوسط)، جریان‌های دو طرفه با بخش محدودی از تقاضاهایی که قابل کنترل هستند (و برخی از مواقع بارهای منفی تولید می‌کنند) می‌باشند. در ادامه به شرح هر یک از این تحولات در نتیجه تاثیر خط‌مشی‌های مورد بررسی پرداخته می‌شود. این تحولات در حوزه‌های مختلف در دسته بندی شده است [۱].

۱-٤-۱- افزایش روزافزون انرژی‌های تجدیدپذیر متناوب

یکی از تحولات قابل پیش‌بینی در سیستم‌های قدرت، افزایش روزافزون استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر متناوب است که کنترل دقیقی بر موقعیت جغرافیایی و میزان تولید آنها وجود ندارد و معمولا از مراکز اصلی مصرف دور هستند، به عنوان نمونه انرژی تولید شده توسط توربین‌های بادی در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف. بدین ترتیب توسعه زیر ساخت‌های جدید (مانند شبکه‌های HVDC[1]) یکی از چالش‌های پیش رو می‌باشد.

۲-٤-۱- بارهای جدید ناشی از توسعه الکتریکی شدن سیستم‌ها

یکی دیگر از تحولات قابل پیش‌بینی در سیستم‌های قدرت (انرژی)، افزایش و پیدایش بارهای جدید ناشی از الکتریکی شدن سیستم‌ها در بخش حمل و نقل (خودروهای برقی – تراموا) و راه‌حل‌های موثر در بخش گرمایش و سرمایش (پمپ گرمایی در خانه‌ها و سیستم‌های گرمایش محلی) است. بارهای جدید ضمن تغییر دادن الگوی مصرف بار احتمالاً سهم برق در مصرف کل انرژی را نیز افزایش خواهند داد.

۳-٤-۱- سیستم‌های به هم پیوسته ناهمگون[2]

در آینده شبکه انرژی شامل تعداد زیادی سیستم‌های بهم پیوسته ناهمگون از تجهیزات مصرف‌کننده و تولیدکننده با مقیاس کوچک و بزرگ و به صورت پراکنده خواهد بود که داده‌های زیادی (کلان داده‌ها) را تولید می‌کنند. در این خصوص صنعت برق به صورت خاص نیاز به ابزارها، استانداردها و معماری‌های مرجعی دارد که بتواند کلان داده‌ها را به منظور بهینه‌سازی مدیریت سیستم‌های انرژی تحلیل کند [۱و ۵].

٤-٤-۱- بارهای توزیع شده قابل کنترل

در سیستم قدرت آتی بارهای توزیع شده قابل کنترل به عنوان نتیجه‌ای از خط‌مشی‌های پاسخ به تقاضای با اتکا به فناوری‌ها و خدمات برای خانه‌های هوشمند وجود خواهند داشت. این بارها راه‌حل‌های هوشمندانه برای مصرف کنندگان انرژی فراهم می‌کنند که باید در خط‌مشی‌های بهروری انرژی در نظر گرفته شوند.

٥-٤-۱- فن‌آوری‌ها و مواد جدید

در سیستم قدرت آتی فن‌آوری‌ها و مواد جدید گزینه‌های انعطاف‌پذیری را برای اپراتورهای شبکه برق به وجود می‌آورند. این فن‌آوری‌ها و مواد جدید در جهت بهره‌وری سیستم آتی صنعت برق در بخش ذخیره‌سازی، فن‌آوری‌های انتقال و توزیع، تولید حرارتی انعطاف‌پذیر، تولید تجدیدپذیر و پاسخ تقاضا قابل استفاده می‌باشند.

---

[1] High-Voltage, Direct Current
[2] Heterogeneous

٦-٤-١- ادغام کامل شبکه انرژی

یکی دیگر از تحولات سیستم قدرت، ادغام آن با دیگر سیستم‌های انرژی شبکه‌های گاز و حرارت خواهد بود که زیرساخت ارتباطی و فناورهای مورد نیاز برای اتصال این شبکه‌ها را نیاز خواهد داشت.

٧-٤-١- ایجاد شبکه انتقال یکپارچه

ایجاد یک شبکه انتقال برق یکپارچه که در نتیجه افزایش ظرفیت ارتباطات فرامرزی به وجود آمده است یکی از تحولات قابل پیش بینی در سیستم آتی است که نیاز به ساختارهای ارتباطی، فناوری‌های کنترلی با قابلیت تحلیل و مدیریت این شبکه دارد.

٨-٤-١- طرح‌های سازمانی و مدیریتی تغییر یافته

یکی دیگر از پیش‌بینی‌های قابل تصور با توجه به تعداد نقاط مورد نیاز برای کنترل و مدیریت جریانات فرامرزی برق، افزایش مراکز هماهنگی منطقه‌ای در بخش انتقال است. نیاز به تبادل اطلاعات بین این مراکز و مراکز پایین دست در حوزه توزیع از تحولات پیش رو در شبکه آتی صنعت برق خواهد بود.

٩-٤-١- دیجیتالی شدن کامل شبکه‌های توزیع و انتقال

توسعه سیستم‌های انرژی آینده، ظرفیت دیجیتال بخش انرژی را برای بهره‌مندی از سیستمی که قادر به ادغام سهم بیشتری از منابع انرژی تجدیدپذیر و ترویج بهره وری انرژی است، افزایش می‌دهد. این سیستم‌های دیجیتال سبب افزایش اشیاء متصل و در نهایت افزایش نمایی تولید داده (کلان داده) می‌شوند. بنابراین چالش‌های مربوط به مدیریت، ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها را در پی خواهد داشت. همچنین در این شرایط نیاز به استفاده از زیرساخت‌های ارتباطی امن و قابل اطمینان می‌باشد [۶ و ۱].

١٠-٤-١- ایجاد مکانیزم‌ها و بازیگران جدید بازار

با توجه به نقش پر رنگ مشترکین نهایی در جهت بهره‌وری شبکه آتی صنعت برق یکی دیگر از تحولات پیش رو تغییرات در مکانیزم‌ها و بازیگران بازار خواهد بود.

١١-٤-١- ایجاد بازارهای برق خرده فروشی پویا

در آینده بازارهای برق خرده‌فروشی پویایی وجود خواهد داشت که مشترکین را (از طریق ایجاد محیط مناسب برای انتخاب تامین کنندگان برق و مصرف بهتر از طریق خدمات جدید ارایه‌شده) توانمندتر می‌سازد.

حوزه	وضعیت سنتی	تحولات پیش‌رو
تولید	واحدهای متمرکز و قابل دیسپاچ[1] با موقعیت مکانی و قدرت مجاز تحت کنترل	وجود تعداد کمی واحدهای متمرکز و قابل دیسپاچ بزرگ با سهم رو به افزایشی از تولید پراکنده و با میزان تولید غیر قابل پیش‌بینی کاهش کنترل بر روی موقعیت جغرافیایی و میزان تولید
بار	تقاضای تصادفی با بارهای صنعتی قابل‌کنترل	پروفایل‌های بار درحال افزایش ناشی از الکتریکی شدن سیستم‌ها به طور مثال در بخش حمل و نقل و گرمایش / سرمایش در بخش ساختمان بارهای توزیع‌شده قابل‌کنترل مقدار بار خانگی که می‌تواند منفی باشد
زیرساخت شبکه	تعداد کم اتصالات میان مرزی	افزایش قابل‌توجه ظرفیت ارتباطات فرامرزی
پیکربندی شبکه	دیجیتال شدن شبکه در سطح انتقال	• دیجیتال شدن کامل شبکه‌های انتقال و توزیع: (نظارت، اتوماسیون و کنترل) • مسائل امنیت سایبری۲ • استفاده از کلان داده‌ها، IoT و HPC برای مدیریت شبکه
اپراتورهای شبکه انتقال	تعداد مراکز هماهنگی منطقه‌ای محدود (به طور مثال در اروپا دو مرکز هماهنگی منطقه‌ای وجود دارد).	• مراکز هماهنگی متعدد جهت پوشش‌دهی تمام مناطق کنترل
اپراتورهای شبکه توزیع	مکانیزم‌های سنتی جهت توزیع و گسترش شبکه توزیع. به طور مثال براساس یک رویکرد "متناسب –و – فراموش کردن "[4]	• نیاز به مکانیزم‌های جدید جهت کنترل شبکه. به طور مثال استفاده از رویکرد "اتصال و مدیریت"[3]
فناوری‌ها	فن‌آوری‌های قدیمی مانند فن‌آوری‌های AC با نفوذ پایین ابزارهای مبتنی بر PE[5]	• فن‌آوری‌ها و مواد جدید • نفوذ گسترده PE (اینورترها، مبدل‌های HVDC، بارهای DC که در خانه‌های شخصی هستند) • ICT برای خانه‌های هوشمند و مصرف کنندگان فعال
یکپارچگی در سیستم انرژی	عدم اتصال یا اتصال ضعیف با شبکه‌های گاز و گرمایش	• اتصال با شبکه گاز (از طریق فن‌آوری‌های قدرت به گاز) که ذخیره سازی قابل انعطاف از طریق CHPs ارائه می‌دهند • اتصال با پمپ‌های حرارتی در شبکه‌های گرمایش محلی

[1] Dispatchable
[2] Cybersecurity
[3] Connect and Manage
[4] "Fit and forget":
این اصطلاح به روشی معمولی که برای طراحی و برنامه ریزی سیستم‌های توزیع استفاده می‌شود، اشاره دارد. در این روش سیستم‌های توزیع بر مبنای الگوهای تقاضای آماری (تاریخی) برنامه‌ریزی می‌شوند و پس از به طور مرتب در خصوص تغییرات مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. استفاده از این روش در بخش‌هایی که الگوهای تولید و تقاضا مرتب در حال تغییر است کارامد نمی‌باشد.
[5] Power Electronic

حوزه	وضعیت سنتی	تحولات پیش‌رو
بازار	تعداد کم بازیگران در بازار عمده‌فروشی	• بازارهای فرامرزی پویا(ظرفیت‌های انعطاف‌پذیر را در کوتاه‌مدت برای جبران تغییرات انرژی‌های تجدیدپذیر فراهم می‌کنند) • بازیگران جدید در بازارهای عمده‌فروشی و خرده‌فروشی • اتصال مجدد بازار عمده‌فروشی و خرده‌فروشی • مکانیزم‌های بازار برای انعطاف‌پذیری، بهره‌وری انرژی و پاسخ تقاضا • ترغیب مشترکین به شرکت در بازارهای برق از طریق بازیگران جدید بازار

جدول .Error! No text of specified style in document-**۱ سیر تکاملی حوزه‌های مختلف سیستم قدرت در نتیجه اعمال خط‌مشی‌های انرژی**

فصل ۲

چالش‌های مطرح در راستای تحولات سیستم‌های قدرت

۱-۲- مقدمه فصل ۲

محتمل‌ترین تحولات سیستم قدرت در دهه‌های آینده، درنتیجه اجرای خط‌مشی‌های انرژی در

، ارائه شد. پیاده‌سازی این تحولات در شبکه قدرت با چالش‌های متعددی مواجه خواهد بود که لازم است در این خصوص فعالیت‌های نوآورانه و تحقیقات انجام شوند.

با توجه به تحولات بررسی شده در شبکه آتی صنعت برق، وجود منابع تجدیدپذیر، تولید پراکنده و توزیع شده تنها در شبکه ولتاژ بالا نبوده و در سراسر شبکه گسترده می‌شود. همچنین بحث بازار برق با توجه به وجود ارتباطات فرامزی از بخش LV به MV و HV نیز گسترده می‌شود. بر این اساس و با توجه تقسیم‌بندی نقشه راه‌های بررسی شده، شبکه به دو بخش توزیع شامل شبکه LV، MV، تولید و بازار برق و بخش انتقال شامل شبکه تولید و انتقال تقسیم‌بندی می‌شود. در ادامه چالش‌ها در این دو بخش ارائه می‌شوند.

اگرچه بسیاری از تحولات شناسایی‌شده تاثیر بسزایی بر سیستم قدرت در حوزه‌های انتقال و توزیع خواهند داشت و در نتیجه منجر به چالش‌های مشابهی برای هر دو حوزه خواهند شد (در هر دو شبکه انتقال و توزیع، استفاده کم‌تر از واحدهای متمرکز و قابل دیسپاچ با سهم رو به افزایشی از میزان تولید غیرقابل پیش بینی توزیع‌شده و کاهش کنترل بر روی موقعیت جغرافیایی و میزان تولید به چالش‌های مشترکی از جمله نیاز به بهبود مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه و بهبود دقت پیش‌بینی تولید منتج خواهد شد)، با این حال، با توجه به اینکه هدف این پروژه شناسایی فعالیت‌های خاص R&I است و ممکن است این فعالیت‌ها در دو حوزه انتقال و توزیع متفاوت باشند لذا در این بخش این چالش‌ها از منظر شبکه‌های انتقال و توزیع به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند. جزئیات مربوط به چالش‌ها و نحوه ارتباط آنها با سیر تحولات در جدول ۲-Error! **No text of specified style in document.** ارائه شده است [۱، ۴].

۲-۲- چالش‌های آینده سیستم‌های انتقال (شامل شبکه انتقال و تولید)

در این بخش چالش‌های مختص سیستم‌های انتقال (شامل شبکه انتقال و تولید) کهبه مجموعه بزرگی از ذینفعان (تولید کنندگان، موسسات تحقیقاتی، خدمات مصرفی، تهیه‌کنندگان و غیره) و اپراتورهای شبکه انتقال مرتبط هستند بیان می‌شوند.

۲-۲-۱- یکپارچه سازی خطوط انتقال با فن‌آوری‌های AC و DC

یکی از چالش‌های مطرح در اپراتورهای شبکه انتقال اروپایی تقویت ارتباطات داخلی است تا اولا بتوانند در مقیاس شبکه Pan-European[۱] سهم بیشتری از انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی و باد) را داشته باشند، ثانیا باید شبکه انتقال موجود خود را با خطوط جدید (DC و AC موازی بر روی همان برج‌های موجود) تقویت کند.

۲-۲-۲- لزوم توجه به اثرات زیست‌محیطی در تقویت شبکه

به دلیل افزایش مخالفت با خطوط انتقال هوایی جدید، عمدتاً به دلیل اثرات زیست‌محیطی، اپراتورهای شبکه انتقال باید اثرات دیداری و موضوعات مربوط به میدان الکترومغناطیسی (EMF[2]) خطوط هوایی را در نظر بگیرند و و اثرات زیست‌محیطی فناوری‌های جدید و راه‌حل‌های زیرزمینی را مورد بررسی قرار دهند.

۲-۲-۳- تحلیل کلان داده‌ها به صورت بلادرنگ

[۱] شبکه‌ای استاندارد که شامل همه یا بیشتر کشورهای اروپایی است.

[2] Electro-Magnetic Field

با افزایش سایز شبکه و اشیاء متصل به آن حجم داده‌های آن نیز افزایش می‌یابد و قدرت محاسباتی بالا برای تحلیل و تشخیص زودهنگام و بلادرنگ وقایعی که در خصوص محدودیت‌های پایداری شبکه ممکن است رخ دهند، مورد نیاز است. لذا در آینده تکنیک‌های داده کاوی و HPC از موارد کلیدی برای نسل بعدی ابزارهای تصمیم‌گیری هستند که به اپراتورهای شبکه این امکان را می‌دهند تا اثرات پویا و عدم قطعیت (عمدتا ناشی از انرژی‌های تجدیدپذیر) را نتوانند در نظر بگیرند.

٤-۲-۲- مدیریت و هماهنگی بین مراکز مختلف کنترل در سطح انتقال

در حال حاضر در سطح اروپا همکاری اپراتورهای شبکه انتقال در سطح برنامه‌ریزی است و در این خصوص دو مرکز هماهنگی منطقه‌ای CORESO و TSC وجود دارد. با افزایش مراکز کنترل شبکه انتقال و ایجاد همبستگی بین آنها امکان ایجاد اقدامات هماهنگی امنیتی منطقه‌ای (RSCIs)[1] فراهم خواهد شد و انجام وظایف هماهنگی ضروری (مانند تحلیل امنیت هماهنگ، دقت پیش‌بینی کوتاه‌مدت و میان‌مدت، محاسبه ظرفیت هماهنگ، هماهنگی برنامه‌ریزی قطع برق و مدل شبکه برق بهبود یافته) به شرط مدیریت هماهنگی بین اپراتورهای شبکه انتقال تضمین خواهد شد. لذا یکی از چالش‌های پیش رو، مدیریت هماهنگی بین اپراتورهای شبکه انتقال می‌باشد.

٥-۲-۲- طراحی شبکه برق انعطاف‌پذیر با در نظر گرفتن مواد و فن‌آوری‌های جدید

اتصال شبکه برق با دیگر شبکه‌های انرژی، مستلزم استفاده از فن‌آوری‌ها و مواد جدید برای افزایش انعطاف‌پذیری شبکه است. به عنوان مثال، انواع جدیدی از رسانا (که از نانو فناوری‌ها یا مواد ابر رسانا[2] استفاده می‌کنند)، مواد و فناوری‌های جدید جهت ذخیره انرژی و الکترونیک قدرت مورد نیاز می‌باشند.

٦-۲-۲- توسعه روش‌ها و ابزارهای موثر در بهبود کیفیت شبکه

توسعه روش‌ها و ابزارهای موثر که امکان استفاده موثرتر از شبکه را با در نظر گرفتن محدودیت‌های فیزیکی آن فراهم می‌کنند، بدون آنکه امنیت آن را به خطر بیندازند یکی از چالش‌های پیش رو صنعت برق خواهد بود. اپراتورهای شبکه انتقال نیاز به توسعه سیستم‌های خبره و ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری برای پیش‌بینی موقعیت‌های اضطراری بالقوه، ارائه هشدار زودهنگام بلادرنگ دارند.

۷-۲-۲- طرح‌های بازیابی[3] در مناطق با نفوذ زیاد منابع انرژی تجدیدپذیر

با نفوذ فزاینده انرژی‌های تجدیدپذیر، اپراتورهای شبکه برای جبران میزان عدم قطعیت باید با از تجهیزات الکترونیک قدرت استفاده نمایند. یعنی در مناطقی که در آن تعداد زیادی از این گونه ژنراتورها و بارهای الکتریکی به شبکه متصل می‌شوند را از طریق واسطهای الکترونیک قدرت یا وسایلی مانند معکوس‌کننده که سهم قابل‌توجهی از کل تولید و بار را ارائه می‌دهند، کنترل کنند. این کار توسعه ابزارهای خاص برای طرح‌های بازیابی را ضروری می‌کند.

۸-۲-۲- راه‌اندازی بازار یکپارچه

[1] Regional Security Coordination Initiatives
[2] Superconducting
[3] Restoration

درآینده با توجه به ادغام شبکه برق با دیگر شبکه‌های انرژی باید یک مدل باز کلی که کل شبکه انرژی را در بر می‌گیرد در تمام سطوح در نظر گرفته شود.

۳-۲- چالش‌های آینده سیستم‌های توزیع (شامل شبکه‌های LV، MV و بازار برق)

در این بخش برخی از چالش‌های که بیشتر مختص سیستم‌های توزیع (به علاوه، ذینفعان متاثر از سیستم‌های توزیع) هستند ارائه می‌شوند.

۱-۳-۲- راه اندازی بازارهای خرده فروشی موثر

یکی از چالش‌های اپراتورهای شرکت‌های توزیع، راه اندازی بازارهای خرده‌فروشی است که امکانات بسیاری را به کاربران نهایی ارائه می‌کنند. در این خصوص اپراتورهای شبکه توزیع باید در آینده، قوانین بازار (و چارچوب قانونی مربوطه) را به منظور تشویق مشترکین نهایی در مشارکت در بازارهای خرده‌فروشی (به منظور افزایش بهره‌وری انرژی و یا پاسخ تقاضا) با استفاده از روش‌های شفاف و غیر تبعیض‌آمیز و با توجه به حفظ حریم خصوصی داده‌های مشترکین تعریف نمایند.

همچنین با توجه به نقش انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده، ادغام بهینه بازار و عملیات شبکه در تمام مقیاس‌های زمانی (از بلند مدت تا زمان واقعی) از دیگر چالش‌های مطرح در این زمینه می‌باشد. همچنین مکانیزم‌های بازار برای انعطاف‌پذیری، بهره‌وری انرژی و پاسخ تقاضا باید در نظر گرفته شوند.

۲-۳-۲- مدیریت کلان داده‌ها به صورت مقیاس‌پذیر

یکی دیگر از چالش‌های اپراتورهای توزیع ارائه راه‌حل‌های مقیاس‌پذیر برای رسیدگی به مدیریت کلان داده‌ها (مشترکین ، تجهیزات، شبکه، بازار) در سیستم قدرت است. اپراتورهای شبکه توزیع به الگوریتم‌های داده کاوی کارآمد برای کاربردهای مختلف از پیش‌بینی تولید تا پیش‌بینی بار (رفتار مصرف‌کننده) و همچنین مدل‌های خرابی و تعیین روند فرسودگی برای اجزای شبکه (که برای اپراتورهای انتقال هم مصداق دارد) نیاز دارند. الگوریتم‌های داده کاوی کارآمد از سوی بازیگران بازار (خرده فروشان، تجمیع کنندگان، تجار و غیره) به منظور افزایش بازارهای برق خرده‌فروشی و ایجاد فرصت‌های تجاری جدید، در ارتباط با اپراتورهای شبکه توزیع مورد نیاز خواهند بود.

۳-۳-۲- الکتریکی شدن[1] سیستم‌های متصل به شبکه

الکتریکی شدن سیستم‌ها به طور مثال در بخش‌های ساختمان و حمل و نقل یکی دیگر از چالش‌های اپراتورهای شبکه توزیع می‌باشد، بدین منظور تجهیزات جدید در سطح توزیع به ویژه در مناطق شهری مورد نیاز است. اپراتورهای شبکه توزیع به ابزارهای بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی متصل به ابزارهای برنامه‌ریزی شهری نیاز دارند تا توسعه شبکه برق را بهینه‌سازی کنند. اپراتورهای شبکه توزیع همچنین به ابزارهای ICT و شبیه‌سازی برای ارزیابی اثرات حالت پایدار و پویای شبکه (به خصوص کیفیت توان و پروفایل‌های ولتاژ) که به عنوان مثال خودرو برقی در آن‌ها تاثیرگذار خواهد بود.

٤-۳-۲- تبادل اطلاعات از طریق کنتورهای هوشمند

[1] Electrification

یکی دیگر از چالش‌های فرا روی اپراتورهای توزیع فراهم کردن ارتباطات دوطرفه از طریق کنتورهای هوشمند، جهت تغییر کاربران منفعل به مصرف کنندگان فعال است. اپراتورهای شبکه توزیع باید در استقرار زیرساخت‌ها و فناوری‌های ICT دخیل باشند تا به مشارکت مشترکین نهایی و بازیگران بازار خرده‌فروشی که خدمات بهره‌وری انرژی جدیدی را فراهم می‌کنند، کمک کند.

۵-۳-۲- راهکارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای میزبانی از انرژی‌های تجدیدپذیر

یکی دیگر از چالش‌های پیش روی اپراتورهای توزیع نیاز به ایجاد راهکارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای میزبانی از انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه‌های MV و LV (پایش، اتوماسیون و کنترل) است. حتی در سطح اروپا با وجود تجهیزات موجود، به خصوص در سطح ولتاژ متوسط (MV)، هنوز نیاز به اجرای طرح‌های اثبات ایده تحت شرایط عملیاتی واقعی و در مقیاس بزرگ است. در واقع نیاز به اجرای این طرح‌ها با بهره‌گیری از یک مجموعه یکپارچه از راه‌حل‌های جدید برای بهبود کنترل منطقی شبکه ولتاژ پایین و اتوماسیون شبکه MV برای عملیات و نگهداری تمام شبکه توزیع و به منظور ادغام بهتر انرژی‌های تجدیدپذیر و بارهای جدید هنوز به عنوان یک نیاز بنیادی وجود دارد.

٦-۳-۲- امنیت سایبری

یکی دیگر از چالش‌های پیش رو شبکه برق برقراری امنیت سایبری می‌باشد. امنیت سایبری امکان استفاده امن از محصولات، خدمات و فن‌آوری‌های جدید در یک سیستم انرژی را فراهم می‌کند. در واقع برای رسیدن به اهداف جهانی شبکه هوشمند یک سیستم قدرت دیجیتال نیاز به تامین امنیت سایبری و انعطاف‌پذیری کافی برای تامین برق پیوسته دارد. امنیت سایبری در سیستم‌های فن‌آوری اطلاعات (IT) بسیار متفاوت از سیستم‌های سایبری فیزیکی[1] موجود در صنعت برق است. در حال حاضر، تجهیزات هوشمند جدید برای تشخیص و جلوگیری از سوء استفاده از حملات وجود دارند، اما نکته‌ای که وجود دارد آن است که سیستم‌های انرژی مدرن باید طوری طراحی شوند تا انعطاف‌پذیری و امنیت را از ابتدا داشته باشند. پرداختن به امنیتی سایبری به عنوان یکی از چالش‌های صنعت به دلایل زیر در آینده دارای اهمیت بسزایی خواهد بود [۷].

- دیجیتال شدن شبکه که توسعه گسترده داده‌ها را فراهم می‌کند، بر داده‌های تجهیزات و سنسورهای IoT که سیستم انرژی را شفاف‌تر و کارآمدتر می‌سازد، متکی است.
- رمزنگاری کوانتومی به عنوان یک فناوری محاسباتی در آینده مطرح است که محاسبات امنیتی کنونی را زیر سوال خواهد برد.
- ظهور تهدیدات پیچیده و عدم کارایی ابزارهای نظارتی امنیتی موجود و نیاز به استفاده از فناوری‌های ICT جدید در این خصوص نظیر هوش مصنوعی.
- معماری‌های امنیت سایبری جدید استفاده از محاسبات ابری را اجتناب ناپذیر می‌کند.
- یکپارچه شدن شبکه صنعت برق با دیگر شبکه‌های انرژی که ایمنی را بدون امنیت سایبری غیر قابل تصور می‌سازد.
- اثرات شدید حملات سایبری در شبکه یکپارچه انرژی آتی و نیاز به شبیه سازی حملات مطرح و ارائه راهکارهای پیشگیرانه.
- فناوری‌های نانو و زیستی تعداد تهدیدات سایبری را افزایش می‌دهند که نیاز به تحقیقات، ابزارهای برنامه ریزی برای آزمونهای جدید و شبیه سازی چهارچوب‌ها و پروتکل‌های امنیتی را ایجاد خواهد کرد.

---

[1] Cyberphysical

• بلاکچین به عنوان یک فناوری موثر برای رسیدگی به بحث تعیین هویت، اعتبارسنجی، اجماع[1] و غیر قابل تغییر بودن[2] در نظر گرفته می‌شود.
• نیاز به راه حل‌های ریاضیاتی غیر متمرکز امن برای تضمین مبادلات مطرح شده در شبکه انرژی آتی نظیر بلاکچین می‌باشد.
• نیاز به تحلیل‌های پیشگویانه جهت تشخیص حملات سایبری به صورت پویا با استفاده از فناوری‌های جدید نظیر یادگیری ماشین.
• رباتیک تهدیدات جدیدی را به شبکه تحمیل خواهد کرد.
• انواع وسایل نقلیه خودمختار مانند پهپادها و اتومبیل‌های خودران، تهدیدات جدید به سیستم‌های انرژی معرفی خواهند کرد.
• فناوری‌های ارتباطی جدید نظیر 5G مباحث جدیدی در امنیت سایبری نظیر تضمین SLAها برای داده‌ها ایجاد خواهند کرد.

حوزه	تکامل سیستم قدرت	چالش‌های آینده برای کاربران شبکه
تولید	• تعداد کم واحدهای متمرکز و قابل دیسپاچ با سهم رو به افزایشی از تولید تصادفی توزیع شده • کاهش کنترل بر روی موقعیت جغرافیایی و میزان تولید	• مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه و نیاز به توسعه ابزارها و روش‌هایی جهت بهبود کیفیت و طرح‌های بازیابی • نیاز به پیش‌بینی دقیق بار • نیاز به ایجاد راه‌حل‌های سخت‌افزار و نرم‌افزار برای میزبانی از انرژی‌های تجدیدپذیر در شبکه MV و LV (پایش، اتوماسیون و کنترل) • طراحی شبکه انعطاف‌پذیر برای اطمینان از کیفیت و امنیت برق رسانی • نیاز به توسعه ابزارها و روش‌هایی جهت بهبود کیفیت • طراحی شبکه انعطاف‌پذیر برای اطمینان از کیفیت و امنیت برق‌رسانی • تجهیزات جدید جهت میزبانی از انرژی‌های تجدیدپذیر • طرح‌های بازیابی در نواح یبا نفوذ زیاد انرژی فتوولتائیک و بادی
بار	• تغییر پروفایل بار به دلیل الکتریکی شدن سیستم‌ها نظیر حمل و نقل و سرمایش / گرمایش در بخش ساختمان • بارهای قابل کنترل توزیع شده. • مقدار بار خانگی که گاها منفی خواهد بود.	• پیش‌بینی موثر تقاضا و نیاز به تعاملات مناسب بین فعالان بازار و اپراتورهای شبکه (و مبادله اطلاعات بین اپراتورهای شبکه انتقال و توزیع) • پیش‌بینی موثر تقاضا (بارهای خانگی که به عنوان بارهای جدید برای بازیگران بازار جدید در نظر گرفته می‌شوند) • پیش‌بینی و برنامه‌ریزی تاثیر برق‌رسانی به بخش‌های ساختمان و حمل و نقل در شبکه برق (تجهیزات جدید در سطح توزیع به خصوص در مناطق شهری). • تبادل اطلاعات از طریق کنتور هوشمند جهت تغییر مصرف کنندگان غیرفعال به فعال • بهینه سازی استفاده از دارای‌های موجود با استفاده از فناوری‌های جدید
زیرساخت شبکه	• افزایش قابل‌توجه ظرفیت ارتباطات فرامرزی	• عدم کارایی دارایی‌های موجود و نیاز به استفاده از فناوری‌های جدید • یکپارچه‌سازی خطوط انتقال با فن‌آوری‌های AC و DC • مدیریت و هماهنگی بین مراکز مختلف کنترل در سطح انتقال • نیاز به طراحی شبکه انعطاف‌پذیر در سطح انتقال و توزیع با استفاده از فن‌آوری‌ها و مواد جدید • لزوم توجه به اثرات زیست‌محیطی ناشی از تقویت شبکه • نیاز به ابزارهای برنامه‌ریزی جدید که قادر به مواجهه با پیچیدگی کامل شبکه‌های برق باشند

[1] Consensus
[2] Immutability

حوزه	تکامل سیستم قدرت	چالش‌های آینده برای کاربران شبکه
دیجیتال شدن شبکه	• دیجیتال شدن کامل در هر دو شبکه انتقال و توزیع: نظارت، اتوماسیون و کنترل • مسائل امنیت سایبری • استفاده از کلان داده‌ها، IoT و HPC برای مدیریت شبکه	• مدیریت کلان داده‌ها به صورت مقیاس‌پذیر و بلادرنگ • نیاز به استفاده از تکنیک‌های IoT ، HPC و داده‌کاوی[1] (کلان داده‌ها) برای توسعه راهبردهای مدیریت دانش هوشمند. • هماهنگی و مشارکت در فعالیت‌های استانداردسازی برای تبادل داده بین ذینفعان مختلف زنجیره ارزش برق. • اطمینان از امنیت فیزیکی و سایبری، پست‌های دیجیتال
اپراتورهای شبکه انتقال	• چندین مرکز هماهنگی تمام مناطق کنترل را پوشش می‌دهند.	• مدیریت و هماهنگی بین مراکز مختلف کنترل در سطح انتقال • نیاز به افزایش تبادل اطلاعات بین اپراتورهای شبکه انتقال و توزیع
اپراتورهای شبکه توزیع	• تغییر روش‌های مدیریت شبکه‌های توزیع و استفاده از روش‌های جدید به طور مثال روش "اتصال و مدیریت"	• نیاز به استانداردسازی پروتکل‌ها و مدل‌های داده و قابلیت همکاری سیستم‌ها. • نیاز به تجهیزات جهت میزبانی از انرژی‌های تجدیدپذیر • شتاب دادن به توسعه مقیاس بزرگ و اعتبارسنجی راه‌حل‌های پیشرفته اتوماسیون و کنترل
فناوری‌ها	ظهور فناوری‌های ذخیره‌سازی جدید نفوذ گسترده PE (اینورترها، مبدل‌ها، بارهای DC در خانه‌های شخصی) ict برای خانه‌های هوشمند و مصرف کنندگان فعال	• نیاز به یکپارچگی ذخیره‌سازی در تمام مقیاس‌های زمانی. • نیاز به راهکارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای میزبانی از انرژی‌های تجدیدپذیر • نیاز به استفاده از مواد و فن‌آوری‌های جدید برای افزایش انعطاف‌پذیری شبکه
یکپارچگی در سیستم انرژی	• اتصال شبکه برق با دیگر شبکه‌های انرژی	• نیاز به تجهیزات جدید جهت ادغام با شبکه گاز و حرارت برای ذخیره‌سازی و تبدیل انرژی • نیاز به طراحی انعطاف‌پذیر شبکه انرژی جهت بهینه‌سازی سیستم انرژی • تعامل با شبکه گاز برای ذخیره‌سازی انرژی شیمیایی
بازار	• بازارهای فرامرزی پویا (ظرفیت‌های انعطاف‌پذیر را در کوتاه‌مدت برای جبران تغییرات انرژی‌های تجدیدپذیر فراهم می‌کنند • بازیگران جدید در بازارهای عمده‌فروشی و خرده‌فروشی • اتصال مجدد بازار عمده‌فروشی و خرده‌فروشی • مکانیزم‌های بازار برای انعطاف‌پذیری، بهره‌وری انرژی و پاسخ تقاضا • ترغیب مشترکین به شرکت در بازارهای برق از طریق بازیگران جدید بازار	• اعتبارسنجی ابزارهای مبتنی بر جریان متصل به بازار • طراحی بازار برای ادغام انرژی‌های تجدید پذیر در مقیاس‌های زمانی مختلف. • بهینه سازی ادغام مراکز کنترل شبکه و بازار در همه مقیاس‌های زمانی (از دراز مدت به زمان واقعی). • ادغام بازیگران بازار جدید که خدمات سیستم را ارایه می‌کنند. • مشارکت در ارزیابی چارچوب نظارتی برای عملیات ذخیره‌سازی و ارائه پاداش مربوط به خدمات سیستم • ادغام بهینه بازار و عملیات شبکه در تمام مقیاس‌های زمانی (به صورت زمان واقعی)، • بازیگران جدید در بازارهای عمده‌فروشی و خرده‌فروشی • اتصال مجدد بازار عمده‌فروشی و خرده‌فروشی • مکانیزم‌های بازار برای انعطاف‌پذیری، بهره‌وری انرژی و پاسخ تقاضا • ترغیب مشترکین به شرکت در بازارهای برق از طریق بازیگران جدید بازار

جدول .Error! No text of specified style in document–**۲– چالش‌های شبکه برق در نتیجه تحولات سیستم‌های قدرت**

[1] Data Mining

فصل ۳

نیازمندی‌های عملکردی ICT برای رفع چالش‌های ساختارهای نوین صنعت برق

۳-۱- مقدمه فصل ۳

در این فصل نیازمندی‌های عملکردی ICT برای رفع چالش‌های ساختارهای نوین صنعت برق به تفکیک چالش‌های مطرح شده در حوزه انتقال، توزیع بر اساس مطالعات بیان می‌شوند.

۳-۲- نیازمندی‌های عملکردی ICT برای رفع چالش‌های سیستم انتقال (شبکه انتقال‌های و تولید)

با توجه به مطالب عنوان شده، چالش‌های سیستم انتقال را می‌توان به صورت پنج دسته زیر در نظر گرفت:

۱- چالش‌های مربوط به مدرن‌سازی زیرساخت شبکه (شامل ابزارهای برنامه‌ریزی، روش‌های مدیریت دارایی، فن‌آوری‌ها و معماری‌های شبکه جدید) که در دسته **"مدرن‌سازی شبکه "** مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۲- چالش‌های مربوط به عملیات شبکه (مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری، ابزارهای پشتیبانی تصمیم) که در دسته‌ی **" امنیت و ثبات سیستم"** در نظر گرفته می‌شوند.

۳- چالش‌های مربوط به تولید (ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر)، بارهای جدید (برق‌رسانی به بخش‌های حمل و نقل و ساختمان) و استفاده بهینه از زیر ساخت‌های شبکه. با توجه به گزینه‌های انعطاف‌پذیری (مانند ذخیره‌سازی، پاسخ به تقاضا، تعاملات با دیگر شبکه‌های انرژی، بهبود پیش‌بینی انرژی‌های تولید پراکنده، الکترونیک قدرت، تولید توان گرمایی قابل انعطاف)، این دسته به عنوان دسته**"انعطاف‌پذیری سیستم قدرت"** در نظر گرفته می‌شود.

۴- چالش‌های مربوط به مسائل بازار (طراحی بازار و ابزارهای شبیه‌سازی بازار، از جمله اتصال به بازارهای گاز، در مقیاس‌های زمانی مختلف) در دسته **"اقتصاد و کارایی سیستم قدرت"** مطرح می‌شوند.

۵- چالش‌های مربوط به دیجیتال کردن شبکه (بکارگیری IoT، کلان داده‌ها، استانداردسازی ارتباط و مبادله اطلاعات بین ذینفعان مختلف زنجیره ارزش برق، امنیت سایبری) که می‌توان آن را در دسته **" دیجیتال کردن سیستم قدرت"** در نظر گرفت.

برای هر یک از این دسته چالش‌ها می‌توان نیازمندی‌ها عملکردی مندرج در را جدول Error! **No text of specified style in document.**-۳در نظر گرفت. در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۳ هر یک از نیازمندی‌های عملکردی با شناسه Ti مشخص می شوند که در آن i شماره نیازمندی عملکردی است و T نشاندهنده حوزه انتقال است.

دسته چالش‌ها	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
مدرن‌سازی شبکه	T1	**بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه:** هدف توسعه روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی و نرم‌افزار شبیه‌سازی برای ارزیابی پارامترهای مختلف در سیستم قدرت، به خصوص برای زیرساخت سیستم انتقال است. این روش‌ها و ابزارها باید بتوانند اتصال سایت‌های تولید انرژی شامل انرژی‌های تولید پراکنده و تجدیدپذیر و همچنین پاسخ تقاضا، ذخیره‌سازی و ادغام با دیگر شبکه‌های انتقال/ انرژی را بررسی کنند. این ابزارها باید شبیه‌سازی سیستم در سطح منطقه را تسهیل کنند و بتوانند گزینه طراحی را براساس معیارهای فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی، و حسابداری برای فناوری‌های نوظهور و مدل‌های کسب‌وکار مقایسه نمایند. همچنین هدف نهایی بهره‌گیری از این شبیه‌سازی در طول مراحل عملیات شبکه است. هدف دیگر این نیاز عملکردی پیکربندی خودکار شبکه است. هنگامی که دستگاه جدیدی (مانند منابع انرژی تولید پراکنده، دستگاه هوشمند شبکه) یا زیر سیستمی (مانند سیستم مدیریت انرژی خانه /

دسته چالش‌ها	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		ساختمان) در لبه یک شبکه هوشمند (به عنوان مثال ریز شبکه) نصب می‌شود، باید بتواند خودش را بصورت خودکار پیکربندی نماید.
	T2	**مدیریت دارایی هوشمند:** شبکه برق به طور مداوم در خصوص انتخاب بین اجرای رویه‌های تعمیر و نگهداری برای افزایش عمر، ارتقا تجهیزات، جایگزین کردن زیر سیستم‌ها یا جایگزینی جزئی زیرساخت‌ها به چالش کشیده می‌شود. هدف حفظ زیرساخت شبکه به طور موثر و مقرون‌به‌صرفه با عملکرد قابل‌اطمینان به وسیله بهینه‌سازی مدیریت دارایی از طریق روش‌های زیر است. اعتبارسنجی مفاهیم جدید پایش برای اجزا و سیستم‌ها از نظر زمان‌بندی نگهداری و بیشینه کردن انعطاف‌پذیری شبکه. بسط و ارزیابی روش‌های جدید نگهداری انتخابی که مبتنی بر شرایط، پیش‌بینی و ریسک است. توسعه روش‌ها برای جلوگیری از خرابی اجزا بر اساس مدل‌های شکست جدید با بهبود درک چگونگی تاثیر شرایط کاری بر فرسودگی مولفه‌های حیاتی شبکه و انجام بررسی‌ها بر روی تجهیزات فرسوده و خارج شده از شبکه پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته‌ی جدید، مانند رباتیک یا پهباد به منظور کاهش هزینه‌ها و افزایش امنیت انسانی و در دسترس بودن دارایی. یکی از مسائل مهم مدیریت دارایی مدیریت تجهیز[1] است. در این خصوص تمام دستگاه‌ها باید مدیریت شوند تا از کنترل و نظارت بر تعاملات آنها با سیستم‌ها اطمینان حاصل شود. در واقع هدف استانداردسازی مدل‌های شیء برای توصیف قابلیت مجموعه ای بزرگ از دستگاه‌ها و خواص است. یک دستگاه یا زیر سیستم باید قادر به توصیف قابلیت‌های خود به سایر نهادها باشد.
	T3	**فن‌آوری‌ها و مواد جدید:** به طور کلی اهداف این نیاز عملکردی به شرح زیر می‌باشد: • ایجاد فن‌آوری‌های قدرت جدید برای افزایش انعطاف‌پذیری و ظرفیت شبکه قدرت موجود است که باید اثبات و اعتبارسنجی شوند. • ایجاد مواد و فن‌آوری‌های جدید، در خصوص ذخیره‌سازی انرژی، بهبود عملکرد، افزایش عمر، بهبود نگهداری دارایی‌های جاری، یافتن فرصت‌های بهره‌وری و تعیین استانداردهای سیستم انتقال، که باید مورد آزمایش و تایید قرار گیرند • ایجاد انواع جدیدی از مواد و فن‌آوری‌ها (با استفاده از فناوری نانو) نظیر ربات‌های پیشرفته، مواد جهت ذخیره‌سازی انرژی، الکترونیک قدرت؛ و سایر فناوری‌ها که باید اثبات و اعتبارسنجی شوند.
	T4	**رفع چالش‌های زیست‌محیطی و عدم سرمایه گذاری ذینفعان:** تحقق یک سیستم برق پایدار و رقابتی، نیازمند توسعه زیرساخت انتقال است. از این رو، نیاز به توسعه روش‌های جدید و ارائه راه‌حل‌هایی جهت بر طرف نمودن بی‌میلی افراد نسبت به سرمایه‌گذاری‌ها در زیر ساخت‌ها و افزایش آگاهی عمومی در مورد چالش‌های انرژی بلندمدت در آینده است. بنابراین، فرآیندهای فعلی باید بازبینی شوند و دلایل عدم تمایل عمومی برای حمایت از سرمایه‌گذاری در زیر ساخت‌ها مشخص شوند. در واقع هدف بهبود پذیرش عمومی و مشارکت سهامداران در زیرساخت انتقال است به گونه‌ای که اثرات زیست‌محیطی نیز کاهش یابد. از جمله فعالیت‌های مد نظر در این هدف می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: • بهبود آگاهی عمومی از چالش‌های بلندمدت انرژی و نیاز به ساخت و حفاظت از زیرساخت انتقال به منظور افزایش سود اجتماعی.

[1] Device Management

دسته چالش‌ها	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		• ارزیابی چالش‌های زیست‌محیطی جدید و بهبود زیرساخت حمل و نقل زمینی و یکپارچگی محیطی. • معیارهای طراحی جدید برای به حداقل رساندن نویز تجهیزات ولتاژ بالا و تاثیرات بصری. • بهبود حفاظت فیزیکی زیرساخت شبکه در برابر خطرات بالقوه، به عنوان مثال، فجایع طبیعی، تروریسم یا حملات سایبری.
امنیت و پایداری سیستم	T5	**مشاهده‌پذیری شبکه انتقال:** تمرکز اصلی بر بهبود مشاهده‌پذیری سیستم انتقال با توسعه روش‌های جدید، فناوری‌ها و ابزارهایی است که قادر به کنترل فرآیند و تبادل حجم عظیم داده‌های اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده به صورت بلادرنگ، هم بین مراکز انتقال و هم بین شبکه‌های انتقال با شبکه‌های توزیع / تقاضا می‌باشند. استفاده از فن‌آوری‌هایی نظیر PMUs، WAMs[1] و حسگرهای هوشمند و ارتباطات یکپارچه برای جمع‌آوری اطلاعات از سیستم‌های انتقال و ترکیب این اطلاعات با داده‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های هواشناسی و ... به منظور بهبود قابلیت مشاهده‌پذیری از اهداف مد نظر می‌باشد. همچنین به منظور مشاهده‌پذیری شبکه نیاز به ثبت تجهیزات جدید برای پایش و کنترل راه دور است. در واقع وقتی یک تجهیز شبکه جدید یا زیرسیستمی در لبه شبکه هوشمند نصب می‌شود، باید بتواند به صورت اتوماتیک خودش را پیکربندی کند. این نیازمندی، تمرکز بر ثبت تجهیز یا زیر سیستم دارد. پس از اتصال به شبکه، دستگاه یا زیرسیستم به یک مرکز ثبت متصل می‌شود که در آن توصیفی از توانایی‌ها و خدمات خود را با توجه به نظارت و کنترل انتشار می‌دهد. این مرکز می‌تواند مرکزی یا توزیع‌شده باشد. علاوه بر این، سطوح دسترسی براساس توافق‌های قراردادی تعریف می‌شود که سطح نظارت و کنترل دستگاه یا زیرسیستم را از مرکز کنترل تعریف می‌کند. این ثبت خدمات امکان جستجوی وب را برای یک مرکز کنترل برای کشف وسایل مورد نیاز یا قابلیت‌های مورد نیاز فراهم می‌کند.
	T6	**کنترل‌پذیری شبکه انتقال:** در آینده سیستم‌های برق از ترکیب عظیمی از منابع تولید انرژی‌های تجدید پذیر مبتنی بر اینورتر تشکیل خواهند شد. این تولید قطعا دارای ماهیت تصادفی است که این موضوع پایداری سیستم را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. لذا تعامل بین سیستم‌های کنترل مختلف باید در نظر گرفته شود و یک دیدگاه جامعی لازم است که کنترل سیستم قدرت، یکپارچه‌سازی و هماهنگ کردن وسایل الکترونیکی قدرت با در نظر گرفتن اثر متقابل انرژی‌های تجدیدپذیر را تحت نظر باشد. محتوای هارمونیک ابزارهای الکترونیکی قدرت نیز می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی در شرایط عملیاتی خاص شوند.کیفیت توان نیز تحت‌تاثیر افزایش تعداد مولفه‌های سیستم قدرت (مانند سیستم HVDC) و بارهای مبتنی بر الکترونیک قدرت، تزریق آلودگی هارمونیکی در سیستم است. لذا هدف مد نظر: توسعه ابزارها و روش‌های جدید برای نظارت، کنترل و محافظت از یک سیستم الکتریکی با اینرسی[2] پایین است. شناسایی روش‌های مناسب برای ایجاد مدل‌های پویای سیستم – امنیت[3] و توسعه ابزار مناسب است. طرح‌های کنترل و حفاظت موجود باید مورد بازبینی قرار گیرند و لازم است در جهت عملکرد ایمن، پایدار و قابل‌اعتماد شبکه باز تعریف شوند. • شناسایی ارتباطات مورد نیاز بین سیستم برق و دیگر سیستم‌های انرژی به منظور کمک به افزایش پایداری.

[1] wide area monitoring systems
[2] inertia
[3] system-security models

دسته چالش‌ها	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		• توسعه تجهیزات WAC[1] در سطح شبکه برق منطقه‌ای، که اپراتورها را قادر خواهند ساخت تا سیستم را نزدیک حاشیه پایداری خود کنترل کنند بدون اینکه امنیت خود را به خطر بیاندازند.
	T7	**سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری و کنترل خودکار پیشرفته:** هدف توسعه سیستم‌های خبره و ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری برای پیش‌بینی موقعیت‌های اضطراری بالقوه، ارائه هشدار زودهنگام به اپراتورهای سیستم و ارائه راه‌حل‌های ممکن براساس احتمال تخمینی موفقیت به صورت بلادرنگ است. ابزارهای توسعه‌یافته راهکارهایی شامل، پیشنهاد تغییرات توپولوژی شبکه براساس عملیات سوئیچینگ هوشمند، تنظیمات رله محافظ و درجه‌بندی پویای عناصر سیستم قدرت را با توجه به شرایط واقعی سیستم ارائه می‌دهند. همچنین به منظور مقابله با میزان بالای عدم قطعیت و تغییرپذیری داده‌های مرتبط با منابع انرژی تولید پراکنده، سیستم‌های خبره جدید، ابزارهای پشتیبانی بسیار پیچیده و سیستم‌های کنترل خودکار پیشرفته باید استفاده شوند.
	T8	**قابلیت اطمینان و تاب‌آوری:** در این هدف عملکردی طرح‌های بازیابی، رویکردهای احتمالی، ارزیابی ریسک لازم است در نظر گرفته شوند. در برخی شرایط آب و هوا و عملیاتی، زیرساخت فیزیکی شبکه ممکن است آسیب ببیند ولی یک شبکه هوشمند باید قادر به انجام اقداماتی جهت کاهش صدمه و کم نمودن تاثیر خرابی و بهبود سریع شبکه باشد. در این حالت، شبکه هوشمند باید قادر به استفاده از داده‌ها و فن‌آوری‌های کنترل و فن‌آوری اطلاعات برای فعال نمودن سیستم انتقال به صورت خودکار باشد. این هدف دارای دو جنبه عملکردی است. اولین جنبه ایجاد یک طرح بازیابی بهبود یافته برای شبکه است. برای افزایش انعطاف‌پذیری این شبکه، رویکردها و فناوری‌های جدید به منظور کاهش احتمال شکست، پیامدهای شکست و زمان بازیابی، باید توسعه داده شوند. جنبه دوم، توسعه ابزارهای جدید برای کمک به مراکز شبکه انتقال جهت افزایش قابلیت اطمینان آن‌ها و در نتیجه تقویت نقش آن‌ها در بازار است.
	T9	**ارائه خدمات جانبی پیشرفته برای عملیات شبکه:** اپراتورهای شبکه انتقال مسئول عملکرد ایمن و قابل‌اعتماد سیستم‌های انتقال و همچنین اتصالات داخلی با سایر سیستم‌های انتقال انرژی می‌باشند. با افزایش سریع منابع تولید متغیر، نیاز به افزایش خدمات جانبی برای مقابله با اثرات افزایش تغییرپذیری و عدم اطمینان آنها وجود خواهد داشت. در این شرایط، خدمات جانبی در سیستم تولید با توان قدیمی کافی نخواهد بود و خدمات جانبی باید از جانب DG و منبع انرژی تجدید پذیر ایجاد شود که به صورت فعالانه تری در کنترل کردن سیستم مشارکت داشته باشند. در این زمینه، ایجاد یک فرآیند چند سطحی شامل هر دو شبکه انتقال و توزیع، تولید متصل به شبکه توزیع و شرکت‌های برقی، ضرورت دارد. از جمله اهداف مد نظر در این خصوص: افزایش قابلیت مشاهده‌پذیری انرژی تجدیدپذیر متغیر برای اپراتورهای شبکه انتقال (برای پیش‌بینی دقیق‌تر). انجام محاسبات پویا تولید انرژی تجدید پذیر با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی کوتاه‌مدت یا به روز رسانی مداوم داده‌ها. فناوری‌ها و ابزارهایی برای کنترل توان اکتیو و راکتیو منابع انرژی تولید پراکنده، با هماهنگی اپراتورهای شبکه انتقال/ توزیع برای تامین کنترل جریان برق اضافی، مدیریت بار. ایجاد الگوریتم بهینه‌سازی مقاوم برای کنترل هماهنگ منابع انرژی تولید پراکنده. • تامین منابع محاسباتی مورد نیاز: بعضی از عملیات مرکز کنترل ریز شبکه نیاز به منابع محاسباتی بالایی برای محاسبات و مدل‌های شبیه سازی به صورت بلادرنگ نسبت به عملیات مدیریت معمول است. به

[1] Wide Area Control

دسته چالش‌ها	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		عنوان مثال در حالت جزیره ای ریز شبکه‌ها به منظور بررسی سریع دسترس‌پذیری منابع الکتریکی آن. همچنین برای برنامه‌ریزی طولانی مدت ممکن است نیاز به پردازش با کارایی بالا برای برنامه‌ریزی و شبیه سازی در مقیاس بزرگ داشته باشد.
انعطاف‌پذیری سیستم قدرت	T10	**استفاده از سرویس‌های ذخیره‌سازی:** قطعا در آینده فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی به عناصر کلیدی در ساختارهای شبکه هوشمند تبدیل خواهند شد. چشم انداز در زمینه تولید، به طور چشمگیری با ادغام مقدار زیادی از منابع تولید توان متغیر تجدید پذیر در سیستم‌های برق در آینده تغییر خواهد نمود. علاوه بر آن در مدل‌های جدید بخش برق، پاسخ تقاضا نقش مهمی را دارا است و تغییر پذیری در تقاضا را معرفی می نماید. در این خصوص چالش رو به رشدی در زمینه تعادل شبکه برق وجود خواهد داشت، زیرا این منابع قدرت فاقد ذخیره‌سازی می‌باشند و می‌توانند در هر نقطه از شبکه قرار گیرند. لذا نیاز به بروزرسانی شبکه برای ذخیره سازی برق به طور موثر و انعطاف پذیری از طریق استفاده بهینه از منابع متداول و نوآورانه وجود دارد. لذا از اهداف مدنظر در این خصوص می‌توان بهموارد زیر اشاره نمود: • ایجاد طرح‌های ذخیره‌سازی و سرویس‌های برای پاسخ سریع به شبکه در سطوح مختلف ولتاژ برای اهداف اجرایی است. • توسعه ابزار برنامه ریزی سیستم برای تعیین توزیع بهینه منابع ذخیره‌سازی انرژی برای تسهیل در عملیات سیستم انتقال و توزیع. • ابزار برای ارزیابی سود بالقوه از ذخیره‌سازی انرژی در بازار و بهبود پایدرای شبکه
	T11	پاسخ تقاضا، ابزارهایی برای استفاده از منابع انرژی تولید پراکنده، پروفایل بار و خودروهای برقی: مزایای بالقوه کنترل بار، مانند افزایش پیک سایی [1]، و صرفه‌جویی در انرژی، باید شامل مشارکت گسترده صنعت، بخش ثالث [2] و مصرف کنندگان نهایی به منظور ارزیابی تاثیر در برنامه‌ریزی و عملیات شبکه انتقال باشد. به کارگیری فن‌آوری‌هایی نظیر کنتور هوشمند و جعبه‌های انرژی [3] باید داری تاثیر گذاری در پاسخ طرف تقاضا، افزایش آگاهی در مورد الگوهای مصرف و افزایش مشارکت فعال تولید کنندگان، خدمات / کسب‌وکار و مشتری در بازار انرژی باشد. لذا هدف اصلی درنظر گرفته در این مورد توسعه و تجمیع مکانیزم‌های پاسخ تقاضا برای ایجاد سرویس‌های سیستمی است. از دیگر اهداف مد نظر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: • افزایش انعطاف‌پذیری سیستم (تعدیل منحنی بار) به منظور افزایش بهره‌وری کلی سیستم. • مشارکت فعال مشتری در شبکه. • یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت سمت تقاضا که به مشترکین در سطوح مختلف اجازه می‌دهد تا تصمیمات آگاهانه بیشتری در مورد مصرف انرژی اتخاذ کنند و از آن‌ها در عملیات برق حمایت کنند. مکانیزم پاسخ تقاضا با ارائه انگیزه‌های اقتصادی و بهینه سازی سرمایه گذاری و استفاده از دارایی‌های فعلی در شبکه، می توانند بر بازار تاثیر بسزایی داشته باشند.
	T12	**پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدید پذیر:** منابع انرژی تجدید پذیر مانند باد، انرژی خورشیدی یا دریایی به دلیل ماهیت متغیر منابع انرژی اولیه، دارای خروجی متغیر می‌باشند. با افزایش یکپارچگی انرژی تجدیدپذیر، منابع ذخیره‌سازی باید به منظور حفظ پایداری سیستم افزایش یابند و از

[1] peak shaving
[2] tertiary sector
[3] energy boxes

دسته چالش‌ها	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		محدودسازی تولید انرژی جلوگیری نمایند. پیش‌بینی تولید انرژی تجدید پذیر با سطح بالایی از دقت، کلید بهینه‌سازی سیستم به ویژه در مناطقی با نفوذ بالای انرژی‌های تجدید پذیر است. پیش‌بینی بهتر می‌تواند با در نظر گرفتن اطلاعات دیگر نظیر اطلاعات پیش‌بینی آب و هوا، مدل‌های Local ad-hoc، داده‌های تاریخچه‌ای و اندازه‌گیری برخط صورت گیرد. در واقع هدف تعیین بهترین روش برای پیاده‌سازی با استفاده از فن‌آوری اطلاعات، خدمات و مدل‌های جانبی برای ارائه خروجی انرژی قابل‌اطمینان است تا انرژی پاک بتواند یکپارچه، پیش‌بینی شده و به صورت هوشمند در شبکه مدیریت شود.
	T13	**طراحی و به کارگیری شبکه انعطاف‌پذیر:** پیچیدگی شبکه برق آتی مستلزم توسعه ظرفیت انتقال و عملیات سیستم جهت تضمین انعطاف‌پذیری و در نتیجه تامین امنیت در حضور نوسانات فزاینده است. به این منظور اهداف زیر مدنظر قرار دارند: ایجاد فن‌آوری‌های قدرت و اطلاعات نوظهور برای افزایش انعطاف و ظرفیت شبکه برق موجود. اتصال‌دهنده‌ها[1] نباید فقط به عنوان بار یا تزریق کننده‌های ثابت دیده شوند بلکه باید در شرایط عادی و اضطرای بتوانند برای اپراتورهای شبکه بار قابل توزیع فراهم کنند. رسیدن به انعطاف‌پذیری شبکه برای کاربران شبکه که امکان به اشتراک گذاری سهم بزرگتری از انرژی تجدید پذیر را می‌دهد و امنیت تامین را افزایش می‌دهد.
	T14	**تعامل با شبکه‌های انرژی غیر برقی:** کاهش گازهای گلخانه ای یکی از اهداف اساسی مدنظر در کشورهای پیشرفته است و الکتریکی کردن یکی از راهکارهای موثر در این خصوص می‌باشد. در سمت تقاضا، الکتریکی شدن سیستم‌ها به طور مثال در بخش حمل و نقل، گرمایش و سرمایش، مسیر تحقق این هدف را فراهم می‌کند. در طرف تولید، اتصال شبکه برق با گاز و حرارت این هدف را محقق می‌نماید. این مسایل وجود پیچیدگی فزاینده برای ایجاد تعادل و مدیریت شبکه را به وجود می‌آورند که باید در نظر گرفته شوند. لذا اهداف زیر برای غلبه به این مشکلات در نظر گرفته شده است: • رسیدن به یک مدل جدید برای یک سیستم انرژی یکپارچه(که شامل گرما، حمل و نقل، گاز، برق). • توسعه ابزارهایی برای تحلیل تعادل و موضوعات اتصال کل سیستم انرژی و حمایت از فن‌آوری‌های گاز در طرح‌های خود ترمیمی.
اقتصاد و کارایی سیستم قدرت	T15	**ادغام بازار – شبکه:** جریان‌های برق در یک بازار انرژی آزاد با در نظر گرفتن ادغام گسترده انرژی تجدیدپذیر متغیر منجر به گلوگاه‌های محلی و منطقه‌ای شده‌اند در نتیجه احتمالاً باعث کاهش قابل‌توجهی در ظرفیت‌های موجود در بازار می‌شوند. برای غلبه بر این مشکلات نه تنها به ظرفیت انتقال جدید و انعطاف‌پذیری در کنترل جریان برق، مدیریت ازدحام و بررسی تخطی از برنامه ها، بلکه به ابزارهای جدیدی برای تحلیل بازار و شبکه نیاز است. در واقع نیاز به یک مکانیزم موثر در مدیریت بازار وجود دارد. لذا ابزارهای شبیه‌سازی بازار باید برای ارایه توصیه‌هایی در مورد مدیریت شبکه و بازار توسعه داده شوند. این امر امکان مدیریت ازدحام در شبکه بدون تاثیر بر قابلیت اطمینان سیستم و در عین حال در نظر گرفتن عدم قطعیت تمام اقدامات اصلاحی و احتمالی را در بر دارد.
	T16	**مدل‌های کسب وکار:** سرمایه‌گذاری‌های عظیم برای رسیدن به اهداف سیستم انرژی آینده لازم خواهد بود. این سرمایه‌گذاری‌ها در صورتی انجام خواهند شد که از نظر مالی برای مصرف کنندگان و سرمایه گذاران به صرفه باشند. در این خصوص شرایط همکاری بین بخش‌های مختلف انرژی (برق، گاز، گرما و غیره) و زیرساخت‌های مختلف باید شناسایی شوند. همچنین در افق بلند مدت، طرح‌های بازار برق

[1] Interconnectors

دسته چالش‌ها	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		باید امکان سرمایه‌گذاری‌های مقرون‌به‌صرفه را با یک رویکرد فرامرزی که کل شبکه انرژی را در نظر می گیرند، فراهم سازند. در این خصوص هدف این است که به جای استفاده از ابزارهایی که به طور خالص بخش برق را مدل‌سازی می‌کنند از ابزارهای جدیدی استفاده شود که تمام بخش انرژی و بازیگران مختلف که مدل‌ها راهبردهای کسب و کار مختلفی را دارند، استفاده شود. لذا هدف توسعه این ابزارها برای مدل سازی بخش انرژی به صورت کلی و به شکلی است که نقش‌ها و عامل‌های مختلف را در بازار در بر بگیرند.
	T17	**طراحی بازار انعطاف‌پذیر:** اخیراً، بازارها با رشد تولید انرژی تجدیدپذیر در مکان‌های مختلف و با بکارگیری فن‌آوری‌های مختلف در حال تغییر بوده‌اند. علاوه بر این، توسعه کنونی منابع انرژی تولید پراکنده در سطح محلی مساله ادغام این منابع در بازارها و نحوه ارائه خدمات به سیستم الکتریکی را مطرح می‌کند. بنابراین توسعه مدل‌های بازار بهبود یافته و ابزارهای شبیه‌سازی که امکان بکارگیری سهم بزرگی از تولید انرژی تجدید پذیر با هزینه مقرون به صرفه و موثر در سیستم می‌دهد، باید در نظر گرفته شود. لذا در افق کوتاه‌مدت، مدل‌های بازار باید توصیه‌هایی در خصوص قواعد خاص برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر/انرژی‌های تولید پراکنده در خدمات سیستم قدرت و همچنین راه‌حل‌هایی برای ایجاد تعادل بار ارائه کنند و در نتیجه ادغام گسترده انرژی تولید پراکنده/ انرژی تجدید پذیر را ممکن سازند. همچنین در این خصوص نیاز به ایجاد و بکارگیری قابلیت‌های پردازشی بالا در بازار است. سرویس ارائه شده در بازار باید عملیات پیچیده بین داده‌هایی را که از کاربران شبکه و اپراتورها جمع آوری می شوند، انجام دهند بنابراین سطح بالایی از قابلیت‌های پردازشی مورد نیاز است. همچنین در این خصوص نیاز به مدیریت SLA نیز وجود دارد. SLAها برای استفاده از خدمات ICT بین بازیکنان مختلف بازار در بخش انرژی باید برای انعطاف پذیری مدیریت شوند.
دیجیتال کردن سیستم قدرت	T18	**مدیریت کلان داده‌ها:** آنچه مسلم است مجموعه‌های داده در شبکه آتی به سرعت در حال رشد هستند، و بطور فزاینده‌ای به طورمثال توسط ابزارهای مختلف، logهای نرم‌افزاری، دوربین، میکروفن، و شبکه‌های حسگر بی‌سیم ایجاد می‌شوند. بررسی دقیق در این کلان داده‌ها منجر به تصمیم‌گیری مطمئن‌تر و در نتیجه تصمیمات بهتر و کارایی عملیاتی بیشتر، کاهش هزینه و کاهش ریسک می‌شود. لذا ابزارهای مدیریت کلان داده‌ها می‌توانند کلید اصلی اهداف صنعت برق باشند. بنابراین هدف توسعه ابزارهای مدیریت کلان داده است که در برنامه‌ریزی، مدیریت دارایی و عملیات بهره‌برداری موثر باشد.
	T19	**استاندارد سازی و تبادل داده:** چشم‌انداز بلندمدت انرژی در کشورهای پیشرفته نیازمند تغییر اساسی در ارتباطات است که باید در سطح شبکه ارزیابی شوند. نصب مقدار زیادی از منابع انرژی تجدیدپذیر، تولید پراکنده، تقاضاهای مصرف جدید، و ذخیره‌سازی انرژی نیاز به مقدار زیادی ارتباطات و هماهنگی میان طرف‌های درگیر، از جمله ارایه دهندگان پایداری سیستم، اپراتورهای سیستم انتقال، اپراتورهای شبکه، ارایه دهندگان خدمات و غیره دارد. تبادل و به اشتراک گذاری اطلاعات برای استفاده موثر از همه منابع انرژی در سناریوهای آینده حیاتی خواهد بود. استانداردسازی یک راه حل کلیدی است و می‌تواند یک بازار رقابتی برای ارائه بهترین راه‌حل فنی ایجاد کند. لذا هدف ایجاد پروتکل هماهنگ و محدود برای پشتیبانی از ارتباطات در بخش انرژی است.
	T20	**بکارگیری اینترنت اشیا در شبکه انرژی:** اینترنت اشیاء شبکه‌ای از اشیا فیزیکی، وسایل نقلیه، ساختمان‌ها و اقلام دیگر تعبیه‌شده در الکترونیک، نرم‌افزار، حسگرها و اتصال شبکه است که به جمع‌آوری و تبادل داده‌ها کمک می‌کند. اینترنت اشیا امکان تبادل داده و کنترل از راه دور اشیاء در میان زیرساخت شبکه موجود را فراهم می‌کند، فرصت‌هایی برای یکپارچه‌سازی مستقیم دنیای فیزیکی به سیستم‌های مبتنی بر کامپیوتر ایجاد می‌کند و منجر به بهبود کارایی، صحت و منافع اقتصادی می‌شود. زمانی که IoT به حسگرها و محرک‌ها افزوده می‌شود، فن‌آوری به یک نمونه از کلاس کلی‌تر سیستم‌های

دسته چالش‌ها	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		سایبری–فیزیکی تبدیل می‌شود که شامل فناوری‌های هوشمند، خانه‌های هوشمند، حمل و نقل هوشمند و شهرهای هوشمند می‌شود. در واقع IoT یکی از بسترهای نرم‌افزاری هوشمند و سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند است. لذا اهدف کلی مد نظر عبارتند از: • ایجاد آگاهی در سازمان فوق‌مدرن در خصوص فواید بکارگیری فناوری‌های IoT در ترکیب با برنامه‌های کاربردی داده بزرگ. • – پیشنهاد یک استراتژی برای برنامه‌های کاربردی IoT در بخش برق است.
	T21	برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی: امنیت رایانه‌ای، از جمله امنیت سایبری و امنیت اطلاعات، به حفاظت از سیستم‌های فن‌آوری اطلاعات از دزدی یا آسیب به سخت‌افزار، نرم‌افزار، و اطلاعات مربوط به آن‌ها و نیز از شکستن یا ایجاد وقفه در خدمات اشاره دارد. این مسئله شامل کنترل دسترسی فیزیکی به سخت‌افزار و همچنین حفاظت از آسیب است که ممکن است از طریق دسترسی به شبکه، داده‌ها و تزریق کد، و... توسط اپراتورها یا مهاجم، چه به صورت عمدی، یا غیر عمدی و یا ناشی از فریب‌خوردگی اعمال شود. این زمینه به دلیل افزایش اتکا به سیستم‌های کامپیوتری در اکثر بخش‌های صنعتی و جوامع، از اهمیت رو به رشدی برخوردار است. اهداف مد نظر در این خصوص عبارتند از: • ایجاد تدابیر امنیتی، نظارتی، تشخیصی و ارائه واکنش، • کاهش آسیب‌پذیری • برقراری امنیت IT از طریق طراحی با در نظر گرفتن امنیت سیستم قدرت • طراحی و پیاده‌سازی معماری امنیتی • ایجاد سازوکارهای حفاظت سخت‌افزاری • ایجاد کنترل‌ها و سیستم‌های عملیاتی امن و ایمن • طراحی و بهینه سازی کدگذاری و رمزگذاری ایمن به جهت در نظر گرفتن محرمانگی اطلاعات • ایجاد راهکارهای بهینه جهت شناسایی و تایید هویت در بخش امنیت • ایجاد راهکارهای بهینه در بخش کنترل دسترسی به شبکه و اطلاعات. • ایجاد طرح‌های جهت پاسخ به خطا، و ارائه هشدار به فعالان در این بخش • همکاری فرامرزی در بخش برق • اخذ مجوز که در این خصوص اجزاء باید وظایف را بصورت تفکیک شده و از طریق مجوز دسترسی اختصاص داده شده انجام دهند. • پشتیبانی از حریم خصوصی داده‌ها • پشتیبان گیری از داده‌ها و فراهم نمودن امکان بازیابی داده‌ها. • مدیریت امنیت که باید تمامی مکانیزم‌های امنیتی را در بر گیرد. • ثبت رویدادهای حیاتی خدمات

جدول .Error! No text of specified style in document–**۳– نیازمندی‌های عملکردی در حوزه انتقال**

ارتباط نیازمندی‌های عملکردی تعیین شده با چالش‌های سیستم انتقال در جدول **Error! No text of specified style in document.**–۴ قابل مشاهده می‌باشند.

حوزه	چالش‌های آینده سیستم انتقال	نیازمندی‌های عملکردی
تولید	• مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	T5 – مشاهده‌پذیری شبکه T6 – کنترل شبکه
	• نیاز به پیش‌بینی دقیق بار	T12 – پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدید پذیر:
	• نیاز به توسعه ابزارها و روش‌هایی جهت بهبود کیفیت	T7– سیستم‌های و ابزارها خبره
	• طراحی شبکه انعطاف‌پذیر برای اطمینان از کیفیت و امنیت برق‌رسانی	T10– استفاده از سرویس‌های ذخیره‌سازی T11– پاسخ – تقاضا T13 – استفاده از شبکه انعطاف‌پذیر T14 – تعامل با شبکه‌های انرژی غیر الکتریکی
	• تجهیزات جدید جهت میزبانی از انرژی‌های تجدیدپذیر	T9 – خدمات جانبی پیشرفته
	• طرح‌های بازیابی در نواحی با نفوذ زیاد انرژی فتوولتائیک و بادی.	T8 – تاب‌آوری و قابلیت اطمینان
بار	• پیش‌بینی موثر تقاضا و نیاز به تعاملات مناسب بین فعالان بازار و اپراتورهای شبکه (و مبادله اطلاعات بین اپراتورهای شبکه انتقال و توزیع).	T5 – مشاهده پذیری شبکه T11 – پاسخ تقاضا
	• پیش‌بینی موثر تقاضا (بارهای خانگی که به عنوان بارهای جدید برای بازیگران بازار جدید در نظر گرفته می‌شوند)	T11– پاسخ تقاضا
زیرساخت شبکه	• عدم کارایی دارایی‌های موجود و نیاز به استفاده از فناوری‌های جدید	T2 – مدیریت دارایی هوشمند T3 – مواد و فن‌آوری‌های جدید
	• یکپارچه‌سازی خطوط انتقال با فن‌آوری‌های AC و DC	T3 – مواد و فناوری‌های جدید T6 – کنترل پذیری شبکه T13 – استفاده از شبکه انعطاف‌پذیر
	• نیاز به طراحی شبکه انعطاف‌پذیر در سطح انتقال و توزیع با استفاده از فن‌آوری‌های جدید	T1 – بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه: T13– استفاده از شبکه انعطاف‌پذیر
	• لزوم توجه به اثرات زیست‌محیطی ناشی از تقویت شبکه	T4 – رفع چالش‌های زیست‌محیطی و عدم سرمایه گذاری ذینفعان
	• نیاز به ابزارهای برنامه‌ریزی جدید قادر به مواجهه با پیچیدگی کامل شبکه‌های برق باشند.	T1– بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه:
دیجیتالی کردن شبکه	• مدیریت کلان داده‌ها به صورت بلادرنگ و مقیاس‌پذیر • نیاز به استفاده از استفاده از تکنیک‌های IoT، داده کاوی و HPC برای توسعه راهبردهای مدیریت دانش هوشمند	T2 – مدیریت دارایی هوشمند T20– بکارگیری اینترنت اشیا در شبکه انرژی T5 – مشاهده پذیری شبکه
	• هماهنگی و مشارکت در فعالیت‌های استانداردسازی برای ارتباطات و تبادل داده بین ذینفعان مختلف زنجیره ارزش برق.	T19– استانداردسازی و تبادل اطلاعات
	• اطمینان از امنیت فیزیکی، سایبری و پست‌های دیجیتال	T21 – امنیت سایبری
اپراتورهای شبکه	• نیاز به مدیریت و همکاری اپراتورهای شبکه انتقال	T19 – استاندارد سازی و تبادل داده

حوزه	چالش‌های آینده سیستم انتقال	نیازمندی‌های عملکردی
	• نیاز به افزایش تبادل اطلاعات بین اپراتورهای شبکه انتقال و توزیع	T5 – مشاهده پذیری شبکه T18 – مدیریت کلان داده‌ها
فناوری‌ها	• نیاز به یکپارچگی ذخیره‌سازی در تمام مقیاس‌های زمانی	T10 – ادغام ذخیره‌سازی
	• نیاز به استفاده از مواد و فن‌آوری‌های جدید برای افزایش انعطاف‌پذیری شبکه	T3 – مواد و فن‌آوری‌های جدید
یکپارچگی در سیستم انرژی	• برهمکنش‌های شبکه گاز برای ذخیره‌سازی انرژی شیمیایی. • نیاز به تجهیزات جدید جهت ادغام با شبکه گاز و حرارت برای ذخیره‌سازی انرژی و تبدیل انرژی • نیاز به طراحی انعطاف‌پذیر شبکه انرژی جهت بهینه‌سازی سیستم انرژی.	T14 – تعامل با شبکه‌های انرژی غیر الکتریکی
بازار	• اعتبارسنجی ابزارهای مبتنی بر جریان متصل به بازار • اجرای طراحی بازار برای ادغام انرژی‌های تجدید پذیر در مقیاس‌های زمانی مختلف. • بهینه سازی ادغام مراکز کنترل شبکه و بازار در همه مقیاس‌های زمانی (از دراز مدت به زمان واقعی). • ادغام بازیگران بازار جدید که خدمات سیستم را ارایه می‌کنند. • مشارکت در ارزیابی چارچوب نظارتی برای عملیات ذخیره‌سازی و ارائه پاداش مربوط به خدمات سیستم	T15– ادغام شبکه – بازار T16– مدل‌های کسب وکار T17– طراحی بازار انعطاف‌پذیر T10 – استفاده از سرویس‌های ذخیره‌سازی

جدول .Error! No text of specified style in document-٤ **ارتباط چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی سیستم انتقال**

۳-۳- نیازمندی‌های عملکردی ICT برای رفع چالش‌های سیستم توزیع (شبکه‌های LV، MV و بازار برق)

با توجه مطالب عنوان شده، چالش‌های بیان شده در سیستم توزیع را می‌توان به صورت چهار دسته زیر در نظر گرفت:

۱) مسایل مربوط به توانمندسازی مشترکین و ترویج راه‌حل‌های بهره‌وری انرژی، تحت عنوان **"مشترکین و ساختمان‌های هوشمند"** مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۲) یکپارچه‌سازی تولید متناوب و همچنین بارهای جدید تحت عنوان **" یکپارچگی تولید، تقاضا، ذخیره‌سازی و شبکه‌ها غیر متمرکز"** در نظر گرفته می‌شوند.

۳) توسعه ابزارهای مدیریت شبکه برای عملکرد بهتر شبکه توزیع نزدیک به محدودیت فیزیکی و همچنین نظارت و کنترل شبکه‌های LV و MV و بحث‌های مربوط به امنیت سایبری در دسته **"عملیات شبکه"** در نظر گرفته می‌شوند.

۴) برنامه‌ریزی و مدیریت دارایی با تاکید بر نیاز به رویکردهای برنامه‌ریزی جدید و محیط‌های شبیه‌سازی در دسته **"برنامه‌ریزی و مدیریت داده‌ها"** گنجانده می‌شوند.

نیازمندی‌های عملکردی برای هر یک از این دسته چالش‌ها در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۵ ارائه شده‌اند. در این جدول هر یک از نیازمندی‌های عملکردی با شناسه Di مشخص می‌شوند که در آن i شماره نیازمندی عملکردی است و D نشاندهنده حوزه توزیع است.

دسته چالش	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
مشترکین و ساختمان‌های هوشمند	D1	**پاسخ تقاضای فعال:** امروزه، تقاضای فعال (AD)[1] در بین مصرف کنندگان صنعتی و تا حد زیادی برای مشترکین تجاری از جمله بخش ثالث ایجاد شده است. با این حال، هنوز چالش عمده برای اجرای واکنش تقاضا فعال برای تعداد زیادی از مصرف کنندگان خانگی و تجاری کوچک وجود دارد (به طوری که به سطح انعطاف بار کافی دست یابند). در واقع باید برای کاربران دسترسی به اطلاعات در خصوص مصرف و توانایی اصلاح مصرف آنها در پاسخ به برای مثال سیگنال‌های قیمت بر مبنای زمان فراهم شود به طوری که خدمات سیستمی برای اپراتورهای شبکه توزیع از طریق بازیگران بازار جدید مانند تجمیع کنندگان و اپراتورهای ذخیره‌سازی ایجاد شود. در این خصوص پروژه‌های پایلوت و اثبات ایده، در سطح اتحادیه اروپا، جهت بررسی امکان پذیر بودن مفاهیم فوق اجرا شده اند، با این وجود سه مانع عمده برای غلبه بر کاربرد گسترده واکنش فعال وجود دارد: • سطح پایین پاداش شرکت کنندگان و نیز هزینه‌های بالای معامله که سرمایه‌گذاری برای بازیکنان بازار را هنگامی که تعداد زیادی از مشترکین کوچک درگیر هستند، دشوار می‌سازد. • قابلیت اطمینان پایین زیرساخت ICT که کاربران نهایی و بازیگران بازار و فروشندگان را به یکدیگر متصل می‌نماید. • تعاملات ناکافی بین سازنده‌ها و اپراتورهای شبکه توزیع که می‌توانند بر قابلیت اطمینان شبکه توزیع و در نتیجه کیفیت قدرت برای کاربران نهایی تاثیر بگذارد. بر این اساس اهداف مد نظر ایجاد پایلوت‌هایی در سطح توزیع جهت تست و ارزیابی AD خواهد بود. در واقع راه‌حل‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای تجمیع AD باید به سطوح انرژی متصل و ارزیابی شوند.
	D2	**بهره‌وری انرژی از طریق یکپارچه‌سازی خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند:** بهره‌وری انرژی در مناطق شهری یکی از مسائل کلیدی در آینده بخش انرژی خواهد بود چرا که بیش‌ترین مصرف انرژی (و بیشترین میزان تولید آلاینده‌های CO_2 مرتبط) برق، مرتبط با گرمایش و سرمایش و همچنین گاز در ساختمان‌ها می‌باشد. از طرفی الکتریکی شدن سیستم‌ها به طور مثال در بخش سرمایش و گرمایش و حمل و نقل پروفایل بار را در مقیاس زمانی و مکانی تغییر خواهد داد. در مقیاس شهری شبکه برق و دیگر شبکه‌ها نظیر شبکه آب، گاز و ... به یکدیگر متصل خواهند شد و در مقیاس محلی خانه‌ها و ساختمان‌های انرژی جدید با مصرف صفر (یا مثبت) که پروفایل بار را تغییر می‌دهند، ایجاد خواهند شد. لذا چالش بزرگ برای اپراتورهای شبکه توزیع ایجاد و بکارگیری راه‌حلهای شبکه هوشمند جدید برای پذیرش و مدیریت بارهای جدید است که از پیشرفت وسیع بهره‌وری انرژی در مناطق شهری حاصل می‌شوند. همچنین این تغییرات ایجاد برنامه‌های کارایی انرژی، مشارکت مشترکین نهایی در بازارهای خرده فروشی با اتصال بهتر به بازارهای عمده فروشی را ضروری می‌سازد. یک چالش دیگر در این خصوص مدیریت تبادلات ضروری بین بازیگران بازار به منظور مدیریت شبکه و پذیرش تعرفه‌های جدید که آنها را به سمت مصرف کمتر سوق می‌دهد، است. لذا هدف ایجاد فناوری‌های شبکه هوشمند در مناطق شهری و روستایی به منظور دستیابی به مجموعه اهداف دراز مدت شبکه انرژی در حوزه کارایی و بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌ها است. تحقق این هدف نیاز به هم‌کاری نزدیک بین اپراتورهای شبکه و بازیگران بازار برای بهینه‌سازی بهره‌برداری و برنامه‌ریزی شبکه با در نظر گرفتن تعاملات با دیگر شبکه‌های شهری دارد. در این خصوص نیاز به زیرساخت‌ها و فناوری‌های ارتباطی است که به مشارکت مشترکین نهایی و بازیگران بازار خرده‌فروشی امکان ارائه خدمات بهره‌وری انرژی جدید را می‌دهد.
یکپارچگی تولید، تقاضا،	D3	**ادغام منابع انرژی تولید پراکنده کوچک در شبکه ولتاژ پایین:** به طورمثال بخش قابل‌توجهی از توان خورشیدی در آینده در اروپا می‌تواند مربوط به شبکه LV (ولتاژ پایین) هم در مناطق شهری و هم در مناطق روستایی باشد. در نتیجه چالش اصلی یافتن راهی برای یکپارچه‌سازی یا ادغام منابع توزیع شده ناشی از منابع تجدیدپذیر با

[1] Active Demand

دسته چالش	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
ذخیره‌سازی و شبکه‌ها غیر متمرکز		استفاده حداکثر از دارایی‌های موجود، تجهیزات کنترلی و پایشی است. در این خصوص علی‌رغم تلاش‌های تحقیقاتی مهم انجام‌شده توسط اپراتورهای شبکه توزیع بزرگ اروپایی، ظرفیت میزبانی شبکه‌های LV آنها هنوز در بسیاری از موارد محدود است. لذا هدف اصلی، استفاده از فناری‌هایی به منظور کنترل امکان افزایش بکارگیری منابع انرژی تولید پراکنده کوچک (عمدتا خورشیدی) در شبکه LV می‌باشد. ترکیب کنترل و پایش با پیاده‌سازی سیستم‌های پیشرفته مدیریت انرژی شبکه به اپراتورهای شبکه توزیع کمک خواهد کرد تا عملکرد بهتر شبکه‌های توزیع LV با وجود تعداد زیادی از منابع انرژی تجدیدپذیر را فراهم سازند. یک زیرساخت اختصاصی ICT برای پایش و کنترل سامانه‌های خورشیدی پراکنده (یا دیگر منابع پاک) مرتبط با سطوح اجرایی مدیریت انرژی شبکه امکان کنترل فعال منابع انرژی تولید پراکنده مقیاس کوچک را فراهم خواهد کرد. در کل انجام فعالیت‌های نظیر موارد زیر باید در نظر گرفته شود: • ایجاد راه‌حل‌های مدیریت انرژی برای برقراری تعادل بار تولید شده محلی (از جمله ذخیره‌سازی انرژی، پاسخ تقاضا، و غیره) و فراهم کردن عملیات کنترل خطاها، جداسازی، مدیریت خرابی و عملیات جزیره سازی. • ایجاد مکانیزم‌های بازار برای مشارکت کاربران نهایی در بازارهای برق (توجه خاص باید بر روی نقش و تعاملات بین بازیکنان مختلف بازار متمرکز شود). • بهبود کیفیت توان، به عنوان مثال پروفایل‌های ولتاژ، هارمونیک‌ها و نوسانات توان. • ایجاد ابزارهای برنامه‌ریزی جدید که بتواند این محیط پویا را و همه اجزاء شبکه LV را شبیه‌سازی نماید. • ایجاد سوئیچ‌ها، عملگرها و سنسورهای جدید (به طور مثال تشخیص دهنده‌های خطا، سنسورهای جریان و ولتاژ که امکان ارائه راهبردهای کنترل جدید را فراهم کنند.
	D4	**ادغام منابع انرژی تولید پراکنده متوسط به سیستم ولتاژ متوسط:** بیشتر توان بادی نصب‌شده در اروپا مربوط به شبکه MV (و همچنین در برخی شبکه‌های توزیع مربوط به شبکه HV می‌باشند) و نیز تعداد قابل‌توجهی از مزارع برق خورشیدی در مقیاس بزرگ به شبکه MV متصل شده‌است (البته بیشتر واحدهای کوچک خورشیدی متصل به شبکه LV می‌باشند). افزایش تولید متناوب و پراکنده در این شبکه گسترده بر عملیات شبکه MV به طور عمده با ایجاد مشکلات پروفایل ولتاژ و مسایل مرتبط با جریان‌های قدرت معکوس و ... تاثیر می‌گذارد. در نتیجه، حفظ کیفیت توان (به عنوان مثال عملکرد ولتاژ، اعوجاج هارمونیکی و محدودیت‌های نوسانات توان) به چالش بزرگی برای اپراتورهای شبکه توزیع تبدیل شده‌است. از آنجا که سیستم‌های توزیع توان موجود برای جریان‌های قدرت تک سویه طراحی شدند، تاکنون ظرفیت محدودی برای یکپارچه‌سازی منابع تولید متناوب در شبکه MV به وجود آمده‌است. اپراتورهای شبکه هیچ دسترسی مستقیمی به واحدهای تولید انرژی ندارند و در نتیجه حفظ ولتاژ در محدوده تعریف‌شده یک چالش بزرگ باقی مانده است. افزایش ظرفیت میزبانی شبکه توزیع برای منابع انرژی تجدیدپذیر متناوب نیازمند مدیریت یکپارچه با استفاده از فن‌آوری‌های جدید است که اجازه اجرای کنترل فعال را می‌دهد. همچنین قابل ذکر است که یکپارچه‌سازی منابع انرژی تولید پراکنده محدود به توان بادی و خورشیدی نمی‌شود، به عنوان مثال CHPs و پروژه‌های آبی کوچک را نیز در بر می‌گیرد. لذا در این خصوص پروژه‌های پایلوت و آزمون ایده برای افزایش ظرفیت میزبانی شبکه‌های MV به منظور پوشش طیف کامل توپولوژی‌های ممکن و منابع جدید مورد نیاز است. هدف اصلی در نظر گرفته شده در این خصوص، مدیریت افزایش نفوذ منابع انرژی تولید پراکنده در شبکه‌های MV، پوشش طیف گسترده‌ای از ترکیبات تولید پاک و توپولوژی‌های شبکه است، در حالی که محدودیت‌های کیفیت توان در نظر گرفته شود و شبکه در محدوده پایداری قرار گیرد. کنترل فعال در ترکیب با اجرای عملیات شبکه پیشرفته و سیستم‌های مدیریت انرژی به اپراتورهای شبکه توزیع کمک خواهد کرد تا به عملکرد بهتر شبکه‌های توزیع با مقادیر زیاد منابع انرژی تولید پراکنده بپردازند.
	D5	**یکپارچه‌سازی ذخیره‌سازی در مدیریت شبکه:** رشد سریع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع، و پروفایل بار جدید (به طور مثال نفوذ خودروهای برقی و سوخت‌های برقی، استفاده‌های جدید از الکتریسته در ساختمان‌ها و

دسته چالش	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		پمپ‌های حرارتی)، منجر به مجموعه‌ای از چالش‌های مدیریت شبکه در ارتباط با بالانس بار- تولید، کیفیت توان، مدیریت تراکم و تلفات شبکه شده‌است. بسیاری از فعالیت‌های تحقیقاتی اپراتورهای شبکه توزیع در خصوص یافتن راه حل و ارزیابی مجموعه گزینه‌های انعطاف‌پذیری توپولوژی شبکه، تولید، و غیره می‌باشند. ذخیره‌سازی یکی از گزینه‌های انعطاف‌پذیری است که باید براساس فناوری‌ها و کارکردهای پیش‌بینی شده ارزیابی شود. لذا هدف اصلی، تعیین، شبیه‌سازی و راه‌اندازی روشهای اثبات ایده‌هایی است که به بازیگران بازار و بهره‌برداران شبکه کمک کند تا ارزش افزوده واقعی (فنی و اقتصادی) ذخیره‌سازی را در عملیات سیستم قدرت (انعطاف‌پذیری و خدمات سیستم) ارزیابی کنند. این روش‌های شبیه‌سازی و طرح‌های اثبات ایده‌ها باید شامل بررسی مدل‌های کسب وکار نوآورانه و توصیه‌هایی در مورد چارچوب قانونی لازم نیز باشند. از جمله فعالیتهای تحقیقاتی که پیش‌بینی می‌شود باید بر روی آنها در این خصوص تمرکز شود می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: • چارچوب قانونی برای عملیات ذخیره‌سازی، ارزیابی و پاداش مربوطه برای ارایه خدمات سیستم. •زیرساخت ICT برای اتصال (نظارت و احتمالاً کنترل از راه دور) دستگاه‌های ذخیره‌سازی به شبکه و / یا منابع مدیریت مشترکین مختلف. •پروتکل‌های ارتباطی استاندارد بین دستگاه‌های ذخیره‌سازی و اینورتر • ابزارهای شبیه‌سازی برای ارزیابی بهتر پروفایل‌های چرخه مربوط به برنامه‌های کاربردی و مدل‌های کسب‌وکار که امکان برآورد دقیق طول عمر (و حالت‌های شکست) دستگاه ذخیره‌سازی را نیز ارائه می‌دهند. • انجام فعالیتهای تحقیقاتی برای فهم پویایی پیچیده سیستم قدرت با نفوذ زیاد الکترونیک قدرت (واسطهای برای یکپارچه‌سازی ذخیره سازی)
	D6	**زیرساخت برای میزبانی الکتریکی شدن در بخش حمل و نقل:** با وجود اینکه تولیدکنندگان اصلی خودرو امروزه خودروهای هیبریدی و خودروهای برقی کامل را ارائه می‌دهند، اما قابلیت استفاده برای کاربران نهایی بخش خصوصی هنوز بسیار محدود است. در واقع نقش و اثر خودرو برقی، بر روی شبکه‌های توزیع (و در نتیجه شبکه‌های انتقال) باید به دقت برای اپراتورهای شبکه و دراندگان خودرو برقی مورد ارزیابی قرار گیرد. به طور مثال برای اپراتورهای شبکه توزیع، اثرات ایجاد شده توسط گزینه‌های شارژ مختلف در ایستگاه‌های شارژ در شبکه LV (شارژ کند، شارژ سریع و غیره) به عنوان یکی از مسائل مهم باید مرتفع شود زیرا که مشکلات کیفیت توان و اضافه بار را ممکن است ایجاد کند و برای دارندگان خودرو برقی به طور مثال در دسترس بودن گزینه‌های شارژ با راه حل‌های استاندارد (plugs، صدور صورت‌حساب و غیره) باید مورد ارزیابی قرار گیرد. لذا هدف اصلی مد نظر در این خصوص ارزیابی تاثیر سیستم‌های الکتریکی حمل و نقل (عمدتا خودرو برقی) بر روی شبکه‌های توزیع از دیدگاه برنامه‌ریزی، عملیات و طراحی بازار است. یکپارچه سازی تعداد زیادی خودرو برقی و حمل و نقل برقی در شهرها اگرچه می‌تواند اجازه کنترل بار (شکل دهی بار) و خدمات سیستم (را با استفاده از ذخیره‌سازی توزیعی با کاربردهای V2G[1]) فراهم آورد ولی در عین حال می‌تواند منجر به اضافه بار و مسایل کیفیت توان (پروفیل ولتاژ و هارمونیک‌های مربوطه) شود. به همین دلیل ایجاد تکنیک‌های کنترل جدید برای فن‌آوری شارژ (مدیریت شارژ هوشمند خودرو برقی) به منظور بهینه‌سازی یکپارچگی انرژی منابع تجدیدپذیر (خورشیدی و تا حدی باد) با جمع آوری تقاضای برق خودرو برقی الزامی می‌باشد. همچنین در این خصوص روش‌های مدیریت بار هوشمند که الگوهای منحصر به فرد هر کاربر را بر اساس ویژگی‌های وسایل نقلیه خاص و زیرساخت ICT باید در نظر بگیرند مورد نیاز می‌باشد. ایجاد راه حل‌های شارژ هوشمند مانند مدیریت متمرکز ایستگاه‌های شارژ وسایل نقلیه نیز یکی دیگر از اهداف مد نظر است. همچنین از دیگر اهداف مد نظر در این خصوص می توان به موارد زیر اشاره نمود:

[1] vehicle-to-grid

دسته چالش	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		• سرویس‌های اطلاعات EVSE: ارایه یک سرویس اطلاعاتی که به کاربر خودرو برقی در مورد EVSE نزدیک یا در مقصد اطلاع رسانی نماید. • ادغام خودروهای برقی در نیروگاه‌های توان مجازی: مقدار مشخصی از خودروهای برقی برای یک کارخانه برق مجازی برای داشتن یک مقیاس اقتصادی باید در نظر گرفته شوند. یک خودرو برقی واحد تاثیری بر پایداری شبکه ندارد و تعداد مشخصی خودرو برقی برای بدست آوردن ظرفیت ذخیره‌سازی برای کنترل شبکه ضروری است.
	D7	**ادغام با دیگر شبکه‌های انرژی:** کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تولید انرژی از منابع انرژی تجدیدپذیر از اهداف بلند مدت شبکه انرژی آتی خواهد بود. برای بخش برق، این اهداف نشان‌دهنده یکپارچگی عظیم انرژی بادی و خورشیدی است، در نتیجه نیازمند گزینه‌های انعطاف‌پذیری است تا تعادل شبکه برقرار شود. گزینه‌های انعطاف‌پذیری زیادی وجود دارند که به طور مثال می‌توان به مدیریت تقاضا و پاسخ تقاضا، انرژی تجدید پذیر انعطاف‌پذیر، تولید حرارتی انعطاف‌پذیر و ذخیره‌سازی اشاره نمود. به منظور ارائه گزینه‌های بیشتر، ساختار سیستم انرژی باید یکپارچه شود لذا نیاز به بکارگیری گزینه ای انعطاف‌پذیر به طور مثال از طریق ذخیره‌سازی انرژی شیمیایی و حرارتی در مقیاس بزرگ وتبدیل آن به انرژی الکتریکی با استفاده از اتصال شبکه‌های توزیع برق با شبکه‌های گرمایش و سرمایش (ذخیره‌سازی حرارتی) و شبکه‌های گاز (ذخیره‌سازی شیمیایی) است. اگرچه در حال حاضر در برخی از کشورها اتصال شبکه گاز با برق با استفاده از فناوری‌های گاز به توان به صورت پایلوت وجود دارد. ولی یک چالش عمده برای اپراتورهای شبکه مطالعه و اثبات مسائل مرتبط با اتصال شبکه‌های توزیع برق با دیگر شبکه‌های انرژی است. لذا هدف اصلی مد نظر در این خصوص اثبات گزینه‌های انعطاف‌پذیری ارایه‌شده (اتصال و ادغام شبکه توزیع برق با سایر شبکه‌های انرژی) است که می تواند به اپراتورهای شبکه توزیع کمک کند تا عملکرد بهتری با شبکه با نفوذ بالای تولید متناوب داشته باشند.
عملیات شبکه	D8	**نظارت و کنترل بر شبکه LV:** در حال حاضر، شبکه‌های توزیع بزرگ اروپایی در حال توسعه فن‌آوری‌های پایش و اتوماسیون پیشرفته به منظور نظارت بهتر و راه‌اندازی بهتر شبکه‌های LV توزیع می‌باشند. نظارت بر شبکه ولتاژ پایین (LV) در ارتباط با بهینه‌سازی جریان بار در سطح محلی، تشخیص خطا، کیفیت توان (ولتاژ و هارمونیک) و بهینه‌سازی عملیات نگهداری در یک محیط درحال تکامل است. اگرچه تا کنون پروژه‌های مختلفی در سطح اروپا در این خصوص انجام شده است ولی با این حال، مدرن‌سازی شبکه‌های توزیع LV در کشورهای پیشرفته هنوز یک فرآیند جاری است که در حال حاضر نیازمند توسعه بیشتر روش‌های مدیریت و کنترلی جدید است. علیرغم تلاش شبکه‌های توزیع بزرگ اروپایی، شبکه‌های LV اروپایی هنوز اغلب از طریق پایش کلی شبکه و ولتاژ در ترانسفروماتورهای MV/LV، با دانش نسبتاً ضعیف از توپولوژی، و تعداد ابزار کم برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری شبکه مدیریت می‌شوند. لذا هدف اصلی اپراتورهای شبکه توزیع تجهیز و آزمایش شبکه LV با تجهیزات انتقال و تجهیزات کنترل و پایش MV است. در این خصوص هنوز نیاز به اجرای طرح‌های اثبات ایده در خصوص شرایط عملیات واقعی و یافتن راه‌حل‌های جدید برای بهبود پایش و کنترل کل شبکه توزیع با هزینه مقرون به صرفه می‌باشد. بنابراین نیاز به روش‌های بهینه جهت جمع‌آوری داده بین شبکه‌های توزیع و تهیه‌کنندگان سرویس و همچنین بهینه‌سازی مدیریت و در خصوص قطع برق نیاز به تشخیص سریع مکان خطا، ایزوله‌سازی زمانی و بازیابی بخش‌ها مختلف به منظور مدیریت قطعی برق بهتر است.
	D9	**اتوماسیون و کنترل شبکه MV:** اگرچه ابزارهای پایش، اتوماسیون و تجهیزات کنترلی (شامل سیستم‌های رباتیکی جدید) شبکه ولتاژ متوسط (MV) و همچنین نرم‌افزار کنترل دیسپاچینگ توزیع، در حاضر قابل دسترس هستند و اخیراً در جهت مدیریت هوشمند (اتوماسیون شبکه‌ای و راهکارهای کنترلی) به منظور مدیریت محلی شبکه MV سرمایه‌گذاری‌های انجام شده است. همچنین چندین کشور عضو اتحادیه اروپا مقادیر زیادی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر متناوب (به‌ویژه سامانه‌های خورشیدی و بادی) را در شبکه‌های MV خود به هم متصل کرده‌اند، مشابه

دسته چالش	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		آنچه در LV انجام شده است که به افزایش نوسانات تولید الکتریسیته منجر شده است و مستقیماً بر کیفیت توان تاثیر گذاشته است. اما همچنان یک چالش بزرگ برای شرکت‌ها تجهیز کامل شبکه‌های MV با فناوری‌های پایش، اتوماسیون جدید به‌منظور پایش و مدیریت شبکه است و هدف اصلی اپراتورهای شبکه توزیع تجهیز و تست شبکه MV با تجهیزات کنترل وپایش پیشرفته است که باید تحت شرایط عملیاتی واقعی و در مقیاس بزرگ، این مجموعه یکپارچه از راه‌حل‌های جدید برای بهبود اتوماسیون شبکه MV و کنترل عملیات و نگهداری تمام شبکه‌های توزیع به منظور ادغام بهتر انرژی‌های تجدید پذیر و بارهای جدید مورد آزمایش قرار گیرد.
	D10	**پردازش اطلاعات کنتور هوشمند و دیگر کاربردهای کلان داده:** علاوه بر موضوع کنتورهای هوشمند، افزایش پایش و نیازهای تبادل اطلاعات در شبکه‌های توزیع منجر به ایجاد دیتا بیس با مقیاس بزرگی از داده‌هایی خواهد شد که باید در برخی کاربردها بلادرنگ مدیریت شوند، در عین حال حریم خصوصی و امنیت داده‌ها باید تضمین شده باشد. مشابه با بخش‌های بانکداری یا مخابرات است، هیچ تجربه قابل‌توجهی در کاربردهای کلان داده در بخش برق وجود ندارد. چالشی که با رشد حجم، سرعت و تنوع داده‌ها ایجاد می‌شود باید برطرف شود. حجم و سرعت داده‌های تولید شده با فاصله کوتاه به عنوان مثال داده‌های کنتور هوشمند، می‌تواند زیرساخت‌های فن‌آوری اطلاعات موجود را تحت الشعاع قرار دهد. هزینه‌های ذخیره‌سازی داده‌های حاصل ممکن است به دلیل افزایش حجم داده و الزامات نگهداری با فناوری‌های پایگاه‌داده‌ای سنتی بسیار بالا باشد. برنامه‌های کلان داده و الگوریتم استخراج داده به بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع و پیاده‌سازی شبکه‌های توزیع هوشمند و مدیریت بارهای متغیر جدید با تولید متناوب (عمدتا خورشیدی و توان بادی) کمک خواهند کرد. در حالی که دسترسی شفاف و غیر تبعیض‌آمیز را برای همه بازیگران بازار (خرده فروشان، تجمیع کنندگان و غیره) ایجاد می کنند. لذا راه‌حل‌های مقیاس پذیر برای رسیدگی به مسائل مدیریت کلان داده‌ها در سیستم‌های توزیع برق باید توسعه داده شوند، که بر استانداردسازی مدل‌های داده، روش‌ها و ابزارهایی برای ذخیره‌سازی داده‌ها، تکنیک‌های داده کاوی، و راه‌حل‌های ویرایش داده اشاره دارند. در دسترس بودن این راه‌حل‌ها کلید توسعه الگوریتم‌های داده کاوی برای همه ذینفعان سیستم توزیع است. برای اپراتورهای شبکه توزیع، راه‌حل‌های مدیریت داده مرتبط با تکنیک‌های داده کاوی مدرن، امکان بهینه‌سازی شبکه (بهینه‌سازی جریان قدرت، تشخیص خطا، کیفیت توان، ظرفیت میزبانی منابع انرژی تولید پراکنده، مدیریت دارایی) را فراهم می‌آورد. همچنین برای دیگر بازیکنان بازار، فرصت‌های تجاری جدیدی را ایجاد خواهد کرد.
	D11	**امنیت سایبری (رویکرد سیستمی):** زیرساخت‌های ICT در شبکه‌های قدرت به صورت فراگیر مورد استفاده خواهند بود. اگرچه دیجیتالی شدن کامل شبکه توزیع (ایستگاه‌های فرعی دیجیتال، کنتورهای هوشمند، سیستم‌های نظارت)، فرصت‌های جدیدی را برای مدیریت دارایی به ارمغان می‌آورد. اما تهدیدات جدیدی در ارتباط با امنیت سایبری ایجاد خواهد نمود. در مقایسه با شبکه‌های انتقال، چالش‌های مرتبط با امنیت سایبری در حوزه توزیع از یک منظر دیگر یعنی کنتورهای هوشمند مورد توجه هستند. اتصال کاربران نهایی به کنتورهای هوشمند تهدیدات جدیدی را از نظر حفاظت از داده‌ها و دسترسی احتمالی از طریق زیرساخت‌های ICT به مراکز کنترل شبکه توزیع از طریق این نقاط ارتباطی ایجاد می‌کند. بنابراین امنیت سایبری از موضوعات اساسی در شبکه توزیع است و شامل حفاظت از تمام سیستم‌های ICT در پاسخ به دسترسی فیزیکی و دسترسی از طریق زیرساخت‌های ICT است. هدف اصلی در این خصوص، تهیه نقشه و ارزیابی مسایل امنیت سایبری برای شبکه توزیع و ارائه راهکارهایی برای کاهش این ریسک‌ها به صورت ایده‌آل به منظور حل مساله به صورت سیستماتیک می‌باشد.
برنامه‌ریزی و مدیریت دارایی	D12	**ابزار و روش‌های برنامه‌ریزی جدید:** محیط رشد سریع سیستم‌های قدرت و به ویژه شبکه‌های توزیع (تولید پراکنده متناوب، بارهای جدید، فن‌آوری‌های نوین الکترونیک قدرت و فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات) فرآیند برنامه‌ریزی را به طور قابل‌توجهی تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. در نتیجه، روش‌های جدیدی برای پشتیبانی از فرآیند تصمیم‌گیری حاصل از بهینه‌سازی سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملیاتی پایین، کاهش تلفات توان و همچنین افزایش قابلیت اطمینان و کیفیت توان مورد نیاز است. مساله برنامه‌ریزی بهینه توسعه شبکه توزیع، (به دلیل محیط به سرعت

دسته چالش	شناسه	نیازمندی‌های عملکردی
		در حال رشد) و فعالیت چند معیاره با تعداد زیادی از متغیرها، که بیشتر آن‌ها غیرقطعی هستند (متغیرهای تصادفی)، پویا است. بنابراین به الگوریتم‌های ریاضی و محاسباتی پیشرفته نیاز است. ابزارهایی که در حال حاضر وجود دارند برای مدل‌سازی جریان‌های قدرت در شبکه‌های توزیع، همراه با شاخص‌های تلفات شبکه و قابلیت اطمینان، و بهینه کردن سرمایه‌گذاری‌ها با استفاده از الگوریتم‌های شناخته‌شده عمل می‌کنند. با این حال، این ابزارها قادر به در نظر گرفتن پیچیدگی‌های فزاینده بیان‌شده در بالا، برای مثال درجات آزادی که توسط الکترونیک قدرت، تقاضای فعال، ذخیره‌سازی و احتمالاً لینک‌های DC ایجاد می شوند، نیستند. بنابراین، رویکردهای برنامه‌ریزی جدید برای یکپارچه‌سازی تصویر کامل شبکه‌های توزیع در آینده، ابعاد بازار و نیز داده‌های موجود مورد نیاز است. لذا هدف نهایی مد نظر توسعه نسل جدیدی از ابزارهای برنامه‌ریزی است که قادر به ارائه محیط سریع تکاملی شبکه‌های توزیع باشند.
	D13	**مدیریت دارایی:** محیط در حال تکامل سیستم توزیع، پروفایل‌های چرخه دارایی‌های جاری را تغییر می‌دهد. بارهای جدید (به عنوان مثال ذخیره‌سازی انرژی، برق‌رسانی به حمل و نقل و کاربردهای جدید در ساختمان‌ها) و کنترل بار (به عنوان مثال پاسخ تقاضا) همچنین تولید متناوب (به عنوان مثال نیروی باد و نیروی خورشیدی) باعث تغییر در شرایط عملیاتی دارایی‌های می‌شوند، دارایی‌هایی که در اصل برای جریان‌های قدرت پایدار و یک طرفه طراحی شده‌اند. بنابراین، نقش مدیریت دارایی در کنترل هزینه‌ها اهمیت بیشتری برخوردار شده است. خوشبختانه، تکامل و نسل‌های جدید سیستم‌های پایش، کنترل و اتوماسیون شبکه‌های توزیع و نیز تکنیک‌های داده کاوی برای اپراتورهای شبکه توزیع راه‌حل جدیدی را به منظور برآورد بهتر و بهینه‌سازی طول عمر تجهیزات و حرکت از سمت تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی‌شده به تعمیر و نگهداری بر حسب شرایط به وجود آورده است. این امر به نوبه خود برای اپراتورهای شبکه این امکان را فراهم می‌آورد تا منابع مورد نیاز جهت تعمیر نگهداری را برای دارایی‌هایی که بیش‌ترین ریسک (نگهداری مبتنی بر ریسک) را دارند، صرف و در این خصوص اولویت‌بندی نمایند. با این حال، پیاده‌سازی پایش (حسگرها)، کنترل از راه دور و اتوماسیون (عملگرها) و نیز زیرساخت ICT به حفظ این دارایی‌های جدید کمک می‌نماید. در این خصوص هدف اصلی فراهم کردن روش‌ها و ابزارهایی برای بهینه‌سازی هزینه‌های سالیانه عملیات و نگهداری با حرکت از سمت نگهداری برنامه‌ریزی‌شده به سمت تعمیر و نگهداری مبتنی بر ریسک است. که این موضوع سبب افزایش طول عمر دارایی‌ها شده در حالیکه زمان قطع خدمات را کاهش داده و ایمنی را تضمین می‌کند.

جدول .Error! No text of specified style in document-۵ **نیازمندی‌های عملکردی حوزه توزیع**

ارتباط نیازمندی‌های عملکردی چالش‌های سیستم توزیع در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۶ ارائه شده است.

حوزه	چالش‌های آینده سیستم توزیع	نیازمندی‌های عملکردی
تولید	• مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه و نیاز به توسعه ابزارها و روش‌هایی جهت بهبود کیفیت و طرح‌های بازیابی	D8 – نظارت و کنترل شبکه LV D9 – اتوماسیون و کنترل شبکه MV
	• نیاز به پیش‌بینی بار دقیق	D3 – ادغام منابع انرژی تولید پراکنده کوچک در شبکه توزیع D8 – پایش و کنترل شبکه LV D9 – اتوماسیون و کنترل شبکه MV

حوزه	چالش‌های آینده سیستم توزیع	نیازمندی‌های عملکردی
	• نیاز به ایجاد راه‌حل‌های سخت‌افزار و نرم‌افزار برای میزبانی از انرژی‌های تجدید پذیر در شبکه MV و LV (پایش، اتوماسیون و کنترل)	D8 – پایش و کنترل شبکه LV D9 – اتوماسیون و کنترل شبکه MV
	• طراحی شبکه انعطاف‌پذیر برای اطمینان از کیفیت و امنیت برق رسانی	D1 – پاسخ تقاضای فعال به اتوماسیون و کنترل شبکه MV
بار	• پیش‌بینی موثر تقاضا (بارهای خانگی که برای بارهای جدید و فعالیت‌های پاسخ تقاضا بازیگران بازار جدید در نظر گرفته می‌شوند)	D1 –پاسخ تقاضای فعال
	• پیش‌بینی و برنامه‌ریزی تاثیر برق‌رسانی به بخش‌های ساختمان و حمل و نقل در شبکه برق (تجهیزات جدید در سطح توزیع به خصوص در مناطق شهری).	D2 – بهره‌وری انرژی از طریق یکپارچه‌سازی انرژی خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند D6 – زیرساخت لازم برای خودرو برقی و هیبریدی و برق‌رسانی به خودروهای برقی
	• تبادل اطلاعات از طریق کنتور هوشمند جهت تغییر مصرف کنندگان غیرفعال به فعال	D2 – بهره‌وری انرژی از طریق یکپارچه‌سازی انرژی خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند
	• بهینه‌سازی استفاده از دارای‌های موجود با استفاده از فناوری‌های جدید	D13 –مدیریت دارایی
زیرساختهای شبکه	• نیاز به طراحی شبکه انعطاف‌پذیر در سطح انتقال و توزیع با استفاده از فن‌آوری‌ها و مواد جدید	D3– ادغام منابع انرژی تولید پراکنده کوچک با شبکه توزیع
	• نیاز به ابزارهای برنامه‌ریزی جدید که قادر به مواجهه با پیچیدگی کامل شبکه‌های برق باشند.	D12 – ابزارها و روش‌های برنامه‌ریزی جدید
دیجیتال شدن شبکه	• مدیریت کلان داده‌ها به صورت مقیاس‌پذیر و بلادرنگ	D10 – پردازش داده کنتور هوشمند و دیگر کاربردهای کلان داده
	• استفاده از تکنیک‌های داده کاوی و IoT (کلان داده‌ها) برای توسعه راهبردهای مدیریت دارایی هوشمند	D13 – مدیریت دارایی
	• هماهنگی و مشارکت در فعالیت‌های استاندارد برای تبادل داده بین ذینفعان مختلف زنجیره ارزش برق	D1 – پاسخ به تقاضای فعال
	• اطمینان از امنیت فیزیکی و سایبری، پست‌های دیجیتال	D11 – امنیت سایبری
اپراتورهای شبکه	• نیاز به افزایش تبادل اطلاعات بین اپراتورهای شبکه انتقال و توزیع	D1 – پاسخ تقاضای فعال D4 – ادغام منابع انرژی تولید پراکنده متوسط با سیستم توزیع و انتقال D9 – اتوماسیون و کنترل شبکه MV
	• نیاز به استانداردسازی پروتکل‌ها و مدل‌های داده و قابلیت همکاری سیستم‌ها	D10 – پردازش داده کنتور هوشمند و دیگر کاربردهای کلان داده
	• شتاب دادن به توسعه مقیاس بزرگ و اعتبارسنجی راه‌حل‌های پیشرفته اتوماسیون و کنترل	D8 – نظارت و کنترل شبکه LV D9 – اتوماسیون و کنترل شبکه MV

حوزه	چالش‌های آینده سیستم توزیع	نیازمندی‌های عملکردی
فناوری‌ها	• نیاز به یکپارچگی ذخیره‌سازی در تمام مقیاس‌های زمانی و ارزیابی ارزش واقعی سیستم‌های ذخیره مقیاس متوسط در عملیات‌های شبکه با استقرار اثباتهای واقعی	D5 – ادغام ذخیره‌سازی در مدیریت شبکه
یکپارچگی در سیستم انرژی	• نیاز به تجهیزات جدید جهت ادغام با شبکه گاز و حرارت برای ذخیره‌سازی و تبدیل انرژی • نیاز به طراحی انعطاف‌پذیر شبکه انرژی جهت بهینه‌سازی سیستم انرژی	D7 – ادغام با دیگر شبکه‌های انرژی
بازار	• ادغام بهینه بازار و عملیات شبکه در تمام مقیاس‌های زمانی (از بلند مدت تا زمان واقعی)؛ • بازیگران جدید در بازارهای عمده‌فروشی و خرده فروشی • اتصال مجدد بازار عمده‌فروشی و خرده‌فروشی • مکانیزم‌های بازار برای انعطاف‌پذیری، بهره‌وری انرژی و پاسخ تقاضا • ترغیب مشترکین به شرکت در بازارهای برق از طریق بازیگران جدید بازار	کلیه اهداف عملکردی دسته ادغام مشترکین هوشمند و ساختمان‌های کلیه اهداف عملکردی دسته یکپارچگی تولید، تقاضا، ذخیره‌سازی و شبکه غیر متمرکز کلیه اهداف عملکردی دسته عملیات‌های شبکه

جدول .Error! No text of specified style in document–**٦– ارتباط چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی سیستم توزیع**

فصل ٤

چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی حال حاضر صنعت برق کشور براساس نظر سنجی از خبرگان

۴-۱- مقدمه فصل ۴

برای تعیین نهایی نیازمندهای عملکردی دو روش در پیش گرفته شده است:

۱- مطالعات نقشه راه تحقیق و نوآوری ICT صنعت برق کشورهای پیشرفته (فصل های ۱، ۲ و۳)

۲- نظر سنجی از خبرگان (فصل حاضر)

بخش دوم کار (نظرسنجی از خبرگان) برگرفته از فعالیت‌های انجام شده در پروژه "تهیه برنامه استراتژیک گروه نرم‌افزار، داده و شبکه" می‌باشد که در آن افراد متخصص و خبره در حوزه‌ها شناسایی شده و پنل تخصصی متشکل از این افراد برپا شد. نتایج بررسی‌های انجام شده در قالب جدول **No text of specified style in document.** !Error-۷ تا جدول **No text of specified style in document.** !Error-۱۰ ارائه می‌شوند [۹].

۴-۲- چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی حوزه تولید از دیدگاه خبرگان

در این بخش چالش‌ها و نیازمندی‌های حوزه تولید برای محور فنی و تجهیزات و محور زیست‌محیطی بر اساس نظر سنجی از خبرگان ارائه خواهد شد.

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	نیازمندی‌های عملکردی
- مرکز اطلاعات یکسان و یکپارچه (یکپارچه‌سازی اطلاعات نیروگاه‌ها جهت امکان کنترل و مانیتورینگ مرکزی)	- امکان مانیتورینگ و کنترل نیروگاه از راه دور	- امکان یکپارچه‌سازی اطلاعات جهت دسترسی به اطلاعات کلیه نیروگاه‌ها به صورت مرکزی (فراهم‌آوردن واسط دسترسی از راه دور به اطلاعات) - فراهم‌اوردن امکان پایش و اعتبارسنجی داده‌های واحدهای تولیدی جهت به روزرسانی اطلاعات - مشاهده‌پذیری و کنترل پذیری شبکه انتقال
- ورود تجهیزات مدرن به شبکه	- عدم دسترسی به اطلاعات واقعی تولید	- پایش اطلاعات منابع تولید پراکنده - فراهم نمودن امکان billing - فراهم نمودن امکان برنامه‌ریزی انرژی - بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه
- امکانات شبیه سازی	- عدم دسترسی به اطلاعات یکپارچه کل نیروگاه‌ها جهت کنترل و مانیتورینگ مرکزی	- استفاده از امکانات شبیه‌سازی - بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه - کنترل‌پذیری شبکه انتقال
- مدیریت انرژی • سطح نیروگاه • سطح شبکه		- توسعه سامانه‌های نرم‌افزاری مدیریت انرژی در سطح داخل نیروگاهی - بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه - کنترل‌پذیری شبکه انتقال

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	نیازمندی‌های عملکردی
– مدیریت اتوماتیک تولید(AGC[1])		– فراهم آوردن امکان ارسال فرمان کنترلی در بستر مخابراتی – تقویت سیستم کنترلی نیروگاه‌های مورد نظر – بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه – کنترل‌پذیری شبکه انتقال
– تغییرات اقلیمی و ریزگردها	– تغییرات اقلیمی افت سطح آبهای زیرزمینی و کاهش آبهای مورد نیاز نیروگاه و کاهش تولید افزایش دما سبب کاهش تولید یا خروج واحد کاهش دما باعث استفاده از سوخت دوم و افزایش آلاینده‌ها می‌شود – ریزگردها (به ویژه در واحدهای گازی) مشکل در زمینه فیلترها و خروج واحدها – افزایش هزینه تعمیرات	– استفاده از نانوفیلترها و تجهیزات پیشگیرانه – استفاده از روش‌های خنک کننده کمکی – رفع چالش‌های زیست‌محیطی و عدم سرمایه گذاری ذینفعان – استفاده از فن‌آوری‌ها و مواد جدید – مدیریت دارایی

جدول .Error! No text of specified style in document–**۷- چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه تولید از دیدگاه خبرگان**

۳-٤- چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی حوزه انتقال از دیدگاه خبرگان

در این بخش چالش‌ها و نیازمندی‌های حوزه انتقال برای محور فنی و تجهیزات و محور زیست‌محیطی بر اساس نظر سنجی از خبرگان ارائه خواهد شد.

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	نیازمندی‌های عملکردی
– فرسودگی شبکه	– خوردگی تجهیزات خط – خوردگی تجهیزات پست	– دسترسی به اطلاعات شبکه شامل مشخصات، عملیات نگهداری و تعمیر – مدیریت دارایی هوشمند
– محدودیت خطوط شبکه	– پرشدگی خطوط	– افزایش سطح ولتاژ – تغییر طراحی شبکه – دسترسی به اطلاعات جهت مانیتورینگ خط – مشاهده‌پذیری شبکه انتقال – بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه – رفع چالش‌های زیست‌محیطی و عدم سرمایه گذاری ذینفعان

[1] Automatic Generation Control

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	نیازمندی‌های عملکردی
– مانیتورینگ و کنترل شبکه انتقال و فوق توزیع	– عدم پوشش مناسب و کامل شبکه فوق توزیع – مدیریت انرژی (EMS)	– دسترسی به اطلاعات شبکه در سطح فوق توزیع – دسترسی به اطلاعات شبکه در سطح منطقه – مشاهده‌پذیری وکنترل پذیری شبکه انتقال
– امکانات شبیه‌سازی	– عدم دسترسی به سیستم‌های شبیه‌ساز جهت تحلیل شبکه و مدیریت انرژی	– دسترسی به امکانات شبیه سازی – بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه
– مدیریت دارایی ها	– عدم وجود مرکز اطلاعات یکسان و یکپارچه برای شبکه انتقال	– دسترسی به اطلاعات تجهیزات – مدیریت دارایی هوشمند
– مدیریت دانش	– ایجاد مرکز دانش انتقال – مبادله و اشتراک دانش انتقال	– تولید و توسعه سامانه‌های مربوط به مدیریت دانش (جهت نگهداری سوابق مربوط به تجهیزات، رویدادها و... در شبکه) – مدیریت دارایی هوشمند
– امنیت و پدافند غیرعامل		– بومی‌سازی سامانه‌های مراکز کنترل، پست‌های توزیع و فوق توزیع – فراهم آوردن رویه‌ها و ابزارهای تست امنیتی سیستم‌های سایبری و تجهیزات – فراهم آوردن امکان اخذ گواهی‌های امنیتی معتبر برای تست و اعتبارسنجی امنیتی سیستم‌های نرم‌افزاری و تجهیزات – فراهم آوردن امکان انجام تست‌های کیفی (غیرعملکردی) در حد مطلوب برای دستیابی به سطوح مناسبی از اهداف امنیتی – برقراری امنیت سایبری
– تغییرات اقلیمی و ریزگردها	– افزایش نرخ خروج تجهیزات و مشکلات در شبکه – استهلاک بالای تجهیزات	– امکان پیش‌بینی تاثیرات حاصل از وقوع تغییرات اقلیمی بر شبکه – مقاوم‌سازی تجهیزات و اقدامات اصلاحی در برابر وقوع تغییرات (مانند مسقف سازی، شستشوی تجهیزات و...) – اصلاح طرح‌های حفاظتی برای مقابله با تاثیرات – امکان پایش تجهیزات و جمع آوری اطلاعات – مشاهده‌پذیری شبکه – مدیریت دارایی – بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه

جدول .Error! No text of specified style in document–**۸– چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه انتقال از دیدگاه خبرگان**

٤-٤- چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی حوزه توزیع از دیدگاه خبرگان

در این بخش چالش‌ها و نیازمندی‌های حوزه توزیع برای محور فنی و تجهیزات و محور زیست‌محیطی بر اساس نظر سنجی از خبرگان ارائه خواهد شد.

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	نیازمندی‌های عملکردی
–عدم دسترسی به جزئیات اطلاعات شبکه	– عدم مشخص بودن مشخصات فنی خطوط	– اصلاح ساختار و طراحی شبکه – نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV
– پیک مصرف	– پیک زدایی	– تهیه و توسعه سیستم های مدیریت و کنترل بار – پیش بینی مصرف – پاسخ تقاضای فعال
– خاموشی	– تشخیص محل دقیق خطا	– اصلاح ساختار و طراحی شبکه – تعیین مشخصات فنی خطوط (در حال حاضر فقط در بخشی از شبکه در خطوط ۶۳ امکان پذیر است) – نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV
– تلفات شبکه	– تلفات فنی – تلفات غیر فنی	– مدیریت تجهیزات شبکه – زیرساختار اندازه گیری هوشمند – پردازش اطلاعات کنتور هوشمند و دیگر کاربردهای کلان داده
– مدیریت دارایی ها	– فرسودگی شبکه	– نگهداری تجهیزات شبکه – مدیریت دارایی
– مدیریت مصرف	– پیش بینی نیاز مصرف – افزایش بی رویه مصرف – پایش اطلاعات الگوی مصرف مشترکین برق	– پایش الگوی مصرف مشترکین – فرهنگ سازی – اطلاع رسانی – پاسخ تقاضای فعال
– مدیریت و مانیتورینگ انرژی بصورت یکپارچه	– مرکز اطلاعات یکسان و یکپارچه – پروتکل‌های استاندارد در زمینه انتقال داده	– یکپارچه‌سازی نرم‌افزارها در شرکت‌های توزیع – برداشت اطلاعات جامع و به روز شبکه – تهیه پروتکل‌ها و دستورالعمل‌های لازم برای برداشت اطلاعات شبکه – ارسال اطلاعات شبکه به صورت سیستماتیک و توسط پروتکل‌های ارتباطی استاندارد به مرکز یکپارچه پردازش اطلاعات کنتور هوشمند و دیگر کاربردهای کلان داده استاندارد سازی و تبادل داده
– ورود تجهیزات مدرن به شبکه	– منابع تولید پراکنده (ورود، خروج، حفاظت، مانیتورینگ و ...) – اتصال‌خودروهای برقی به شبکه	– پایش اطلاعات منابع تولید پراکنده – فراهم نمودن امکان billing – فراهم نمودن امکان برنامه‌ریزی انرژی – کنترل ورود خودرو برقی – مدیریت اندازه‌گیری مصرف خودرو برقی – بهره‌وری انرژی از طریق یکپارچه سازی انرژی خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند – زیرساخت لازم برای خودرو برقی و هیبریدی و برق‌رسانی به خودروهای برقی – نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV
– پایش و کنترل شبکه (بهره‌برداری شبکه)		– نیاز به تجهیزات مخابراتی جهت پوشش پایش و کنترل شبکه به سطح شبکه فشار ضعیف

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	نیازمندی‌های عملکردی
		– یکپارچه‌سازی سیستم‌های پایش شبکه در سطوح مختلف (مانند سطح ۲۰ کیلوولت) – نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV
–تحلیل شبکه (مطالعات شبکه)	– در سطح شبکه توزیع به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی از شبکه به طور کلی و به سهولت انجام نمی‌شود.	– ارائه راهکار مناسب جهت برداشت اطلاعات به روز شبکه – فراهم آوردن امکان تبادل داده‌ای میان سیستم‌های پایش شبکه و سامانه‌های تحلیل شبکه (اهمیت این موضوع برای سطح ولتاژ ۲۰ کیلوولت قابل توجه است) – نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV
– مدیریت دانش	– ایجاد مرکز دانش توزیع – مبادله و اشتراک دانش توزیع	– تولید و توسعه سامانه‌های مربوط به مدیریت دانش (جهت نگهداری سوابق مربوط به تجهیزات، رویدادها و ... در شبکه) – مدیریت دارایی
– امنیت	– آسیب‌پذیری نرم‌افزارها – حملات سایبری	– پیاده‌سازی استانداردهای حوزه امنیت سایبری برای سیستم‌های سایبر فیزیکی در حوزه توزیع – راه‌اندازی ازمایشگاه‌های مرکز عملیات امنیت و ضد بدافزار – امنیت سایبری (رویکرد سیستمی)
– تغییرات اقلیمی و ریزگردها	– افزایش نرخ خروج تجهیزات و مشکلات در شبکه – استهلاک بالای تجهیزات – افزایش پیک بار و تغییرات مصرف ناشی از تغییرات اقلیمی – افزایش حوادث ناشی از تغییرات جوی	– امکان پیش بینی تاثیرات حاصل از وقوع تغییرات اقلیمی بر شبکه – مقاوم سازی تجهیزات و اقدامات اصلاحی در برابر وقوع تغییرات (مانند شستشوی تجهیزات و...) – اصلاح طرح‌های حفاظتی و بازیابی سریع برای مقابله با تاثیرات – امکان پایش تجهیزات و جمع‌آوری اطلاعات – امکان پیش‌بینی بار کوتاه مدت بر اساس روش‌های مدرن (داده کاوی) –امکان جمع‌آوری اطلاعات مشترکین به منظور تحلیل رفتار مشترک – نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV – پردازش اطلاعات کنتور هوشمند و دیگر کاربردهای کلان داده – مدیریت دارایی

جدول .Error! No text of specified style in document–۹– **چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه توزیع از دیدگاه خبرگان**

۴-۵- چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی حوزه مصرف از دیدگاه خبرگان

در این بخش چالش‌ها و نیازمندی‌های حوزه مصرف برای محور فنی و تجهیزات و محور زیست‌محیطی بر اساس نظر سنجی از خبرگان ارائه خواهد شد.

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	راهکارها
– دسترسی بهنگام به اطلاعات مصرف		– ایجاد سامانه نرم‌افزاری دسترسی آنلاین به میزان مصرف از طریق سیستم مانیتورینگ در IHD-BMS

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	راهکارها
		– از طریق ایجاد دسترسی به داده‌های کنتور هوشمند توسط شرکت توزیع – دسترسی به داده‌های کنتورهای دیجیتال از طریق پورت RS485 – پاسخ تقاضای فعال – پردازش اطلاعات کنتور هوشمند و دیگر کاربردهای کلان داده
– افزایش بی رویه مصرف	– چگونگی کاهش حجم انرژی مصرفی در شبکه – پیک سایی در شبکه	– ایجاد سامانه دسترسی به داده‌های مصرف جهت مقایسه با الگوی مصرف – برنامه‌های پاسخگویی بار – ممیزی انرژی بر روی واحدهای صنعتی، – نظارت بر استاندارد مصرف انرژی تجهیزات – اعمال قوانین نظارتی بر روی مشترکین پرمصرف با انحراف زیاد از الگوی مصرف – پاسخ تقاضای فعال
– کیفیت برق تحویلی	– وجود هارمونیک در شبکه و ایجاد خسارت به تجهیزات شبکه و مشترک، ایجاد خطا در اندازه‌گیری برق مصرفی مشترک – دوفاز شدن مشترکین تک‌فاز	– ایجاد سامانه آنلاین ثبت شکایات و گزارشات مشترکین – ارتقای سامانه ICT شرکت بهره‌برداری و توزیع (مانند ایجاد سامانه نرم‌افزاری موبایل جهت عملیات تعمیر، نگهداری و بهره‌برداری) – ارتقای مانیتورینگ هوشمند پارامترهای کیفی شبکه– نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV – ادغام منابع انرژی تولید پراکنده کوچک در شبکه ولتاژ پایین و متوسط
–اتصال‌خودروهای برقی به شبکه	– مدیریت اندازه‌گیری و صدور صورت‌حساب – مدیریت بار (مدیریت زمان شارژ و دشارژ خودرو) – استفاده از منبع باتری خودرو به عنوان منبع ذخیره انرژی در شبکه	– استفاده از کارت‌های اعتباری، تخصیص IP به خودروهای موجود در شبکه جهت مانیتورینگ و مدیریت از راه دور – نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV – زیرساخت برای میزبانی الکتریکی شدن در بخش حمل و نقل
–منابع تولید پراکنده	– مدیریت اندازه‌گیری و صدور صورت‌حساب – تهدید حفاظتی تجهیزات و افراد، کاهش طول عمر تجهیزات به دنبال بروز خطا در شبکه توزیع (عدم امکان ایزوله‌سازی مناسب منبع تولید پراکنده در شبکه و خسارت به تجهیزات سمت منبع تولید پراکنده به دلیل خطاها و قطعی‌های موجود در شبکه توزیع)	– ایجاد مرکز پایش و کنترل منابع تولید پراکنده – ایجاد سامانه ICT جهت حفاظت و هماهنگ‌سازی عملیاتی در منابع تولید پراکنده به هنگام بروز خطا در شبکه توزیع – نظارت و کنترل بر شبکه LV و MV
تغییرات اقلیمی و ریزگردها	– الودگی صوتی و زیست‌محیطی ناشی از تجهیزات – تجاوز به حریم مشترک	– استفاده از تجهیزات مناسب جهت کاهش آلودگی – رفع چالش‌های زیست‌محیطی و عدم سرمایه گذاری ذینفعان

جدول .Error! No text of specified style in document–۱۰– چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه مصرف از دیدگاه خبرگان

٦-٤- چالش‌ها و نیازمندی‌های عملکردی حوزه شبکه و بازار برق از دیدگاه خبرگان

در این بخش چالش‌ها و نیازمندی‌های حوزه شبکه و بازار برق برای محور فنی و تجهیزات و محور زیست‌محیطی بر اساس نظر سنجی از خبرگان ارائه خواهد شد.

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	راهکارها
– شفاف نبودن قیمت تمام شده برق	– تعدد تعرفه های برق – تفاوت تعرفه‌های برق با قیمت تمام شده – عدم دریافت هزینه مصرف برق توسط بسیاری از ارگانها از جمله ارگان‌های نظامی	– فراهم آوردن سامانه متمرکز جهت ثبت و مانیتورینگ اطلاعات مالی – کاهش تنوع تعرفه‌ای و حرکت به سمت یکسان‌سازی قیمت – طراحی بازار انعطاف‌پذیر – مدل های کسب و کار
– بازار خرده‌فروشی (در حال حاضر در دو سطح اجرا می‌شود: • حوزه‌های کوچک خارج از شبکه (off-grid) • مشترکین صنعتی بالای ۵ مگاوات		– فراهم آوردن زیرساخت‌های مورد نیاز در زمینه‌های مختلف (در شبکه هوشمند) و همچنین حوزه‌های مالی مرتبط (از جمله بحث یارانه) در وزارت نیرو – ایجاد مدل های کسب و کار جدید
– عدم وجود بازار ذخیره و مدیریت مصرف		–دسترسی دقیق به اطلاعات مصرف مشترکین –دسترسی به اطلاعات جهت اجرای بازار ذخیره – بهره‌وری انرژی از طریق یکپارچگی انرژی خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند
– ممیزی انرژی	– تلفات –مصرف داخلی نیروگاه‌ها –تفاوت مصرف ثبت شده و واقعی در مبادلات بین مرزی –ارزش حرارتی	– استفاده از تکنولوژی و تجهیزات مدرن جهت اندازه‌گیری میزان انرژی و سوخت مصرفی نیروگاه‌ها – بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی شبکه – فن‌آوری‌ها و مواد جدید
– بالانس انرژی	– شدت مصرف انرژی – عدم تناسب میان ارزش‌های انرژی-های مصرفی با ارزش محصولات تولیدی در بسیاری از موارد – میزان برداشت انرژی در منابع مشترک انرژی با کشورهای همجوار	– رفع چالش‌های زیست‌محیطی و عدم سرمایه گذاری ذینفعان
– عدم وجود نتایج تحلیل بحث انرژی بصورت یکپارچه	– برقراری اتصال یکپارچه‌سازی داده‌ای میان منابع داده‌ای برق و گاز	– ادغام با دیگر شبکه‌های انرژی
– مدلسازی به روز از شبکه	– عدم دسترسی به آخرین وضعیت به روز از شبکه و ایجاد خطای ذاتی در مطالعات و آنالیز افلاین شبکه	– فراهم‌آوری روش‌ها و سیستم‌های نرم‌افزاری برای اعتبارسنجی داده‌های جمع‌آوری شده – ادغام بازار – شبکه

چالش‌های صنعت برق	زیرچالش‌های حوزه	راهکارها
	– عدم امکان استفاده از بهینه‌سازی واقعی و به روز – در نظر گرفتن قیدها و حاشیه‌های اطمینان بالاتر برای شبکه و ایجاد هزینه های سربار بیشتر	
– عدم تطابق آرایش بازار با اطلاعات تولید واقعی		– امکان اجرای AGC – هماهنگ‌سازی میان دیسپاچینگ و بازار – ادغام شبکه – بازار – مدل‌های کسب وکار – طراحی بازار انعطاف‌پذیر
تغییرات اقلیمی و ریزگردها	– تاثیرات مربوط به جرایم ناشی از افزایش نرخ خروج تجهیزات و مشکلات در شبکه – تاثیرات ناشی از افزایش عدم قطعیت نیروگاه‌ها	– امکان پیش‌بینی بار کوتاه مدت بر اساس روش‌های مدرن – امکان برنامه‌ریزی با احتساب پیش‌بینی پیشامدها و تغییرات احتمالی – ارتقا سیستم های نرم‌افزاری – پاسخ تقاضا – مدیریت دارایی – تاب‌آوری و قابلیت اطمینان

جدول .Error! No text of specified style in document–**۱۱– چالش‌های و نیازمندی‌های عملکردی حوزه شبکه و بازار برق از دیدگاه خبرگان**

فصل ۵

نتیجه‌گیری مرحله ۱

فصل ۵- نتیجه گیری مرحله ۱

در این مرحله چالش‌های آتی و حال حاضر صنعت برق تعیین شده‌اند. چالش‌های آتی با بررسی سیر تحولات سیستم‌های قدرت در نتیجه فشار دستورالعمل‌ها و خط‌مشی‌های انرژی و زیست‌محیطی کشورهای پیشرفته دنیا استخراج شده و چالش‌های حال حاضر صنعت برق با نظر سنجی از خبرگان تعیین شده‌اند. جزئیات مربوط به چالش‌ها و نحوه ارتباط آنها با سیر تحولات در جدول **No text of specified style in document.** !Error-۲ ارائه شده است و چالش‌های حال حاضر صنعت برق نیز در قالب جدول **No text of specified style in document.** !Error-۷ تا جدول Error! **No text of specified style in document.**-۱۰ ارائه شده‌اند. بر اساس جمع بندی چالش ها این دو جدول لیست چالش‌های نهایی به شرح زیر می‌باشد:

چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه

- شامل نیروگاه ها، واحدهای تولیدی، خودروهای برقی و منابع تولید انرژی‌های تجدید پذیر و تولید پراکنده در سطوح ولتاژ پایین و متوسط LV و MV که بر روی پایداری سیستم تاثیرگذار می باشند
- به صورت مرکزی، یکپارچه و محلی از جانب منابع تولید پراکنده
- با هدف مدیریت انرژی، بهینه‌سازی جریان بار در سطح محلی، تشخیص خطا، کیفیت توان (ولتاژ و هارمونیک) و بهینه‌سازی عملیات نگهداری
- از طریق ایجاد زیرساختهای مخابراتی لازم با بهره‌گیری از فناوری اینترنت اشیاء، کلان داده و ... به گونه ای که که قادر به کنترل فرآیند و تبادل حجم عظیم داده‌های اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده به صورت بلادرنگ ومقیاس‌پذیر باشند.

- چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT
  - با هدف طراحی شبکه قدرت انعطاف‌پذیر، بهبود و بهینه‌سازی کیفیت، برنامه‌ریزی شبکه قدرت، کم نمودن تاثیر خرابی و بهبود و بازیابی سریع شبکه قدرت
  - با در نظر گرفتن رویکرد های احتمالی و ارزیابی ریسک به صورت خودکار و یا به منظور پیش‌بینی موقعیت‌های اضطراری بالقوه، ارائه هشدار زودهنگام به اپراتورهای سیستم ارائه راه‌حل‌های ممکن به صورت بلادرنگ به منظور افزایش قابلیت اطمینان و تاب‌آوری
- چالش ۳ – نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فن‌آوری اطلاعات نوین
  - با هدف ارائه خروجی انرژی قابل‌اطمینان تا انرژی پاک بتواند یکپارچه، پیش‌بینی شده و به صورت هوشمند در شبکه مدیریت شود.
- چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت
  - با هدف استفاده کارامد از منابع انرژی تولید پراکنده، کنترل بارهای خانگی و خودروهای برقی
  - از طریق ایجاد زیرساختهای مخابراتی، دسترسی به اطلاعات مصرف کاربران و توانایی اصلاح الگوی مصرف آنها با پردازش بلادرنگ اطلاعات کنتور و با در نظر گرفتن سیگنال‌های قیمت
  - از طریق ایجاد زیرساخت‌های ارتباطی و قانونی لازم و پیش بینی موثر تقاضا برای تعاملات مناسب بین فعالان بازار و اپراتورهای شبکه و برنامه ریزی در خصوص تاثیر برق رسانی به بخش‌های ساختمان و حمل و نقل در شبکه در جهت اطمینان از کیفیت و امنیت برق‌رسانی و استفاده از مزایای بالقوه کنترل بار مانند افزایش پیک سایی و صرفه‌جویی در انرژی
- چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید

- با هدف توسعه مفاهیم جدید پایش، بهره‌وری انرژی، بکارگیری روش‌های جدید تعمیر و نگهداری، پیش بینی تاثیرات حاصل از وقوع تغییرات اقلیمی بر شبکه قدرت، افزایش عمر تجهیزات، بهبود روشهای نگهداری دارایی‌های جاری
- از طریق ایجاد تولید و توسعه سامانه¬های مربوط به مدیریت دانش (جهت نگهداری سوابق مربوط به تجهیزات، رویدادها و... در شبکه).
- از طریق پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته‌ی جدید، مانند رباتیک یا پهباد و ...
- چالش ۶ – تعامل و اتصال شبکه های برق با هم و با دیگر شبکه‌های انرژی
- با هدف کاهش گازهای گلخانه‌ای
- از طریق ایجاد بسترهای مخابراتی لازم و توسعه ابزارهای تحلیل تعادل بار و موضوعات اتصال کل سیستم انرژی (پایش و کنترل کل شبکه انرژی) و
- چالش ۷- رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن معیارهای طراحی جدید
- با هدف به حداقل رساندن نویز تجهیزات ولتاژ بالا و تاثیرات بصری، فرهنگ سازی، اطلاع رسانی برای کاهش مصرف به گونه‌ای که اثرات زیست‌محیطی کاهش یابد.
- چالش ۸ – رفع چالش عدم سرمایه گذاری ذینفعان با ایجاد عاملهای انگیزشی در جهت بهبود پذیرش عمومی و مشارکت سهامداران در ارتقاء زیرساخت شبکه برق
- چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده
- با هدف ایجاد پروتکل هماهنگ و محدود برای پشتیبانی از ارتباطات در بخش انرژی
- چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی
- با تاکید بر حفاظت از سیستم‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات از عواملی چون دزدی، آسیب به سخت‌افزار، نرم‌افزار، و اطلاعات مربوط به آن‌ها ، شکستن یا ایجاد وقفه در خدمات و یا نقض حریم خصوصی
- از طریق فراهم آوردن رویه¬ها و ابزارهای تست امنیتی سیستم¬های سایبری و تجهیزات در جهت اعتبارسنجی امنیتی سیستم¬های نرم¬افزاری و تجهیزات و اخذ گواهی¬های امنیتی معتبر
- چالش ۱۱- ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها
- با هدف توسعه ابزار برنامه‌ریزی سیستم برای تعیین توزیع بهینه منابع ذخیره‌سازی انرژی و پاسخ سریع به شبکه قدرت در سطوح مختلف ولتاژ برای تسهیل در عملیات سیستم انتقال و توزیع و همچنین کمک رسانی به بازیگران بازار و بهره‌برداران شبکه در جهت درک ارزش افزوده واقعی (فنی و اقتصادی) ذخیره‌سازی در عملیات سیستم
- چالش ۱۲- بازار با اهداف:
- ادغام بازار با شبکه قدرت با توسعه ابزارهای جدیدی
  - با هدف تحلیل بازار و شبکه قدرت و ایجاد یک مکانیزم موثر در مدیریت بازار
- طراحی بازار انعطاف‌پذیر
- با هدف بکارگیری سهم بزرگی از تولید انرژی تجدید پذیر با هزینه مقرون به صرفه و موثر در سیستم به نحوی‌که در افق کوتاه‌مدت، توصیه‌هایی در خصوص قواعد خاص برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر/انرژی‌های تولید پراکنده در خدمات سیستم قدرت و همچنین راه‌حل‌هایی برای ایجاد تعادل بار ارائه کند
- از طریق توسعه مدل‌های بازار بهبود یافته و ابزارهای شبیه‌سازی
- توسعه مدل‌های کسب وکار
- با هدف ایجاد انگیزه و تشویقسرمایه‌گذاری‌های عظیم برای رسیدن به اهداف سیستم انرژی آینده

- از طریق توسعه ابزارها برای مدل‌سازی کلی بخش انرژی به نحوی‌که شرایط همکاری بین بخش‌های مختلف انرژی و زیرساخت‌های مختلف شناسایی و امکان‌سنجی سرمایه‌گذاری با یک رویکرد فرامرزی و با در نظر گرفتن کل شبکه انرژی ، فراهم شود.

۵-۱- مراجع مرحله ۱:

[1] TECHNOFI (coordinator)، EASE، EDSO، ENTSO-E، RSE and VITO، " Final 10-year ETIP SNET R&I roadmap"، 2016

[2] EC, "A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050", COM(2011) 112 final, March 2011

[3] EC, "Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation", September 15 2015

[4] EPRI،"Electricity Technology Roadmap، Meeting The Critical Challenges Of The 21st Centry"، 2003

[5] KIT- Karlsruhe Institute of Technologies "Future Energy Grids-Challenge and Potential for ICT"، 2018

[6] IET Smart Grid، "Big data analytics in smart grids: state-of-theart، challenges، opportunities، and future directions"، 2019

[7] EC, "Digitalization of the Energy System and Customer Participation: Description and recommendations of Technologies, Use Cases and Cybersecurity", 2018

[8] FI.ICT-2011-285135 FINSENY D.7.2 v3.0 Final ICT Requirements specifications، 2011

[۹] گزارش مرحله ۲ – "پروژه تهیه برنامه استراتژیک گروه نرم‌افزار، داده و شبکه" بهمن ماه سال ۹۶

مرحله دو: شناسائی فناوری‌های نوظهور ICT، امکان بکارگیری آن‌ها در صنعت برق نوین و بررسی مزایا و معایب بکارگیری آنها

فهرست مطالب مرحله ۲

عنوان **صفحه**

مقدمه مرحله ۲ ..... ۵۴
فصل ۱- بررسی اسناد بالادستی و نهایی‌سازی چالش‌های مورد بررسی ۵۵
۱-۱- مقدمه فصل ۱ ..... ۵۶
۱-۲- بررسی اسناد بالادستی ۵۸
۱-۲-۱- سیاستهای کلی اقتصاد مقاومتی- مقام معظم رهبری- سال ۹۲ ..... ۵۸
۱-۲-۲- قانون برنامه پنج ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۶-۱۴۰۰) سال ۱۳۹۵ ..... ۵۸
۱-۲-۳- سند ملی راهبرد انرژی کشور- دولت- سال ۹۶ ..... ۵۹
۱-۲-۴- برنامه وزیر محترم نیرو در دولت دوازدهم- جناب آقای دکتر اردکانیان- سال ۱۳۹۶ ..... ۶۰
۱-۲-۵- برنامه راهبردی وزارت نیرو ۱۴۰۴ - وزارت نیرو- سال۱۳۹۶ ..... ۶۲
۱-۲-۶- سند چشم انداز شرکت توانیر در افق سال ۱۴۰۴- سال- سال ۱۳۹۶ ..... ۶۴
۱-۲-۷- نقشه راه توسعه دولت الکترونیکی- مشتمل بر: آیین نامه توسعه خدمات الکترونیکی دستگاههای اجرایی و ضوابط فنی اجرایی توسعه دولت الکترونیکی (مصوب شورای عالی فناوری اطلاعات) سال ۱۳۹۳ ..... ۶۴
۱-۲-۸- سیاستها و اولویتهای پژوهش و فنّاوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ ..... ۶۵
۱-۳- نتیجه گیری تحلیل اسناد بالادستی از نقطه نظر چالش ها ۶۶
فصل ۲- بررسی لیست دانشگاهها، کنفرانسها و موسسات معتبر در حوزه ICT در بخش انرژی I
۲-۱- مقدمه فصل ۲ ..... ۶۵
۲-۲- بررسی موسسات تحقیقاتی در حوزه انرژی و صنعت برق کشور های پیشرفته و نقشه راه ارائه شده توسط آنها ... ۶۶
۲-۲-۱- موسسه تحقیقات انرژی الکتریکی(EPRI) ۶۶
۲-۲-۲- موسسه استاندارد ارتباطات راه دور اروپا (ETSI) ۷۴
۲-۲-۳- موسسه اقتصاد انرژی کره(KEEI) ۷۹
۲-۲-۴- اتحادیه بین المللی ارتباطات از راه دور(ITU) ۸۲
۲-۳- بررسی مراکز ICT در دانشگاه های معتبر در حوزه ICT ۸۳
۲-۳-۱- مرکز ICT انستیتوی فنآوری ماساچوست (MIT) ۸۳
۲-۳-۲- مرکز ICT دانشگاه کارنگی ملون ۸۳
۲-۳-۳- مرکز ICT دانشگاه استنفورد ۸۴
۲-۳-۴- بررسی حوزه های کاری دانشگاههای منتخب در حوزه ICT ۸۴
۲-۴- بررسی کنفرانس‌های معتبر در حوزه انرژی ۸۵
۲-۵- بررسی موسسات تحقیقاتی در حوزه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و صنعت برق ۸۸
۲-۵-۱- موسسه گارتنر ۸۸
۲-۵-۲- مجله مرور فنآوری MIT ۹۰
۲-۵-۳- موسسه مهندسان الکترونیک و الکتریک (IEEE) ۹۰

۴-۵-۲- هولت پکارد(HP) ۹۱
۵-۵-۲- موسسه CIGRE ۹۱
۶-۵-۲- ای سی سنچری ۹۲
۷-۵-۲- موسسه ملی فنآوری و استاندارد ها(NIST) ۹۲
۸-۵-۲- اتحادیه بین المللی مخابرات (ITU) ۹۳
۹-۵-۲- سازمان بین‌المللی برای استانداردسازی (ISO) ۹۳
۱۰-۵-۲- کمیسیون الکتروتکنیک بین‌المللی (IEC) ۹۴
۱۱-۵-۲- کارگروه مهندسی اینترنت (IETF) ۹۴
۱۲-۵-۲- پروژه مشارکتی نسل سوم شبکه سیار (3GPP) ۹۵
۱۳-۵-۲- انجمن سامانه جهانی ارتباطات سیار (GSMA) ۹۵
۶-۲- نتیجه گیری فصل ۲ ۹۵
فصل ۳- بررسی مزایا، معایب و کابردهای فنآوری‌های نوظهور *ICT* در بخش انرژی بر اساس مطالعات انجام شده و انتخاب فناوری نوظهور بر اساس چالش‌های تعیین شده ۱۰۰
۱-۳- مقدمه فصل ۳ ۱۰۱
۲-۳- فناوری‌های حوزه اطلاعات ۱۰۲
۱-۲-۳- هوش مصنوعی ۱۰۲
۱-۲-۲-۳- تکنیکهای هوش مصنوعی ۱۰۲
۱-۱-۱-۲-۳- شبکههای عصبی مصنوعی (ANN) ۱۰۲
I- مزایا شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۴
II- معایب شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۴
III- کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۵
۲-۱-۱-۲-۳- منطق فازی ۱۰۵
I- مزایا منطق فازی ۱۰۶
II- معایب منطق فازی ۱۰۶
III- کاربردها منطق فازی ۱۰۶
۳-۱-۱-۲-۳- سیستمهای خبره ۱۰۷
II- معایب سیستم های خبره ۱۰۸
III- کاربردهای سیستم خبره ۱۰۸
۴-۱-۱-۲-۳- هوش جمعی ۱۰۸
I-مزایای هوش جمعی ۱۰۹
II-معایب هوش جمعی ۱۰۹
III- کاربردهای هوش جمعی ۱۱۰
۵-۱-۱-۲-۳- محاسبات تکاملی ۱۱۱
I- مزایای محاسبات تکاملی ۱۱۲
II-معایب محاسبات تکاملی ۱۱۳
III- کاربردهای محاسبات تکاملی ۱۱۳
۲-۱-۲-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری هوش مصنوعی ۱۱۳

۲-۲-۳- فناوریهای مرتبط با حوزه تحلیل داده ۱۱۷
۱-۲-۲-۳- کلان داده ۱۱۷
I-مزایای تحلیل داده ۱۱۸
II-معایب تحلیل داده ۱۱۹
۲-۱-۲-۲-۳- تحلیل افزوده ۱۲۰
I-مزایای تحلیل افزوده ۱۲۱
II-معایب تحلیل افزوده ۱۲۱
۳-۱-۲-۲-۳- کاربردهای تحلیل کلان داده در صنعت برق ۱۲۱
۲-۲-۲-۳- وب معنایی ۱۲۲
۱-۲-۲-۲-۳- ارائه دانش ۱۲۴
۲-۲-۲-۲-۳- هستان شناسی ۱۲۵
۳-۲-۲-۲-۳- مزایا وب معنایی ۱۲۵
۴-۲-۲-۲-۳- معایب وب معنایی ۱۲۶
۵-۲-۲-۲-۳- کاربردها وب معنایی ۱۲۶
۳-۲-۲-۳- گراف دانش ۱۲۶
۱-۳-۲-۲-۳- مزایا گراف دانش ۱۲۷
۲-۳-۲-۲-۳- معایب گراف دانش ۱۲۷
۳-۳-۲-۲-۳- کاربردها گراف دانش ۱۲۷
۴-۲-۲-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوریهای مرتبط با حوزه داده ۱۲۷
۳-۲-۳- بلاکچین ۱۳۰
۱-۳-۲-۳- مزایای بلاکچین ۱۳۱
۲-۳-۲-۳- معایب بلاکچین ۱۳۴
۳-۳-۲-۳- کاربردهای فناوری بلاکچین در صنعت برق ۱۳۹
۴-۳-۲-۳- چالشهای قابل رفع توسط فناوری بلاکچین در صنعت برق ۱۴۰
۴-۲-۳- فناوریهای پردازش سیگنال ۱۴۲
۱-۴-۲-۳- روشهای پردازش سیگنال ۱۴۲
۲-۴-۲-۳-کاربردهای پردازش سیگنال در صنعت برق ۱۴۳
۳-۴-۲-۳- مزایا و معایب بکارگیری روشهای پردازش سیگنال در صنعت برق ۱۴۳
۴-۴-۲-۳- حوزه های مختلف کاربردی پردازش سیگنال ۱۴۴
۱-۴-۴-۲-۳- پردازش تصویر ۱۴۴
۲-۴-۴-۲-۳- بهبود تخمین حالت سیستم (STATE ESTIMATION) ۱۴۴
۳-۴-۴-۲-۳- سیستم های امنیت سایبری (CPS) ۱۴۴
۵-۴-۲-۳- بررسی پروژه‌های انجام شده در زمینه پردازش سیگنال ۱۴۴
۵-۲-۳- مقدمه‌ای بر اینترنت اشیاء ۱۴۷
۱-۵-۲-۳- مزایای اینترنت اشیاء ۱۴۷
۲-۵-۲-۳- چالش‌های اینترنت اشیا ۱۴۸
۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیاء در صنعت برق و انرژی ۱۴۹
۱-۳-۵-۲-۳- کاربرد های اینترنت اشیا در HOME AREA NETWORKS(HANS) ۱۵۱

۲-۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیا در NEIGHBORHOOD AREA NETWORK (NANS)
۱۵۲.....
۳-۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیا در WIDE AREA NETWORK (WANS).....۱۵۲
۴-۵-۲-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری اینترنت اشیا.....۱۵۳
۶-۲-۳- محاسبات رایانش ابری.....۱۶۰
۱-۶-۲-۳- مزایای رایانش ابری.....۱۶۱
۲-۶-۲-۳- معایب رایانش ابری.....۱۶۲
۳-۶-۲-۳- کاربردهای رایانش ابری در صنعت برق و انرژی.....۱۶۲
۴-۶-۲-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط رایانش ابری.....۱۶۴
۷-۲-۳- رایانش مه.....۱۷۱
۱-۷-۲-۳- مقایسه رایانش مه با رایانش ابری.....۱۷۲
۲-۷-۲-۳- مقایسه رایانش مه با محاسبات لبه.....۱۷۳
۳-۷-۲-۳- مزایا و ویژگی‌های رایانش مه.....۱۷۵
۴-۷-۲-۳- چالش‌های رایانش مه.....۱۷۷
۵-۷-۲-۳- کاربردهای رایانش مه در صنعت برق و انرژی.....۱۷۷
۶-۷-۲-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری رایانش مه.....۱۸۰
۸-۲-۳- امنیت اطلاعات و ارتباطات.....۱۸۲
۱-۸-۲-۳- مزایا و معایب امنیت.....۱۸۳
۲-۸-۲-۳- کاربردهای امنیت در صنعت برق و انرژی.....۱۸۶
۱-۲-۸-۲-۳- بخش‌بندی شبکه.....۱۸۶
۲-۲-۸-۲-۳- پایش، تشخیص و جلوگیری از نفوذ.....۱۸۶
۳-۲-۸-۲-۳- امنیت سامانه یا تجهیز.....۱۸۷
۴-۲-۸-۲-۳- مدیریت وقایع و رخداد ها امنیتی.....۱۸۷
۵-۲-۸-۲-۳- حریم خصوصی.....۱۸۸
۶-۲-۸-۲-۳- تست و ارزیابی امنیتی.....۱۸۸
۹-۲-۳- فناوری‌های کوانتومی.....۱۹۵
۱-۹-۲-۳- مخابرات کوانتومی [۱۶۸].....۱۹۵
۲-۹-۲-۳- کامپیوترهای کوانتومی.....۱۹۶
۳-۹-۲-۳- اکوسیستم، مزایا/چالش‌ها فناوری کوانتومی مرتبط با فاوا.....۱۹۷
۴-۹-۲-۳- بررسی سرمایه‌گذاری و توسعه برنامه‌های زیرساختی برای محاسبات کوانتومی در بخش خصوصی[۱۷۰] [۱۶۹].....۲۰۰
۵-۹-۲-۳- محاسبات کوانتومی و شبکه انرژی/برق.....۲۰۲
۶-۹-۲-۳- پروژه های نمونه برای حل چالش های صنعت برق.....۲۰۳
۱۰-۲-۳- شبکههای مبتنی بر نرمافزار (SDN).....۲۰۵
۱-۱۰-۲-۳- معماری SDN.....۲۰۵
۲-۱۰-۲-۳- مزایای SDN.....۲۰۸
۳-۱۰-۲-۳- معایب SDN.....۲۰۸
۴-۱۰-۲-۳- کاربردهای SDN در صنعت برق.....۲۰۹

۵-۱۰-۲-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری SDN ۲۱۲
۱۱-۲-۳- مجازیسازی عملکرد شبکه (NFV) ۲۱۳
۱-۱۱-۲-۳- مزایای NFV ۲۱۵
۲-۱۱-۲-۳- معایب NFV ۲۱۶
۳-۱۱-۲-۳- کاربردهای فناوری NFV در صنعت برق ۲۱۷
۳-۳- فناورهای مرتبط با حوزه ارتباطات ۲۱۹
۱-۳-۳- فناوریهای فرستنده-گیرنده ۲۱۹
۱-۱-۳-۳- مزایای فناوریهای فرستنده-گیرنده ۲۲۰
۲-۱-۳-۳- معایب فناوریهای فرستنده-گیرنده ۲۲۰
۳-۱-۳-۳- معرفی تکنیکهای مورد استفاده در فرستنده-گیرنده ۲۲۰
۱-۳-۱-۳-۳- رادیو نرمافزار ۲۲۰
۲-۳-۱-۳-۳- رادیو شناختی ۲۲۰
۳-۳-۱-۳-۳- رادیو هوشمند ۲۲۰
۴-۳-۱-۳-۳- MIMO انبوه ۲۲۱
۴-۱-۳-۳- کاربرد فناوریهای فرستنده-گیرنده در صنعت برق ۲۲۱
۵-۱-۳-۳- چالشهای مرتفع شده توسط فناوریهای فرستنده-گیرنده ۲۲۲
۲-۳-۳- فناوری مخابرات بی سیم سیار ۲۲۳
۱-۲-۳-۳- شبکه 4G ۲۲۵
۱-۱-۲-۳-۳- کاربردهای 4G در صنعت برق و انرژی [۱۹۷] ۲۲۹
I-بخش مصرف ۲۲۹
I-۱- کنتورهای هوشمند 4G در اروپا ۲۲۹
I-۲- کنتورهای هوشمند در سایر مناطق ۲۳۰
I-۳- خودرو برقی هوشمند ۲۳۱
II- بخش توزیع ۲۳۱
II-۱- ترانسفورماتورهای پست‌های توزیع ۲۳۱
II-۲- پایش و مدیریت خطوط توزیع ۲۳۲
II-۳- پایش پست‌های فرعی[۲۱۶] ۲۳۲
II-۴- پایش فیدرها، ریکلوزرها و بانک‌های خازنی ۲۳۳
III- بخش انتقال ۲۳۴
IV - بخش تولید ۲۳۵
IV-۱- نیروگاههای خورشیدی ۲۳۵
IV-۲- نیروگاههای بادی ۲۳۶
IV-۳- میکروگریدها ۲۳۷
۲-۱-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 4G ۲۳۷
۲-۲-۳-۳- فناوری 5G ۲۴۱
۱-۲-۲-۳-۳- کاربردهای 5G در صنعت برق و انرژی ۲۴۴
۲-۲-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 5G ۲۴۹
۳-۲-۳-۳- فناوری 802.16S ۲۵۳

۱-۳-۲-۳-۳- کاربردهای 802.16S در صنعت برق و انرژی ۲۵۵
۲-۳-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 802.16S ۲۵۵
۴-۲-۳-۳- شبکه 6G ۲۵۶
۳-۳-۳- مخابرات بی‌سیم غیر سلولار ۲۵۶
۱-۳-۳-۳- ارتباطات مایکروویو ۲۵۷
۱-۱-۳-۳-۳- ارتباطات ماهوارهای ۲۵۸
۲-۱-۳-۳-۳- LPWAN ۲۵۸
I- شبکه LORA ۲۵۹
II- شبکه SIGFOX ۲۵۹
III- شبکه NB-IOT ۲۶۰
IV- شبکه WEIGHTLESS ۲۶۰
V- شبکه DASH7 (D7A) ۲۶۰
۳-۱-۳-۳-۳- رادیوهای خصوصی ۲۶۰
۲-۳-۳-۳- مقایسه فناوریهای ارتباطی بیسیم در شبکههای غیرسلولی ۲۶۱
۴-۳-۳- مخابرات بیسیم کوتاه برد ۲۶۵
۱-۴-۳-۳-مزایا و معایب ۲۶۵
۲-۴-۳-۳- شرکت‌های فعال ۲۷۰
۳-۴-۳-۳- کاربردهای شبکه‌های مخابراتی کوتاه برد در صنعت برق و انرژی ۲۷۳
۵-۳-۳- مخابرات بی‌سیم نوری (OWC) ۲۷۸
۱-۵-۳-۳- مزایا و معایب ۲۸۰
۲-۵-۳-۳- شرکت‌های فعال ۲۸۱
۳-۵-۳-۳- کاربردهای شبکه‌های مخابراتی بیسیم نوری در صنعت برق و انرژی ۲۸۵
۴-۵-۳-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری بی سیم نوری ۲۸۷
۶-۳-۳- مخابرات نوری فیبری ۲۹۱
۱-۶-۳-۳- بررسی سیر تکاملی شبکه‌های مخابرات نوری در لایه انتقال و زیرساخت ۲۹۲
۱-۱-۶-۳-۳- شبکه‌های SDH ۲۹۳
۲-۱-۶-۳-۳- شبکه‌های NG-SDH ۲۹۵
۳-۱-۶-۳-۳- فناوری WDM ۲۹۷
۴-۱-۶-۳-۳- شبکه OTN ۲۹۸
۲-۶-۳-۳- شبکه‌های مخابرات نوری در لایه دسترسی ۲۹۹
۱-۲-۶-۳-۳- شبکه PON و سرویس‌های FTTX ۲۹۹
۳-۶-۳-۳- فناوری اترنت مبتنی بر فیبر نوری ۳۰۲
۴-۶-۳-۳- مزایا و معایب فناوری مخابرات نوری ۳۰۴
۵-۶-۳-۳- کاربردهای فناوری مخابرات نوری در صنعت برق و انرژی ۳۰۵
۶-۶-۳-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری مخابرات نوری ۳۰۶
۷-۳-۳- امنیت لایه فیزیکی ۳۰۸
۱-۷-۳-۳- مزایای امنیت فیزیکی ۳۰۹
۲-۷-۳-۳- مشکلات امنیت فیزیکی ۳۱۰

۳-۷-۳-۳- روش‌های احراز هویت و رمزنگاری در لایه فیزیکی..... ۳۱۱
۴-۷-۳-۳- کاربردهای امنیت فیزیکی در صنعت برق و انرژی ۳۱۱
۸-۳-۳- امواج الکترومغناطیس و شیلدینگ..... ۳۱۲
۱-۸-۳-۳- مباحث کاربردی سازگاری الکترومغناطیس در صنعت برق ۳۱۳
۱-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار بمبهای الکترومغناطیسی بر تجهیزات الکترونیکی شبکه برق ۳۱۳
۲-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار امواج رعد و برق و بمبهای هستهای بر خطوط انتقال برق ۳۱۶
۳-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار سازگاری الکترومغناطیسی در شبکه شهر هوشمند ۳۱۶
۴-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار امواج ناشی از خطوط انتقال بر بدن انسان و تجهیزات الکترونیکی..... ۳۱۷
۹-۳-۳- انتقال برق بی سیم..... ۳۱۹
۱-۹-۳-۳- انواع روش‌های انتقال توان بیسیم..... ۳۱۹
۱-۱-۹-۳-۳- انتقال توان بیسیم در ناحیه میدان دور..... ۳۲۰
I- روش مایکروویو (MPT)..... ۳۲۱
II-لیزر ۳۲۱
۲-۱-۹-۳-۳- انتقال توان بیسیم در ناحیه میدان نزدیک..... ۳۲۲
I- روش انتقال توان خازنی ۳۲۲
II- روش انتقال توان القایی..... ۳۲۳
III- القای غیررزونانسی ۳۲۴
IV- القای رزونانسی ۳۲۵
۳-۱-۹-۳-۳- امواج آلتراسونیک..... ۳۲۶
۴-۱-۹-۳-۳- مقایسه روش‌های انتقال توان بیسیم..... ۳۲۷
۲-۹-۳-۳- استانداردهای مطرح در زمینه فناوری انتقال توان بیسیم ۳۲۷
۳-۹-۳-۳- مزایای انتقال توان بیسیم..... ۳۲۸
۴-۹-۳-۳- معایب انتقال توان بیسیم..... ۳۲۹
۵-۹-۳-۳- کاربردهای انتقال توان بیسیم در صنعت برق و انرژی..... ۳۲۹
۶-۹-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری انتقال توان بیسیم ۳۳۳
۱۰-۳-۳- استحصال انرژی ۳۳۹
۱-۱-۱۰-۳-۳- مزایای استحصال برق..... ۳۴۱
۲-۱-۱۰-۳-۳- معایب استحصال برق..... ۳۴۲
۳-۱-۱-۳-۳- کاربردهای استحصال برق در صنعت برق..... ۳۴۲
۴-۱-۱۰-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری استحصال برق..... ۳۴۲
۱۱-۳-۳- آنتن..... ۳۴۴
۱-۱۱-۳-۳- معرفی پارامترهای آنتن ۳۴۴
۱-۱-۱۱-۳-۳- فرکانس کاری و پهنای باند ۳۴۴
۲-۱-۱۱-۳-۳- بهره آنتن..... ۳۴۴
۳-۱-۱۱-۳-۳- الگوی تشعشعی..... ۳۴۵
۲-۱۱-۳-۳- پهنای بیم نیم توان (HPBW)..... ۳۴۵
۳-۱۱-۳-۳- انواع آنتن..... ۳۴۵
۱-۳-۱۱-۳-۳- آنتن دوقطبی ۳۴۵

۲-۳-۱۱-۳-۳- آنتن تک قطبی ۳۴۶
۴-۱۱-۳-۳- آنتن شیپوری ۳۴۷
۱-۴-۱۱-۳-۳- آنتن حلقوی ۳۴۷
۲-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای بشقابی ۳۴۸
۳-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای مایکرواستریپ ۳۴۸
۴-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای آرایهای ۳۴۹
۵-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای هوشمند ۳۵۰
۶-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای دارای پیکربندی مجدد ۳۵۰
۷-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای پهن باند و چند بانده ۳۵۱
۸-۴-۱۱-۳-۳- آنتنهای موج میلیمتری ۳۵۱
۵-۱۱-۳-۳- مزایای آنتن ۳۵۲
۶-۱۱-۳-۳- معایب آنتن ۳۵۲
۷-۱۱-۳-۳- کاربردهای آنتن در صنعت برق ۳۵۳
۸-۱۱-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری آنتن ۳۵۳
۴-۳- فناورها ترکیبی و کاربردهای از ترکیب فناوری ها ۳۵۴
۱-۴-۳- واقعیتهای مجازی، افزوده و ترکیبی ۳۵۴
۱-۱-۴-۳- واقعیت مجازی (VIRTUAL REALITY) ۳۵۴
۲-۱-۴-۳- واقعیت افزوده (AUGMENTED REALITY) ۳۵۵
۳-۱-۴-۳- واقعیت ترکیبی (MIXED REALITY) ۳۵۷
۴-۱-۴-۳- کاربردها و راهحلها واقعیت مجازی، افزوده و ترکیبی در صنعت برق ۳۵۸
۵-۱-۴-۳- نحوه بکارگیری در صنعت برق ۳۵۹
۲-۴-۳- مقدمهای بر همزاد دیجیتالی (DIGITAL TWIN) ۳۶۳
۱-۲-۴-۳- مزایا و معایب همزاد دیجیتال ۳۶۳
۲-۲-۴-۳- کاربردهای همزاد دیجیتال در صنعت برق ۳۶۳
۳-۲-۴-۳- چالشهای قابل رفع توسط فناوری همزاد دیجیتال در صنعت برق ۳۶۵
۳-۴-۳- رابط محاوره ای ۳۶۷
۴-۴-۳- تستهای غیر مخرب ۳۷۰
۱-۴-۴-۳- کاربرد تستهای غیر مخرب در صنعت برق ۳۷۰
۱-۱-۴-۴-۳-تشخیص مقرههای خراب ۳۷۰
۲-۱-۴-۴-۳- تشخیص شکاف و یا پارگی در کابلهای فشار قوی ۳۷۰
۳-۱-۴-۴-۳- تشخیص خرابی لولههای انتقالدهنده بخار در توربینها و تیغه توربینهای بادی ۳۷۱
۳-۴-۴-۳- چالش های مرتفع شده توسط تست غیر مخرب ۳۷۲
۵-۴-۳- شبکه بندی ۳۷۳
۱-۵-۴-۳- مدلهای شبکه ۳۷۳
۲-۵-۴-۳- سنکرونسازی شبکه ۳۷۳
۳-۵-۴-۳- مزایای ایجاد شبکه ۳۷۴
۴-۵-۴-۳- معایب ایجاد شبکه ۳۷۴
۵-۵-۴-۳- کاربردهای شبکه در صنعت برق و انرژی ۳۷۴

۱-۵-۵-۴-۳- تجمیع واحدهای نوین در شبکه برق ۳۷۵
۲-۵-۵-۴-۳- WAMPAC و WAMS ۳۷۷
۳-۵-۵-۴-۳- پایش و مدیریت شبکه برق ۳۷۹
۴-۵-۵-۴-۳- تعامل انرژی الکتریکی با انواع انرژیهای دیگر ۳۸۰
۶-۴-۳- رباتیک در صنعت برق ۳۸۰
۱-۶-۴-۳- کاربردهای ربات‌ها در صنعت برق ۳۸۱
۱-۱-۶-۴-۳- رباتهای بازرس ۳۸۲
I- ربات بازرس لوله‌های دیواره بویلر ۳۸۲
I-۱-شرکت GECKO ROBOT ۳۸۲
I-۲- ربات VERTISCAN شرکت RUSSEL NDE SYSTEMS ۳۸۲
I-۳- ربات مرکز تحقیقاتی BARC برای NATIONAL THERMAL POWER CORP هند ۳۸۲
I-۴- ربات شرکت ALSTOM INSPECTION ROBOTICS ۳۸۲
I-۵- پروژه شرکت EPRI ۳۸۲
II- ربات بازرس توربین بادی ۳۸۳
II-۱- ربات بازرس با همکاری شرکت INTERNATIONAL CLIMBING MACHINES و شرکت GE ۳۸۳
II-۲- شرکت‌های سازنده دیگر: ۳۸۳
III- ربات بازرس سد ۳۸۳
IV- ربات بازرسی خطوط فشارقوی ۳۸۴
IV- سازندگان این ربات ۳۸۵
V- ربات‌های مربوط نیروگاه‌های خورشیدی ۳۸۵
V-۱- ربات تمیزکننده پنل‌های خورشیدی ۳۸۶
V-۲- ربات ردیاب خورشیدی ۳۸۶
V-۳- ربات نصاب پنل خورشیدی ۳۸۶
VI- ربات (کارمند) پست ۳۸۷
VII- ربات بازرس پرنده ۳۸۷
VIII- سازندگان ربات بازرس پرنده ۳۸۹
IX- ربات‌های خزنده ۳۸۹
X- ربات بازرس ژنراتور ۳۹۰
XI- سازندگان ربات بازرس ژنراتور ۳۹۰
۲-۱-۶-۴-۳- ربات‌های خود مختار ۳۹۰
I- ربات‌های خودران ۳۹۱
II- رباتهای روی آب ۳۹۱
III- ربات‌های غواص ۳۹۲
۳-۱-۶-۴-۳- ربات شستشوی چراغ‌های روشنایی معابر ۳۹۳
I- سازندگان ربات شستشوی چراغ‌های روشنایی معابر ۳۹۳
۲-۶-۴-۳- پروژه‌های تعریف‌شده در CORDIS ۳۹۳
۱-۲-۶-۴-۳- پروژه HYDRONET ۳۹۳

۲-۲-۶-۴-۳- پروژه MAINBOT ۳۹۳
۳-۲-۶-۴-۳- AEROARMS سیستم رباتیک هوایی، با چند بازو و قابلیت فرماندهی جهت بازرسی و تعمیرات... ۳۹۴
۴-۲-۶-۴-۳- پروژه SECONDHANDS ۳۹۵
۵-۲-۶-۴-۳- پروژه AEROWORKS ۳۹۶
۶-۲-۶-۴-۳- پروژه ربات RADRIPER ۳۹۶
I-از سرویس خارج کردن واحدهای هسته‌ای دارای اورانیوم ۳۹۷
۵-۳- ارتباط فناوری‌های حوزه اطلاعات با چالش های فنی صنعت برق ۴۰۲
فصل ۴- بررسی وضعیت موجود فناری‌های انتخاب شده و اولویت‌بندی فناوری‌ها ۴۰۵

۱-۴- مقدمه ۳۹۸
۲-۴- معرفی منابع مورد بررسی و نحوه استعلام وضعیت شرکت‌ها ۳۹۸
۳-۴- بررسی فنآوریها با در نظر گرفتن وضع موجود (ایران و جهان) و بررسی شکاف ۴۰۰
۱-۳-۴- وضعیت فناوری بلاکچین در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۱
۲-۳-۴- وضعیت فناوری اینترنت اشیاء در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۱
۳-۳-۴- وضعیت فناوری رایانش ابری در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۲
۴-۳-۴- وضعیت فناوری رباتیک در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۵
۵-۳-۴- وضعیت فناوری محاسبات مه در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۸
۵-۳-۴- وضعیت فناوری داده (کلان داده، وب معنایی و گراف دانش) در کشور و تحلیل شکاف ۴۰۸
۷-۳-۴- وضعیت فناوری محاسبات کوانتومی در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۰
۸-۳-۴- وضعیت فناوری هوش مصنوعی در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۲
۹-۳-۴- وضعیت فناوری مجازی سازی (همزاد دیجیتال، واقعیت مجازی افزوده و ترکیبی) در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۵
۱۰-۳-۴- وضعیت فناوری امنیت اطلاعات و ارتباطات و امنیت فیزیکی در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۶
۱۱-۳-۴- وضعیت فناوری فرستنده و گیرنده‌های دیجیتال در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۷
۱۲-۳-۴- وضعیت فناوری پردازش سیگنال در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۷
۱۳-۳-۴- وضعیت فناوری مخابراتی کوتاه برد مش و غیر مش در کشور و تحلیل شکاف شبکه‌های ۴۱۸
۱۴-۳-۴- وضعیت فناوری شبکه مخابراتی بلند برد سلولار و غیر سلولار در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۸
۱۵-۳-۴-وضعیت فناوری شبکه‌های سیمی در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۹
۱۶-۳-۴-وضعیت فناوری شبکه مخابرات نوری در کشور و تحلیل شکاف ۴۱۹
۱۷-۳-۴-وضعیت فناوری شبکه‌های مخابراتی در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۱
۱۸-۳-۴- وضعیت فناوری شیلدینگ و EMC در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۲
۱۹-۳-۴-وضعیت فناوری استحصال انرژی در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۲
۲۰-۳-۴- وضعیت فناوری انتقال توان بی سیم در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۳
۲۱-۳-۴-وضعیت فناوری شبکه های SDN/NFV در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۳
۲۲-۳-۴- وضعیت فناوری آنتن در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۳
۲۳-۳-۴- وضعیت فناوری رابط محاوره‌ای در کشور و تحلیل شکاف ۴۲۴
۴-۴- نتیجه گیری ۴۲۶
فصل ۵ -نتیجه‌گیری و اولویتبندی فناوریها ۴۳۰

۵-۱- مقدمه ۴۳۱
۵-۲- مرور ادبیات روش‌های تصمیم‌گیری ۴۳۱
۵-۳- فرآیند تصمیم‌گیری چند شاخصه ۴۳۲
۵-۳-۱-روش مجموع وزین ساده (SAW) ۴۳۶
۵-۳-۲- تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ۴۳۸
۵-۴- اولویت‌بندی فناوری‌هایICT صنعت برق بر اساس معیارهای ارزیابی ۴۴۳
۵-۵- نتیجه گیری ۴۴۴
مراجع مرحله ۲ ..... ۴۴۵

فهرست اشکال مرحله ۲

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۲- چرخه بازبینی نقشه راه ۷۶
شکل ۲-۲- معماری سه لایه ۷۸
شکل ۳-۲- رویکردهای فنآورانه و تاثیر بر صنایع[۴] ۸۱
شکل ۴-۲-فنآوری‌های نوظهور سال ۲۰۱۹ ..... ۸۹
شکل ۵-۲- درصد ارجاعات به فنآوریهای نوظهور (مبتنی بر جدول ۱۶-۲) ۹۶
شکل ۱-۳- سازماندهی نورونهای یک شبکه عصبی [۳] ۱۰۳
شکل ۲-۳- اجزای اصلی یک سیستم خبره [۱] ۱۰۷
شکل ۳-۳- نمونهای از الگوریتمهای هوش جمعی ۱۰۹
شکل ۴-۳- ساختار کلی الگوریتم های تکاملی ۱۱۲
شکل ۵-۳- مزایای تحلیل کلان دادهها برای کسب و کارها [۳] ۱۱۹
شکل ۶-۳- نحوه ارتباط بلوک‌ها در بلاکچین ۱۳۰
شکل ۸-۳- دستهبندی معایب بلاکچین ۱۳۹
شکل ۹-۳ – کاربرد های شبکه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء [۶] ۱۵۰
شکل ۱۰-۳- معماری سلسلهمراتبی رایانش مه [۱] ۱۷۱
شکل ۱۱-۳- معماری محاسبات لبه [۱] ۱۷۴
شکل ۱۲-۳- نقش شرکت‌های فناوری در اکوسیستم محاسبات کوانتومی ۱۹۹
شکل ۱۳-۳- کاربردهای محاسبات کوانتومی در صنایع ۲۰۰
شکل ۱۴-۳- سرمایه گذاری در STARTUPهای محاسبات کوانتومی ۲۰۱
شکل ۱۵-۳- بازار محاسبات کوانتومی ۲۰۱
شکل ۱۶-۳- نمای کلی از معماری SDN ۲۰۶
شکل ۱۷-۳- نمای کلی از تجهیزات شبکه سنتی (سمت راست) و شبکه SDN (سمت چپ) [۱] ۲۰۶
شکل ۱۸-۳- اجزای سوئیچ با در SDN [۱] ۲۰۷
شکل ۱۹-۳- مقایسه یک شبکه سنتی و اینترنت برق [۳] ۲۱۰
شکل ۲۰-۳- مایی از ارتباطات در شبکه اینترنت برق [۳] ۲۱۱
شکل ۲۱-۳- لایه‌های پلتفرم SDN در شبکه اینترنت برق [۳] ۲۱۱
شکل ۲۲-۳- شبکه مبتنی SDN در سطح خوشه [۳] ۲۱۲
شکل ۲۳-۳- جایگزینی عمکرد تجهیزات از سخت افزار آنها توسط شبکه 7] NFV] ۲۱۴
شکل ۲۴-۳- معماری شبکه 7] NFV] ۲۱۵
شکل ۲۵-۳- ارسال بلادرنگ اطلاعات ترانسفورماتورها از طریق شبکه سلولی ۲۳۳
شکل ۲۶-۳ – اتوماسیون توزیع در شبکه برق کشور چین ۲۳۳
شکل ۲۷-۳- مسیریاب بیسیم SIEMENS با اتصال شبکه سلولی 4G LTE ۲۳۴
شکل ۲۸-۳- ارتباطات سلولی اجراشده برای سیستم خورشیدی ۲۳۶
شکل ۲۹-۳-ارتباطات مخابراتی سلولی در نیروگاههای بادی ۲۳۶
شکل ۳۰-۳- پروژه میکروگرید در کشور هائیتی ۲۳۷

شکل ۳۱-۳- دستهبندی فناوریهای بیسیم مخابراتی ۲۵۷
شکل ۳۲-۳- ساختار ارتباطات بیسیم (برد بلند – برد کوتاه)..... ۲۶۵
شکل ۳۳-۳- سکوهای کاربردی OWC [۲] ۲۸۰
شکل ۳۴-۳- لایه‌های یک شبکه مخابراتی براساس دیتا ۲۹۲
شکل ۳۵-۳- روند تکاملی فناوری‌های مخابراتی مورد استفاده در شبکه‌های انتقال ۲۹۳
شکل ۳۶-۳- اجزای سیستم SDH ۲۹۵
شکل ۳۷-۳- لایه‌های مختلف سیستم SDH..... ۲۹۵
شکل ۳۸-۳- شبکه مخابراتی مبتنی بر تکنولوژی NG-SDH..... ۲۹۷
شکل ۳۹-۳- مالتی پلکسینگ طول موج (WDM)..... ۲۹۸
شکل ۴۰-۳- قابلیت پشتیبانی OTN از انواع داده‌های مختلف ۲۹۸
شکل ۴۱-۳- نرخ بیت‌های استاندارد OTN..... ۲۹۹
شکل ۴۲-۳- انواع FTTX..... ۳۰۰
شکل ۴۳-۳- مالتی پلکسینگ در فیبر نوری A) TDMA، B) WDM ۳۰۱
شکل ۴۴-۳- معماری عمومی پشته پروتکلی شبکه‌های OSI متشکل از لایه کاربردی، لایه انتقال، لایه شبکه، لایه MAC و لایه فیزیکی
.....
..... ۳۰۹
شکل ۴۵-۳- روش‌های امنیتی در لایه فیزیکی [۴]..... ۳۱۰
شکل ۴۶-۳- روش‌های احراز هویت و رمزنگاری در لایه فیزیکی..... ۳۱۱
شکل ۴۸-۳-استفاده از بمب الکترومغناطیسی برای ایجاد اختلال در وسایل برق..... ۳۱۳
شکل ۴۹-۳- تجهیزات داخل یک بمب الکترومغناطیسی ۳۱۴
شکل ۵۰-۳- نمونهای از محفظه پوشش الکترومغناطیسی ۳۱۵
شکل ۵۱-۳-خطوط برق در معرض امواج بزرگ الکترومغناطیسی ۳۱۶
شکل ۵۲-۳- تاثیر امواج بر بدن انسان..... ۳۱۷
شکل ۵۳-۳- انواع روش‌های انتقال توان بیسیم..... ۳۲۰
شکل ۵۴-۳- بلوک دیاگرام سیستم انتقال برق بیسیم با روش مایکروویو ۳۲۱
شکل ۵۵-۳- بلوک دیاگرام سیستم انتقال برق بیسیم با روش لیزر..... ۳۲۲
شکل ۵۶-۳- انتقال برق بیسیم با روش تزویج خازنی..... ۳۲۳
شکل ۵۷-۳- مدار معادل یک سیستم انتقال توان بیسیم از طریق القایی غیررزونانسی ۳۲۴
شکل ۵۸-۳- مدار معادل روش القایی رزونانسی (الف) رزونانسی ساده و (ب)رزونانسی با تزویج قوی..... ۳۲۶
شکل ۵۹-۳- کاربرد انتقال توان بیسیم در شارژ بیسیم وسایل نقلیه برقی..... ۳۳۰
شکل ۶۱-۳- کاربرد انتقال توان بیسیم جهت تامین انرژی موردنیاز تجهیزات خانگی ۳۳۱
شکل ۶۳-۳- کاربرد انتقال توان بیسیم جهت انتقال انرژی به اجسام پرنده ۳۳۲
شکل ۶۴-۳- کاربرد انتقال توان بیسیم جهت انتقال انرژی از منابع تولید پراکنده محلی به مشترکین نزدیک..... ۳۳۲
شکل ۶۶-۳- میزان تولید انرژی توسط روشهای مختلف در سالهای گذشته و آینده [1] ۳۴۰
شکل ۶۷-۳- انرژیهای مختلف برای استحصال برق [2]..... ۳۴۰
شکل ۶۸-۳ شماتیک یک ماژول استحصال برق از انرژی الکترومغناطیسی[2] ۳۴۱
شکل ۶۹-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق..... ۳۴۴

شکل ۳-۷۰- آنتن دوقطبی معمولی و تاشده ۳۴۶
شکل ۳-۷۱- یک نمونه آنتن مونوپل سیمی ۳۴۷
شکل ۳-۷۲- برخی از انواع آنتن شیپوری ۳۴۷
شکل ۳-۷۳- آنتن حلقوی یا هلیکس معمولی و کوادرافیلار ۳۴۸
شکل ۳-۷۴ دو نمونه از آنتنهای بشقابی ۳۴۸
شکل ۳-۷۵- یک نمونه آنتن PATCH مایکرواستریپ ۳۴۹
شکل ۳-۷۶- یک آنتن آرایهای و تکی مایکرواستریپ ۳۴۹
شکل ۳-۷۸- نمونهای از آنتن با پیکر بندی مجدد با استفاده از دیود ۳۵۱
شکل ۳-۷۹- دو نمونه از آنتن‌های آرایهای موج میلیمتری ۳۵۲
شکل ۳-۸۰- ارتباط بین واقعیت ترکیب، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده [۴] ۳۵۸
شکل ۳-۸۱- کاربردهای واقعیت افزوده در حوزههای مختلف صنعت برق [۸] ۳۶۰
شکل ۳-۸۲- نرمافزار مزرعه بادی دیجیتالی شرکت جنرال الکتریک ۳۶۴
شکل ۳-۸۳- همزاد دیجیتال جنرال الکتریک [۳] ۳۶۵
شکل ۳-۸۴- فناوری خانه هوشمند با بهره‌گیری از رابط کاربری محاوره‌ای ۳۶۸
شکل ۳-۸۵- نمونه مکالمه کاربر با TESLABOT ۳۶۹
شکل ۳-۸۶-تصویربرداری اشعه ایکس از مقرهها ۳۷۰
شکل ۳-۸۷- تشخیص خرابی خطوط انتقال در شبکه برق ۳۷۱
شکل ۳-۸۸- استفاده از التراسونیک برای لولههای بویلر ۳۷۱
شکل ۳-۸۹-استفاده از التراسونیک برای تست غیر مخرب تیغههای توربین بادی ۳۷۲
شکل ۳-۹۰- مکانیزم سیستم دندهای WARM GEAR ۳۸۳
شکل ۳-۹۱- نمونه ربات پرنده صنعتی ۳۸۸
شکل ۳-۹۲- ربات ABIGAIL با قابلیت بالا رفتن از روی دیوار (مربوط به دانشگاه SIMON FRASER – MENRAVA) ۳۹۰
شکل ۳-۹۳- کشتی خودمختار REVOLT کمپانی DNV GL ۳۹۱
شکل ۳-۹۴- مسیریابی هوشمند و اجتناب از برخورد با موانع سیستم MUNIN ۳۹۲
شکل ۳-۹۵- ربات انسان‌نمای غواص OCEANONE ۳۹۲
شکل ۳-۹۶- چند نمونه از پیاده‌سازی بازوی رباتیک در پروژه AEROARMS ۳۹۵
شکل ۳-۹۷- تصویر همکاری ربات SECONDHANDS با تکنسین در واحد صنعتی ۳۹۶
شکل ۳-۹۸- تیم پروژه ربات RADRIPER در حال آماده‌سازی ربات جهت انجام عملیات ۳۹۷
شکل ۴-۱- تعداد شرکتهای دانش بنیان به تفکیک نوع مجوز[1] ۳۹۸
شکل ۴-۲-تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان به تفکیک حوزه فناوری[1] ۳۹۹
شکل ۴-۳- نمای خروجی جستجو در پایگاه داده سایتDANESHBONYAN.IR ۴۰۰
شکل ۴-۴- فرصت‌ها و چالش های استفاده از رایانش ابری در شبکه هوشمند[19] ۴۰۴
شکل ۴-۵- شرکتهای ارائه کننده خدمات رایانش ابری در ایران[21] ۴۰۴
شکل ۴-۶- نقشه راه توسعه فنآوری رباتیک در صنعت برق[22] ۴۰۷
شکل ۴-۷- دسته بندی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات برای حوزه های تحقیقاتی در فناوری کوانتوم[۳۳] ۴۱۱
شکل ۵-۲- فرآیند تصمیم‌گیری چندشاخصه ۴۳۳

ی نقشه راه
.....
.....۷۶
شکل ۲-۲- معماری سه لایه.....۷۸
شکل ۳-۲- رویکردهای فنآورانه و تاثیر بر صنایع[۴].....۸۱
شکل ۴-۲-فنآوری‌های نوظهور سال ۲۰۱۹.....۸۹
شکل ۵-۲- درصد ارجاعات به فنآوریهای نوظهور (مبتنی بر جدول ۱۶-۲).....۹۶

فهرست جداول مرحله ۲

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۲- ماموریت‌ها، محرک ها و حالت های آتی ۶۸

جدول ۱-۲- ماموریت‌ها، محرک ها و حالت های آتی ۶۸
جدول ۲-۲- وضعیت آینده مشخص شده در هر کدام از زیر شاخه‌های برنامه ۱۶۱ ..... ۶۹
جدول ۳-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به ساختارهای داده استاندارد ۷۰
جدول ۴-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به داده‌های با سرعت و دقت بالا و دارای برچسب زمانی ۷۰
جدول ۵-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به تبدیل داده‌های با سرعت و دقت بالا با برچسب زمانی به سرمایه
.....
..... ۷۱
جدول ۶-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه ریزی شده در خصوص نیل به مدلهای دقیق داده و سیستم ۷۲
جدول ۷-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به نیروی کار و تجهیزات متصل به هم ۷۲
جدول ۸-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به افزایش هوشمندی بواسطه استانداردها و یکپارچه‌سازی ۷۳
جدول ۹-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به منابع تولید پراکنده تعامل‌پذیر و شامل پاسخ تقاضا ۷۴
جدول ۱۰-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه ریزی شده در خصوص نیل به معماری ارتباطی و کنترلی اعتبارسنجی شده برای منابع تولید پراکنده ۷۴
جدول ۱۱-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به شیوه عمل بهینه‌سازی شده برای اتصال DER/DR ۷۴
جدول ۱۲-۲- نگاشت فعالیت ها و اهداف عملیاتی ۷۵
جدول ۱۳-۲-بررسی حوزههای کاری دانشگاه استنفورد و کارنگی ملون ۸۵
جدول ۱۴-۲- کنفرانس های منتخب در حوزه انرژی ۸۷
جدول ۱۵-۲- محور های تحقیقاتی کنفرانس های منتخب ۸۸
۱۶-۲- تعداد ارجاعات موسسات به فناوری ۹۹
جدول ۱-۳- پروژههای نمونه هوش مصنوعی برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۱۱۶
جدول ۲-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۱۲۹
جدول ۳-۳- پروژههای نمونه بلاکچین برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۱۴۲
جدول ۵-۳- کاربردهای شبکه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء [۶] ۱۵۱
جدول ۶-۳- پروژه ها و چالش های مرتفع شده توسط فناوری اینترنت اشیا ۱۶۰
جدول ۷-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۱۶۷
جدول ۸-۳- نمونه محصولات و خدمات ارائه شده برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۱۷۱
جدول ۹-۳- مقایس رایانش مه و رایانش ابری [۱] ۱۷۳
جدول ۱۰-۳- شباهت‌های رایانش مه و محاسبات لبه [۱] ۱۷۵

جدول ۱۱-۳- تفاوت‌های رایانش مه و محاسبات لبه [۱] ۱۷۵
جدول ۱۲-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۱۸۲
جدول ۱۳-۳- تفاوت‌های عملکردی سیستم‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات با سیستم های کنترل صنعتی [۱] ۱۸۶
جدول ۱۴-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۱۹۵
جدول ۱۵-۳- پروژههای نمونه فناوری کوانتوم برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۲۰۴
جدول ۱۶-۳- پروژههای نمونه فناوری SDN برای حل چالش¬های موجود در صنعت برق ۲۱۳
جدول ۱۷-۳- پروژههای نمونه NFV برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۲۱۹
جدول ۱۸-۳- پروژههای نمونه فرستنده و گیرنده‌های رادیویی برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۲۲۳
جدول ۱۹-۳- ویژگی‌های GPP RELEASE 8 از LTE ۲۲۶
جدول ۲۰-۳- پروژههای نمونه برای حل چالش¬های موجود در صنعت برق با بهره گیری از فناوری 4G ۲۴۱
جدول ۲۱-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۲۵۳
جدول ۲۲-۳- اعضای فعال خانواده استاندارد ۸۰۲.۱۶ ..... ۲۵۴
جدول ۲۳-۳- پروزه ها و جالش های بر طرف شده توسط فناوری 5G ۲۵۶
جدول ۲۴-۳- مقایسه ویژگیهای فناوریها با برد بلند ۲۶۱
جدول ۲۵-۳- کاربردهای شبکههای غیرسلولی در شبکه هوشمند برق ۲۶۲
جدول ۲۶-۳- چالشهای مرتفع شده توسط ارتباطات بیسیم در شبکه‌های غیرسلولی ۲۶۴
جدول ۲۶-۳- چالشهای مرتفع شده توسط ارتباطات بیسیم در شبکه‌های غیرسلولی ۲۶۹
جدول ۲۸-۳- موسسات فعال در حوزه‌ی استانداردسازی و ارائه معماری مخابراتی ۲۷۳
جدول ۲۹-۳-برخی از کاربردهای شبکه‌های بیسیم کوتاه برد در بخش‌های تولید، انتقال، توزیع و مصرف ۲۷۵
جدول ۳۰-۳- برنامه‌های پژوهشی اتحادیه اروپا برای فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) ۲۷۶
جدول ۳۱-۳- پروژههای نمونه مخابرات بی سیم کوتاه برد برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۲۷۸
جدول ۳۲-۳- مشخصات فناوری‌های مخابرات نوری بیسیم (OWC) ۲۸۱
جدول ۳۳-۳- موسسات فعال در حوزه‌ی استانداردسازی و ارائه معماری مخابراتی ۲۸۵
جدول ۳۴-۳- برخی از کاربردهای شبکه‌های بیسیم نوری در صنعت برق ۲۸۷
جدول ۳۵-۳- برنامه‌های پژوهشی اتحادیه اروپا برای فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) ۲۸۸
جدول ۳۶-۳-روژههای نمونه مخابرات بی سیم نوری برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۲۹۱
جدول ۳۷-۳- مقادیر استاندارد نرخ بیت‌های SONET/SDH ۲۹۴
جدول ۳۸-۳- استانداردهای اترنت سرعت بالا مبتنی بر فیبر نوری SINGLE MODE ۳۰۳
جدول ۳۹-۳- استانداردهای اترنت سرعت بالا مبتنی بر فیبر نوری ۳۰۴
جدول ۴۰-۳- پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق ۳۰۸
جدول ۴۷-۳- پروژههای امنیت فیزیکی در صنعت برق و انرژی ۳۱۲
جدول ۴۲-۳- مقایسه انواع روش‌های انتقال توان بیسیم ۳۲۷
جدول ۴۳-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۳۳۹
جدول ۴۴-۳- پروژههای نمونه آنتن برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۳۵۴
جدول ۴۵-۳- راه حلهای واقعیت مجازی، افزوده و ترکیبی برای چالشهای صنعت برق ۳۵۹
جدول ۴۶-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق توسط همزاد دیجیتال ۳۶۶
جدول ۴۷-۳- دستیار مجازی در اتوموبیل‌های فعلی ۳۶۹
جدول ۴۸-۳- پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق ۳۷۳

جدول ۴۹-۳- پروژههای نمونه برای تجمیع واحدهای نوین در صنعت برق ۳۷۷
جدول ۵۰-۳- روژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق..... ۳۷۹
جدول ۵۱-۳- پروژههای پایش و مدیریت شبکه برق و بازار برق ۳۸۰
جدول ۵۲-۳- پروژههای ارتباطات انرژیهای چندگانه ۳۸۰
جدول ۵۳-۳- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق ۴۰۲
جدول ۱-۴- شرکتهای دانش بنیان در زمینه اینترنت اشیاء[1]..... ۴۰۲
جدول ۲-۴- شرکتهای دانش بنیان در زمینه رایانش ابری[1]..... ۴۰۵
جدول ۳-۴. شرکتهای دانش بنیان در زمینه رباتیک[1] ۴۰۶
جدول ۴-۴- شرکتهای دانش‌بنیان در زمینه داده[1]..... ۴۱۰
جدول ۵-۴- شرکتهای دانش بنیان در زمینه هوش مصنوعی[1] ۴۱۴
جدول ۶-۴- شرکتهای دانش بنیان در زمینه مجازی‌سازی[1]..... ۴۱۵
جدول ۷-۴- شرکتهای دانش بنیان در زمینه پردازش سیگنال [1]..... ۴۱۸
جدول ۸-۴. شرکتهای دانش بنیان در زمینه شبکههای مخابراتی [1]..... ۴۲۲
جدول ۱۰-۴- خلاصه وضعیت فناوری‌ها در کشور و تحلیل شکاف..... ۴۲۸
آینده مشخص شده در هر کدام از زیر شاخه‌های برنامه ۱۶۱..... ۶۹
جدول ۳-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به ساختارهای داده استاندارد..... ۷۰
جدول ۴-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به داده‌های با سرعت و دقت بالا و دارای برچسب زمانی..... ۷۰
جدول ۵-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به تبدیل داده‌های با سرعت و دقت بالا با برچسب زمانی به سرمایه
..... ۷۱
جدول ۶-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه ریزی شده در خصوص نیل به مدلهای دقیق داده و سیستم..... ۷۲
جدول ۷-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به نیروی کار و تجهیزات متصل به هم..... ۷۲
جدول ۸-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به افزایش هوشمندی بواسطه استانداردها و یکپارچه‌سازی..... ۷۳
جدول ۹-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به منابع تولید پراکنده تعامل‌پذیر و شامل پاسخ تقاضا..... ۷۴
جدول ۱۰-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه ریزی شده در خصوص نیل به معماری ارتباطی و کنترلی اعتبارسنجی شده برای منابع تولید پراکنده
..... ۷۴
جدول ۱۱-۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به شیوه عمل بهینه‌سازی شده برای اتصال DER/DR..... ۷۴
جدول ۱۲-۲- نگاشت فعالیت ها و اهداف عملیاتی..... ۷۵
جدول ۱۳-۲-بررسی حوزههای کاری دانشگاه استنفورد و کارنگی ملون..... ۸۵
جدول ۱۴-۲- کنفرانس های منتخب در حوزه انرژی ۸۷
جدول ۱۵-۲- محور های تحقیقاتی کنفرانس های منتخب..... ۸۸

۱۶-۲- تعداد ارجاعات موسسات به فناوری ۹۹

مقدمه مرحله ۲

گزارش این مرحله مرتبط با شناسائی فناوری‌های نوظهور ICT ، امکان بکارگیری آن‌ها در صنعت برق نوین و بررسی مزایا و معایب بکارگیری آنها می‌باشد. این گزارش از فصل‌های زیر تشکیل شده است:

فصل ۱: بررسی اسناد بالادستی و نهایی‌سازی چالش‌های مورد بررسی: در گزارش مرحله ۱ بر اساس مطالعات تطبیقی و همچنین نظر سنجی از خبرگان چالش‌های فنی صنعت برق تعیین گردید. در این فصل جهت نهایی‌سازی چالش‌های تعیین شده اسناد بالادستی بررسی می‌شوند.

فصل ۲: تعیین فناوری‌های نوظهور با بررسی لیست دانشگاه‌ها، کنفرانس‌ها و موسسات معتبر در حوزه ICT در بخش انرژی: در این فصل با به تعیین فنآوری‌های نوظهور در صنایع برق، کامپیوتر و انرژی پرداخته شده است. مراجع مورد استناد در این بخش مراکز تحقیقاتی معتبر در حوزه انرژی و محور تحقیقاتی ICT در دانشگاه‌ها، کنفرانس‌ها و شرکت‌های تعیین کننده روند فنآوری‌های نوین می‌باشد.

فصل ۳:. بررسی مزایا، معایب و کابردهای فنآوری‌های نوظهور ICT در بخش انرژی و انتخاب فناوری نوظهور بر اساس چالش‌های تعیین شده: در این فصل ابتدا فناری های تعیین شده به طور اجمالی معرفی می‌گیرند و مزایا، معایب و کاربردهای آنها در صنعت برق بیان می‌گردد. سپس ارتباط این فناوری ها با چالش ها تعیین شده و با توجه به اینکه حوزه استراتژیک پروژه فناوری‌های نوظهور در رفع چالش‌های صنعت برق می‌باشد، فناوریهای که چالش‌های صنعت برق را پوشش می‌دهند در ادامه روند پروژه در نظر گرفته شوند.

فصل ٤: بررسی وضعیت موجود فناری‌های انتخاب شده در کشور و اولویت‌بندی فناوری‌ها: در این فصل وضعیت کشور در خصوص فعالیت‌های انجام شده در حوزه فناوری‌های انتخابی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصل ۵: نتیجه گیری: در این فصل بر اساس معیارهای راهبردی فناوری‌ها جهت تعیین پروژه های پژوهشی در گروه اولویت‌بندی و نتیجه‌گیری از بررسی‌های انجام شده، ارائه می‌شود.

فصل ۱

بررسی اسناد بالادستی و نهایی‌سازی چالش‌های مورد بررسی

۱-۱- مقدمه فصل ۱

در گزارش مرحله ۱ لیست چالش‌های فنی ساختارهای آتی صنعت برق بر اساس نظر سنجی خبرگان و مطالعات تطبیقی به صورت زیر استخراج گردید:

چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه

- شامل نیروگاه‌ها، واحدهای تولیدی، خودروهای برقی و منابع تولید انرژی‌های تجدید پذیر و تولید پراکنده در سطوح ولتاژ پایین و متوسط LV و MV که بر روی پایداری سیستم‌تاثیرگذار می‌باشند.
- به صورت مرکزی، یکپارچه و محلی از جانب منابع تولید پراکنده
- با هدف مدیریت انرژی، بهینه‌سازی جریان بار در سطح محلی، تشخیص خطا، کیفیت توان (ولتاژ و هارمونیک) و بهینه‌سازی عملیات نگهداری
- از طریق ایجاد زیرساختهای مخابراتی لازم با بهره‌گیری از فناوری اینترنت اشیاء، کلان داده و ... به گونه ای که که قادر به کنترل فرآیند و تبادل حجم عظیم داده‌های اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده به صورت بلادرنگ ومقیاس‌پذیر باشند.

چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری‌های نوین ICT

- با هدف طراحی شبکه قدرت انعطاف‌پذیر، بهبود و بهینه‌سازی کیفیت، برنامه‌ریزی شبکه قدرت، کم نمودن تاثیر خرابی و بهبود و بازیابی سریع شبکه قدرت
- با در نظر گرفتن رویکردهای احتمالی و ارزیابی ریسک به صورت خودکار و یا به منظور پیش‌بینی موقعیت‌های اضطراری بالقوه، ارائه هشدار زودهنگام به اپراتورهای سیستم ارائه راه‌حل‌های ممکن به صورت بلادرنگ به منظور افزایش قابلیت اطمینان و تاب‌آوری

چالش ۳ – نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فن‌آوری اطلاعات نوین

- با هدف ارائه خروجی انرژی قابل‌اطمینان تا انرژی پاک بتواند یکپارچه، پیش‌بینی شده و به صورت هوشمند در شبکه مدیریت شود.

چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت

- با هدف استفاده کارامد از منابع انرژی تولید پراکنده، کنترل بارهای خانگی و خودروهای برقی
- از طریق ایجاد زیرساخت‌های مخابراتی، دسترسی به اطلاعات مصرف کاربران و توانایی اصلاح الگوی مصرف آنها با پردازش بلادرنگ اطلاعات کنتور و با در نظر گرفتن سیگنال‌های قیمت
- از طریق ایجاد زیرساخت‌های ارتباطی و قانونی لازم و پیش بینی موثر تقاضا برای تعاملات مناسب بین فعالان بازار و اپراتورهای شبکه و برنامه ریزی در خصوص تاثیر برق رسانی به بخش‌های ساختمان و حمل و نقل در شبکه در جهت اطمینان از کیفیت و امنیت برق‌رسانی و استفاده از مزایای بالقوه کنترل بار مانند افزایش پیک سایی و صرفه‌جویی در انرژی

چالش ۵ –بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید

با هدف توسعه مفاهیم جدید پایش، بهره‌وری انرژی، بکارگیری روش‌های جدید تعمیر و نگهداری، پیش بینی تاثیرات حاصل از وقوع تغییرات اقلیمی بر شبکه قدرت، افزایش عمر تجهیزات، بهبود روشهای نگهداری دارایی‌های جاری

از طریق ایجاد تولید و توسعه سامانه‌های مربوط به مدیریت دانش (جهت نگهداری سوابق مربوط به تجهیزات، رویدادها و... در شبکه).

از طریق پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته‌ی جدید، مانند رباتیک یا پهباد و ...

چالش ۶ – تعامل و اتصال شبکه های برق با هم و با دیگر شبکه‌های انرژی

- با هدف کاهش گازهای گلخانه‌ای
- از طریق ایجاد بسترهای مخابراتی لازم و توسعه ابزارهای تحلیل تعادل بار و موضوعات اتصال کل سیستم انرژی (پایش و کنترل کل شبکه انرژی)

چالش ۷- رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن معیارهای طراحی جدید

- با هدف به حداقل رساندن نویز تجهیزات ولتاژ بالا و تاثیرات بصری، فرهنگ سازی، اطلاع رسانی برای کاهش مصرف به گونه‌ای که اثرات زیست‌محیطی کاهش یابد.

چالش ۸ – رفع چالش عدم سرمایه گذاری ذینفعان با ایجاد عامل های انگیزشی در جهت بهبود پذیرش عمومی و مشارکت سهامداران در ارتقاء زیرساخت شبکه برق

چالش ۹ – استانداردسازی تبادل داده

- با هدف ایجاد پروتکل هماهنگ و محدود برای پشتیبانی از ارتباطات در بخش انرژی

چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی

- با تاکید بر حفاظت از سیستم‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات از عواملی چون دزدی، آسیب به سخت‌افزار، نرم‌افزار، و اطلاعات مربوط به آن‌ها ،شکستن یا ایجاد وقفه در خدمات و یا نقض حریم خصوصی
- از طریق فراهم آوردن رویه‌ها و ابزارهای تست امنیتی سیستم‌های سایبری و تجهیزات در جهت اعتبارسنجی امنیتی سیستم–های نرم‌افزاری و تجهیزات و اخذ گواهی‌های امنیتی معتبر

چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها

- با هدف توسعه ابزار برنامه‌ریزی سیستم برای تعیین توزیع بهینه منابع ذخیره‌سازی انرژی و پاسخ سریع به شبکه قدرت در سطوح مختلف ولتاژ برای تسهیل در عملیات سیستم انتقال و توزیع و همچنین کمک رسانی به بازیگران بازار و بهره‌برداران شبکه در جهت درک ارزش افزوده واقعی (فنی و اقتصادی) ذخیره‌سازی در عملیات سیستم

چالش ۱۲– بازار با اهداف:

- ادغام بازار باشبکه قدرت باتوسعه ابزارهای جدیدی
- با هدف تحلیل بازار و شبکه قدرت و ایجادیک مکانیزم موثر در مدیریت بازار
- طراحی بازار انعطاف‌پذیر
- با هدف بکارگیری سهم بزرگی از تولید انرژی تجدید پذیر با هزینه مقرون به صرفه و موثر در سیستم به نحوی‌که در افق کوتاه‌مدت، توصیه‌هایی در خصوص قواعد خاص برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر/انرژی‌های تولید پراکنده در خدمات سیستم قدرت و همچنین راه‌حل‌هایی برای ایجاد تعادل بار ارائه کند
- از طریق توسعه مدل‌های بازار بهبود یافته و ابزارهای شبیه‌سازی
- توسعه مدل‌های کسب و کار
- با هدف ایجاد انگیزه و تشویق سرمایه‌گذاری‌های عظیم برای رسیدن به اهداف سیستم انرژی آینده
- از طریق توسعه ابزارها برای مدل‌سازی کلی بخش انرژی به نحوی‌که شرایط همکاری بین بخش‌های مختلف انرژی و زیرساخت‌های مختلف شناسایی و امکان‌سنجی سرمایه‌گذاری با یک رویکرد فرامرزی و با در نظر گرفتن کل شبکه انرژی، فراهم شود.

در این فصل از گزارش مرحله ۲ به منظور نهایی سازی چالش ها و بررسی انطباق آنها اسناد بالادستی صنعت برق، مستندات مربوط به ارگان‌های مرتبط که بر وضعیت موجود صنعت برق موثر هستند مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرند. در هر سند موارد مورتبط با ICT و ارتباط آن با چالش ها مورد بررسی قرار می گیرد.

۲-۱- بررسی اسناد بالادستی

سیاستهای کلی و اهداف کلان مرتبط با فناوریهای مرتبط با اطلاعات و ارتباطات در صنعت برق، در اسناد بالادستی متعددی بیان شده است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- سیاستهای کلی اقتصاد مقاومتی- مقام معظم رهبری- سال ۹۲
- قانون برنامه پنجساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۶ - ۱۴۰۰ – سال ۹۵
- سند ملی راهبرد انرژی کشور- دولت- سال ۹۶
- برنامه وزیر محترم نیرو در دولت دوازدهم- جناب آقای دکتر اردکانیان- سال ۹۶
- برنامه راهبردی وزارت نیرو ۱۴۰۴ - وزارت نیرو- سال ۹۶
- سند چشمانداز شرکت توانیر در افق سال ۱۴۰۴ - سال ۹۶
- نقشه جامع توسعه دولت الکترونیکی کشور- معاونت برنامه ریزی ریاست جمهوری و سازمان فناوری اطلاعات- سال ۹۳
- سیاستها و اولویتهای پژوهش و فنّاوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰

در ادامه در هر سند موارد مرتبط با هدف این پروژه و ارتباط آن با چالش های تعیین شده بیان می گردد.

۱-۲-۱- سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی- مقام معظم رهبری- سال ۹۲

یکی از اسناد معتبری که در توسعه کشور بایستی به آن توجه شود سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی است که از سوی مقام معظم رهبری به ارگان‌های مرتبط ابلاغ گردیده است. این سند با هدف تأمین رشد پویا و دستیابی به اهداف سند چشم‌انداز بیست ساله در ۱۳۹۲/۱۱/۲۹ در قالب ۲۴ مورد ابلاغ شده که موارد مرتبط با هدف این پروژه به شرح زیر است [۱]:

- مدیریت مصرف با تأکید بر اجرای سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف و ترویج مصرف کالاهای داخلی همراه با برنامه- ریزی برای ارتقاء کیفیت و رقابت پذیری در تولید. (چالش ۴)
- برنامه‌ریزی تولید ملی متناسب با نیازهای صادراتی، شکل‌دهی بازارهای جدید، و تنوع بخشی پیوندهای اقتصادی با کشورها به ویژه با کشورهای منطقه (چالش ۶، ۱۲).
- مقابله با ضربه پذیری درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز از طریق انتخاب مشتریان راهبردی، ایجاد تنوع در روش‌های فروش، مشارکت دادن بخش خصوصی در فروش و افزایش صادرات برق. (چالش ۱۲ و ۸)
- افزایش ارزش افزوده از طریق تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز، توسعه تولید کالاهای دارای بازدهی بهینه (براساس شاخص شدت مصرف انرژی) و بالا بردن صادرات برق، محصولات پتروشیمی و فرآورده‌های نفتی با تأکید بر برداشت صیانتی از منابع.(چالش ۶ ، چالش ۲)
- افزایش پوشش استاندارد برای کلیه محصولات داخلی و ترویج آن.(چالش ۹)

۲-۲-۱- قانون برنامه پنج ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۰-۱۳۹۶) سال ۱۳۹۵

قانون برنامه پنج‌ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۰ – ۱۳۹۶) در ۱۳۹۵/۱۲/۲۵ ابلاغ گردید. همچنین بخش دهم این قانون به برنامه حوزه انرژی، صنعت و معدن اختصاص یافته که در این قسمت مواردی که مرتبط با صنعت برق و انرژی می‌باشد، به شرح زیر است [۲]:

در ماده ۴۴ بند الف (دولت مکلف است به منظور افزایش ارزش افزوده انرژی و تکمیل زنجیره ارزش و کاهش شدت انرژی"مصرف انرژی برای واحد تولید" در طول اجرای قانون برنامه ترتیبی اتخاذ نماید که سالانه تلفات انرژی در بخش ساختمان، پنج درصد کاهش یابد. در تبصره این ماده آمده است که آیین نامه اجرائی مربوطه ظرف مدت شش ماه پس از لازم الاجراء شدن این قانون توسط وزارتخانه‌های نیرو، راه و شهرسازی و نفت تهیه می‌شود و به تصویب هیأت وزیران میرسد. در بند ب ماده ۴۴ وزارت نیرو موظف است به منظور افزایش بازدهی و ضریب بهره‌وری نیروگاه‌ها موافقت اصولی برای ایجاد نیروگاه‌ها با بازدهی پنجاه و پنج تا شصت درصد صادر نماید و همچنین قیمت خرید برق را با توجه به ساز و کار بازار در بورس تعیین نماید.(چالش ۲، ۵ و ۱۲)

در ماده ۴۵ طرح جامع انرژی کشور وزارتخانه‌های نفت و نیرو موظفند با همکاری سایر دستگاههای اجرائی ذیربط، برنامه اجرائی را تا پایان سال اول اجرای قانون برنامه در چهارچوب قوانین مربوطه و در راستای سند ملی راهبرد انرژی کشور مصوب شورای عالی انرژی کشور، تهیه کنند و به تصویب هیأت وزیران برسانند. در ماده ۴۶ به منظور رونق تولید، نوسازی صنایع، حمایت هدفمند از صنایع دارای اولویت سیاستهای کلی اقتصاد مقاومتی و همچنین توسعه صادرات غیرنفتی، دولت و دستگاههای اجرائی مکلف اند طرح جایگزینی محصولات کم بازده صنعتی و پرمصرف مانند خودروهای فرسوده را سالانه بیست درصد (۲۰ ٪) از سال دوم اجرای قانون برنامه با اعطای مشوقهای مورد نیاز اجراء نماید. (چالش ۵، ۸)

در ماده ۴۸ و دربند ت دولت مکلف است از طریق وزارت نیرو در طول اجرای برنامه نسبت به افزایش توان تولید برق تا بیست و پنج هزار مگاوات از طریق سرمایه‌گذاری مؤسسات عمومی غیردولتی، تعاونی و خصوصی اعم از داخلی و خارجی و یا منابع داخلی شرکتهای تابعه یا به صورت روش‌های متداول سرمایه‌گذاری از جمله ساخت، بهره‌برداری و تصرف و ساخت، بهره‌برداری و انتقال اقدام نماید. خرید تضمینی برق بر اساس نرخ تعیین شده توسط شورای اقتصاد خواهد بود. در بند ج از ماده ۴۸ در جهت اجرائی شدن سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه و اقتصاد مقاومتی دولت موظف است فرهنگ جهادی در ایجاد ارزش افزوده، تولید ثروت، بهره‌وری، کارآفرینی، سرمایه‌گذاری و اشتغال مولد و اعطای نشان اقتصاد مقاومتی به اشخاص دارای خدمات برجسته در این زمینه را تقویت نماید و ابعاد اقتصاد مقاومتی و گفتمان سازی آن به ویژه در محیط‌های علمی، آموزشی و رسانه‌ای و تبدیل آن به گفتمان فراگیر و رایج ملی را تبیین و ترویج نماید. (چالش ۸)

در ماده ۴۹ دولت موظف است از سال اول برنامه اقدامات لازم را در راستای تشکیل بازار منطقه‌ای و ایجاد قطب (هاب) منطقه ای برق به عمل آورد به‌طوریکه شبکه برق کشور از شمال، جنوب، شرق و غرب به کشورهای همسایه متصل شود (چالش ۶).

در ماده ۵۰ دولت مکلف است سهم نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک با اولویت سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی (داخلی و خارجی) با حداکثر استفاده از ظرفیت داخلی را تا پایان اجرای قانون برنامه به حداقل پنج درصد(۵ ٪) ظرفیت برق کشور برساند.(چالش ۴)

۳-۲-۱- سند ملی راهبرد انرژی کشور- دولت- سال ۹۶

این سند، نقشه‌ای جامع و همه سویه برای مدیریت بخش انرژی کشور در یک بازه ۲۵ ساله تا افق سال ۱۴۲۰ هجری خورشیدی به عنوان سند بالادستی بخش انرژی کشور توسط شورای عالی انرژی کشور تصویب و پس از تصویب هیات محترم ویران ابلاغ شده است. این سند ترسیم کننده چارچوب سیاستگذاری بخش انرژی کشور است و شورای عالی انرژی بر اساس

الزام قانونی مطرح در ماده قانون ۳ قانون اصلاح مواد (۲) و (۴) قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران مصوب ۱۳۸۱/۴/۳۱ مجلس شورای اسلامی، اقدام به تدوین این سند نموده است. در بند الف ماده ۱۲۰ قانون برنامه ششم توسعه تدوین"سند ملی راهبرد کشور" به دولت تکلیف شده است. در این سند چالش‌ها و راهبردهای مربوط به بخش انرژی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در ادامه چالش‌های ذکر شده در این سند که مرتبط با پروژه می‌باشند مورد بررسی قرار گرفته اند [۳].

۱. بالابودن شدت انرژی و پایین بودن بهره وری انرژی در ایران در مقایسه با سایر کشورهای همتراز (چالش ۲، ۵)
۲. بالا بودن تلفات در بخش‌های تولید، تبدیل و عرضه انرژی کشور (چالش ۵)
۳. فقدان سازوکارهای مناسب بازار در عرضه محصولات انرژی (چالش ۱۲)
۴. محدودیت در دسترسی به منابع مالی بین المللی (چالش ۱۲)
۵. محدودیت دسترسی به فنآوری‌های نوین (چالش ۲)
۶. ناکافی بودن حضور بخش غیردولتی در سرمایه گذاری بخش انرژی (چالش ۸)
۷. طولانی بودن فرآیند اخذ تسهیلات بانکی و اخذ مجوزهای لازم قانونی(چالش ۱۲)
۸. ورود و تولید محصولات کم بازده و پرمصرف انرژی (چالش ۵)
۹. بالا بودن نرخ انتشار گازهای آلاینده هوا(چالش ۶)

در بخش راهبرد های بخش انرژی راهبرد های مرتبط با اهداف پروژه نیز به شرح زیر می‌باشند:

۱- بهبود و ارتقای بازار برق و عملکرد آن در تامین مطمئن برق برای تضمین روند توسعه پایدار (چالش ۱۲)
۲- ارتقای سطح امنیت و پایایی در شبکه سراسری برق (چالش ۱۰)
۳- حداکثر بهره گیری از منابع انرژی اولیه و تامین و صادرات برق به کشور های منطقه با رعایت ملاحظات اقتصاد انرژی و دیپلماسی انرژی. (چالش ۱ و ۲)
۴- کاهش تلفات توزیع برق تا سطح متوسط کشور های توسعه یافته. (چالش ، ۴ ، ۲ و ۵)
۵- افزایش سهم انرژی‌های تجدید پذیر و پاک در ظرفیت تولید برق کشور. (چالش ۱ ، ۲ و ۴)
۶- ارتقای بهره وری نیروگاه‌های حرارتی کشور در سطح متوسط کشور های توسعه یافته. (چالش ۱، ۲ و ۵)
۶- افزایش بهره وری در زنجیره صنعت برق کشور از طریق توسعه و توانمند سازی سرمایه انسانی، توسعه، فنآوری، توسعه نظام های مدیریتی و کاربری تجهیزات روزآمد جهانی (چالش ۴، ۵)

٤-۲-۱- برنامه وزیر محترم نیرو در دولت دوازدهم- جناب آقای دکتر اردکانیان- سال ۱۳۹٦

مبتنی بر این برنامه وزارت نیرو در راستای دستیابی به اهداف سند چشم انداز بیست ساله جمهوری استلامی ایران و سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی، در صدد است با تقویت روحیه جهادی و رویکرد های انعطاف پذیر، فرصت ساز، مولد، درون زا، نسبت به مدیریت عرضه و تقاضای آب و برق و ارائه خدمات مطلوب آب و برق و استفاده سالم از پساب اقدام نماید و در ایفای نقش و ماموریت‌های محوله، اصل خدمت رسانی صادقانه، رعایت حقوق شهروندی و کسب رضایت آحاد جامعه را درکنار رعایت استانداردهای ملی و معیارهای پذیرفته شده بین المللی، مورد تاکید قرار دهد. با حصول اطمینان از ایجاد زیرساخت‌های سخت افزاری و نرم افزاری به منظور ارائه خدمات گسترده، پیوسته و مستمر تأمین آب، برق و استفاده سالم از پساب به آحاد جمعیت کشور به صورت مطمئن و اقتصادی با رعایت ملاحظات زیست محیطی، وزارت نیرو نقش تعیین کننده ای در توسعه پایدار و بهبود مستمر کیفیت و رفاه زندگی مردم دارد. لذا کیفیت و پایداری ارائه این خدمات، تاثیر بسزایی بر دستاوردهای سایر بخش‌ها از جمله کشاورزی، مسکن، صنعت، خدمات، بهداشت، امنیت و محیط زیست خواهد داشت. همچنین وزارت نیرو با

تمرکز بر اجرای موثر امور حاکمیتی و کاهش تصدی گری، سعی در انجام این ماموریت‌ها با محوریت بخش خصوصی داشته و تاکید بر ارتقای سطح آموزش، پژوهش و فناوری و بسترسازی برای توسعه بازار کالا و خدمات صنعت آب و برق خواهد داشت. قابل توجه است که وزارت نیرو با توجه به ضرورت ارتقای منزلت اجتماعی روستائیان و جایگاه روستاها در اقتصاد ملی، با اولویت ایجاد زیرساخت‌های تامین آب و برق روستاها، به شکوفائی و پیشرفت عدالت محور روستاها کمک خواهد نمود. در اینجا به اختصار به اهداف وزارت نیرو در دولت دوازدهم که مرتبط با اهداف پروژه می‌باشند، بشرح زیر اشاره می‌شود [۴].

- حصول اطمینان از تامین آب و برق مطمئن و پایدار در جهت رفع نیازهای متعارف بخشهای مختلف کشور (چالش ۲)
- ارتقاء بهره وری شبکه برق کشور با تمرکز بر توسعه پایدار، امنیت عرضه و تقاضا، بهبود کیفیت و حفظ محیط زیست با گسترش انرژی های تجدیدپذیر. (چالش ۲ و ۴)
- مدیریت منابع انسانی، ارتقاء سطح دانش و خلاقیت، توسعه پژوهش و فناوری با تاکید بر تقویت توان تولید داخل
- رونق محیط کسب و کار در صنعت آب و برق از طریق تعامل حداکثری با بخش خصوصی و تعاونی‌ها، بهره مندی از ظرفیت‌های قانونی، حضور فعال در بازارهای ملی و بین المللی و جذب سرمایه (چالش ۸ و ۱۲)

چالش‌های ذکر شده در گزارش دکتر اردکانیان عبارتند از:

- رشد مصرف برق و بالابودن شدت مصرف انرژی (چالش ۴، ۵)
- راندمان نیروگاه ها و تلفات انرژی برق (چالش ۵)
- عدم تمرکز سیاستگذاری، تدوین راهبردها و اتخاذ تصمیمات در بخش انرژی کشور(چالش ۸)
- انباشت حجم بدهی های صنعت برق به تولید کنندگان بخش خصوصی برق، پیمانکاران و تولید کنندگان تجهیزات و بانکها به میزان بیش از سی هزار میلیارد تومان. (چالش ۱۲– مدل های کسب و کار جدید)
- عدم اصلاح تعرفه فروش و انشعاب برق متناسب با نرخ تورّم در سنوات گذشته (چالش ۱۲)
- عدم پرداخت ما به التفاوت قیمت تمام شده انرژی برق و انشعاب با قیمتهای فروش تکلیفی مطابق قانون حمایت از صنعت برق (چالش ۱۲)
- عدم تخصیص منابع عمومی برای ایجاد زیر ساختهای مورد نیاز در شبکه انتقال و فوق توزیع
- فقدان بستر لازم جهت استفاده از ظرفیت ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقای نظام مالی کشور
- فرسودگی شبکه های انتقال و توزیع (چالش ۵)

راهبردهای ذکر شده در گزارش دکتر اردکانیان عبارتند از:

- ارتقا و توسعه نظام مدیریت تقاضا و اصلاح الگوی مصرف انرژی با رویکرد کاهش شدّت انرژی در کشور از جمله با ایجاد نهاد تنظیم مقررات بخش برق (چالش ۴)
- اهمیّت ویژه به توسعه و بازسازی شبکه‌های فرسوده انتقال و توزیع (چالش ۱ و ۲)
- افزایش راندمان نیروگاهها و کاهش تلفات برق (چالش ۵)
- بهبود فضای کسب و کار، توسعه خصوصی سازی، گسترش مشارکت و ارتقاء توانمندیهای بخش خصوصی و توسعه بازارهای رقابتی و افزایش معاملات در بورس انرژی و گسترش سهم معاملات دو جانبه برق در بازار.(چالش ۱۲)
- توسعه انرژی های نو و تجدیدپذیر (چالش ۱)
- افزایش صادرات برق به کشورهای همسایه (چالش ۶)
- استفاده از سرمایه گذاریهای خارجی در طرح های برق و انرژی های تجدیدپذیر.(چالش ۸)
- کاهش آلاینده ها و تحقق اهداف حفاظت محیط زیست (چالش ۷)
- توسعه صادرات خدمات فنی و مهندسی و تجهیزات مرتبط با صنعت برق

- حمایت موثر از تولید داخل در بخش های مختلف صنعت برق
- افزایش ظرفیت نیروگاهی با استفاده از فناوری های جدید (چالش ۱، ۲ و۵)
- هماهنگی با صنعت گاز در جهت استفاده بهینه از منابع انرژی کشور و نیز کاهش خطرات ناشی از حوادث غیرمترقبه موثر بر شبکه های گاز شهری(چالش۶)

۵-۲-۱- برنامه راهبردی وزارت نیرو ۱٤۰٤ - وزارت نیرو- سال۱۳۹٦

طرح تدوین سند چشم‌انداز و برنامهٔ راهبردی بلندمدت وزارت نیرو از پنج سال گذشته تاکنون در سطح ستاد وزارتخانه و شرکت‌های مادر تخصصی در جریان است. در فاز یک این طرح مأموریت، چشم‌انداز، ارزش‌ها و راهبردهای وزارت نیرو و بخش‌های پنج‌گانه «آب»، «برق و انرژی»، «آب و فاضلاب»، «آموزش، پژوهش و فناوری» و «پشتیبانی صنعت آب و برق» تدوین شده‌اند. در فاز دو طرح نیز، راهبردهای وظیفه‌ای در حوزه‌های ده‌گانه «منابع انسانی»، «ساختار و فرآیند»، «خصوصی‌سازی»، «فناوری اطلاعات و ارتباطات»، «مالی»، «مشترکین»، «توسعهٔ صادرات»، «روابط بین‌الملل»، «روابط عمومی» و «مدیریت بحران و پدافند غیرعامل» توسط کارگروه‌های مربوط حاصل شده‌اند. در برنامه راهبردی وزارت نیرو به مطالب زیر مرتبط با اهداف پروژه پرداخته است [۵].

۱- تقویت توان و ارتقاء سطح سیاست گذاری و برنامه ریزی با تأکید بر: (چالش ۸)

۱-۱- گسترش تعاملات و ارتقاء مشارکت ذینفعان در امر سیاست گذاری و برنامه‌ریزی

۱-۲- تدوین، تصویب و اجرای قوانین جامع آب و برق کشور و به‌روزرسانی آنها

۱-۳- تدوین و استقرار برنامه‌های جامع آب و انرژی کشور

۱-۴- ایفای نقش اساسی در تدوین برنامه‌های آمایش سرزمین

۱-۵- اصلاح نظام برنامه‌ریزی عملیاتی و مدیریت طرح‌ها و پروژه‌ها

۱-۶- اعمال مدیریت بهم پیوسته آب در سطح ملی و حوضه‌های آبریز

۱-۷- استقرار و ارتقای نهاد سیاستگذاری، برنامه‌ریزی و راهبری مؤثر آموزش، پژوهش و فناوری صنعت آب و برق و ایفای نقش مؤثر در مراجع ذیصلاح

۲- استقرار و ارتقاء نظام پایش، ارزیابی و کنترل عملکرد براساس برنامه استراتژیک (چالش ۱)

۳- استقرار نظام قیمت‌گذاری، اصلاح شیوه نرخ‌گذاری و ساده‌سازی ساختار تعرفه‌ای خدمات با رویکرد تشکیل و استقرار نهادهای تنظیم مقررات و داوری به منظور ارتقاء بهره‌وری، استمرار خدمات و تحقق خوداتکایی مالی (چالش ۱۲)

۴- گسترش مشارکت و حضور بخش خصوصی و تعاونی درصنعت آب و برق با تأکید بر: (چالش ۸ و ۱۲)

۴-۱- انتقال مدیریت و مالکیت تأسیسات و سامانه‌های آب، آب و فاضلاب و برق و انرژی به بخش‌های خصوصی و تعاونی

۴-۲- بهبود فضای کسب و کار و تشویق بخش خصوصی و پشتیبانی از آنها به منظور سرمایه‌گذاری در صنعت آب و برق

۴-۳- ساماندهی و توسعه بازارهای آب و برق

۴-۴- حمایت از بخش‌های خصوصی و تعاونی در جهت ارتقاء سطح کیفیت، کاهش قیمت تمام‌شده و زمان ارائه خدمات

۴-۵- استقرار نظام ارزیابی عملکرد بنگاه‌های خصوصی و تعاونی

۴-۶- جلوگیری از شکل‌گیری انحصار

۴-۷- تدوین و اعمال استانداردهای اجباری در صنعت آب و برق

۵- نهادینه‌کردن نظام مشتری‌مداری و حمایت از حقوق مشترکین با تأکید بر: (چالش ۴، ۵)

۵-۱- بهره‌گیری از فناوری‌های جدید و اصلاح فرآیندهای موجود

۲-۵- استقرار نظام‌های پاسخگویی و پایش رضایت مشتریان
۳-۵- بهبود شاخص‌های کیفیت و کاهش قیمت تمام‌شده خدمات صنعت آب و برق
۶- ارتقاء مدیریت عرضه و تقاضا و اصلاح الگوی مصرف آب و برق با تأکید بر:(چالش ۴، ۸ و ۹)
۱-۶- ارتقاء بهره‌وری و استقرار نظام سنجش بهره‌وری آب و برق
۲-۶- اعمال سیاست‌های تشویقی و حمایتی
۳-۶- تدوین و اجرای استانداردهای مصرف آب و برق
۴-۶- پایداری و تعادل‌بخشی در عرضه و تقاضای آب با هدف کاهش تراز منفی
۵-۶- برقراری تعادل منطقه‌ای بین عرضه و تقاضای برق
۶-۶- توسعه سامانه‌های هوشمند در مدیریت و بهره‌برداری شبکه‌های آب و برق
۷-۶- اصلاح نظام قیمت‌گذاری آب و برق
۸-۶- ارتقاء سطح فرهنگ و آگاهی‌های عمومی مصرف آب و برق
۷- ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر:(چالش ۲، ۳ و ۵)
۱-۷- توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آنها
۲-۷- افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها
۳-۷- کاهش تلفات در شبکه‌های برق در جهت نیل به سطح بهینه
۴-۷- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر
۵-۷- سازگاری زیست‌محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیت‌های صنعت برق
۶-۷- توسعه نظام مدیریت پروژه و مهندسی ارزش در طرح‌ها و پروژه‌های صنعت برق
۸- ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فناوری در صنعت آب و برق با تأکید بر:
۱-۸- استقرار مدیریت دانش و مدیریت دانش‌محور در بخش‌های وابسته
۲-۸- گسترش پژوهش‌های کاربردی و توسعه‌ای و ارتقاء سطح تحقیق و توسعه
۳-۸- توسعه همکاری‌های مشترک با سازمان‌های مردم‌نهاد و مراکز علمی و پژوهشی داخلی و خارجی
۴-۸- تجاری سازی و مأموریتگرا کردن تحقیقات و نوآوری‌ها و حمایت از مالکیت معنوی
۵-۸- توسعه و تقویت مستمر سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مراکز آموزشی و تحقیقاتی صنعت آب و برق
۶-۸- ایجاد نظام پایش تحولات علمی و فناوری مرتبط با صنعت در سطح بین‌الملل
۷-۸- شناسایی فناوریهای نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی
۸-۸- ارتقاء نظام آموزشهای عمومی، تخصصی و مدیریتی
۹-۸- توسعه شبکه خبرگان، نخبگان و متخصصین
۹- توسعه منابع انسانی صنعت آب و برق با تأکید بر:
۱-۹- ظرفیت‌سازی، آموزش و توسعه توانمندی‌های منابع انسانی
۲-۹- اصلاح و ارتقاء نظام جذب و نگهداشت منابع انسانی
۳-۹- اصلاح و ارتقاء نظام ارزیابی عملکرد منابع انسانی
۴-۹- ارتقاء جایگاه مادی و معنوی متخصصان صنعت آب و برق
۵-۹- استقرار نظام پروانه صلاحیت حرفه‌ای
۶-۹- ارتقاء و توسعه نظام تأمین و پرورش مدیر

۱۰- توسعه روابط بین‌الملل و حضور مؤثر در مجامع، نهادها و تصمیم‌گیری‌های منطقه‌ای و جهانی و ارتقاء سطح همکاری و هم‌افزایی برای تأمین منافع ملی
۱۱- توسعه مبادلات آب و برق و صادرات تجهیزات و خدمات فنی و مهندسی با تقویت مؤلفه‌های رقابت‌پذیری ملی و بین‌المللی و استفاده از مزیت‌های نسبی و خلق مزیت‌های رقابتی پایدار
۱۲- تنوع بخشی به منابع مالی و تقویت توان مالی بخش‌های آب و برق با تأکید بر: (چالش ۱۲- مدل های کسب و کار)
۱-۱۲- جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی
۲-۱۲- حمایت از تأسیس بانک تخصصی غیردولتی نیرو
۱۳- توسعه و استقرار نظام جامع و فراگیر اطلاعات مدیریت و ارتقاء سطح امنیت و کارآمدی آن(چالش ۱۰)
۱۴- توسعه مدیریت خطرپذیری و بحران و پدافند غیرعامل در صنعت آب و برق با رویکرد استمرار ارایهٔ خدمات و کاهش آسیب‌پذیری منابع و تأسیسات با تأکید بر (چالش ۱۰):
۱-۱۴- تعمیم ضوابط و دستورالعملهای مدیریت بحران و پدافند غیرعامل در طراحی، ساخت و بهره‌برداری از تأسیسات صنعت آب و برق
۲-۱۴- طراحی و پیاده‌سازی نظام‌های پدافند غیرعامل و مدیریت بحران
۳-۱۴- آگاه‌سازی و توسعه فرهنگ مقابله با بحران

٦-۲-۱- سند چشم انداز شرکت توانیر در افق سال ۱٤۰٤- سال- سال ۱۳۹٦

مبتنی بر این سند ۱۲ هدف استراتژیک برای صنعت برق کشور به شرح ذیل است [۶]:
۱- تأمین برق مطمئن و پایدار (چالش ۱۰)
۲- تأمین برق اقتصادی (چالش ۴)
۳- کاهش تلفات برق (چالش ۵)
۴- اصلاح، بهینه سازی و توسعه زیرساخت‌های شبکه برق (چالش ۲)
۵- تأمین منابع مالی و تنوع بخشی به سبد سرمایه گذاری در برق (چالش ۱۲)
۶- ارتقای سطح رضایتمندی مشترکان، متقاضیان و سایر ذینفعان (چالش ۴)
۷- انطباق فعالیتها با ملاحظات زیست محیطی، ایمنی و سلامتی (چالش ۶ و ۷)
۸- تاب آوری شبکه و توانمندی صنعت در مدیریت بحران و پدافند غیر عامل (چالش ۱، ۱۰)
۹- اتوماسیون و هوشمندسازی شبکه برق (چالش ۱، ۲ و ۵)
۱۰- کسب فناوری‌های نوین و کاربردی
۱۱- مرکزیت تبادل برق در منطقه (چالش ۱)
۱۲- مدیریت عرضه و تقاضای برق (چالش ۴)

۷-۲-۱- نقشه راه توسعه دولت الکترونیکی- مشتمل بر: آیین نامه توسعه خدمات الکترونیکی دستگاههای اجرایی و ضوابط فنی اجرایی توسعه دولت الکترونیکی (مصوب شورای عالی فناوری اطلاعات) سال ۱۳۹۳

نقشهٔ جامع علمی کشور در چارچوب رهنمودهای رهبر کبیر انقلاب اسلامی(ره)، مقام معظم رهبری و قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران است و با پیشبینی سازوکارهای لازم به روز رسانی، توانایی تبیین ساحت علمی الگوی اسلامی ایرانی پیشرفت را دارا می‌باشد. این نقشه حاصل برنامه ریزی، فعالیت و تلاش کارگرو ههای متعدد کارشناسی در وزارت علوم،

تحقیقات و فناوری؛ معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی؛ انجام پژوهش‌های گوناگون؛ بهره گرفتن از پژوهش‌های موجود و مشارکت عده زیادی از صاحب‌نظران و اندیشمندان عرصه علم و فناوری کشور اعم از دست اندرکاران سیاست‌گذاری و مدیریت کلان نظام علمی کشور، مدیران،استادان و پژوهشگران دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها، قطب‌ها و انجمن‌های علمی است.

نقشه راه توسعه دولت الکترونیکی در دوبخش اصلی سازماندهی شده است که در بخش اول ضوابط فنی اجرائی توسعه دولت الکترونیکی مصوبه شورای عالی فناوری اطلاعات مورد بحث و بررسی قرار گرفته است[۷]. در بخش اول این سند به بازمهندسی دولت در بخش‌های فنی و زیرساختی که باعث چابک سازی دولت می‌گردد بسیار توصیه شده است. در بخش دوم این سند به توسعه خدمات الکترونیکی دستگاه‌های اجرایی اشاره شده است که تاکید بر خدمات الکترونیکی و ضرورت آموزش و فرهنگ سازی دارد. لازم به ذکر است که در این سند به صورت صریح خدمات مشخصی برای وزارت نیرو معین نشده است و به صورت کلی ساختار الکترونیکی دولت مد نظر قرار گرفته است. به عنوان مثال در ماده ۱۶ تاکید بر استفاده از یک چارچوب تعامل پذیر برای دولت است که متضمن یکپارچگی فنی و اجرایی پیاده سازی دولت الکترونیک باشد. در ماده ۱۷ تاکید بر رضایت مندی مشتری و شفافت اطلاعات است که باید توسط ابزارهای دولت الکترونیک فراهم شوند. در ماده ۲۱ این سند تاکید بر ارائه خدمات مبتنی بر داده مانند فراهم نمودن پایگاه داده‌های مکان محور و دیگر خدمات الکترونیک و ارائه آنها به سازمان‌هایی نظیر وزارت نیرو دارد. این خدمات امکان رصد و دیگر تحلیل‌های ماشینی اطلاعات را برای مقاصد مختلف همچون مدیریت شبکه فراهم می‌کند. در این گزارش مباحثی همچون ارائه چارچوب‌هایی استاندارد جهت تبادل داده و همچنین جلوگیری از جعل و حفاظت از اطلاعات بسیار مورد توجه قرار گرفته است.(چالش ۱،۲، ۵، ۹ و۱۰)

۸-۲-۱- سیاستها و اولویتهای پژوهش و فنّاوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹٦ تا ۱٤۰۰

شورای عالی علوم، تحقیقات و فنّاوری (عتف) براساس قانون اهداف، وظایف و اختیارات وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری مصوب مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۸۳ تشکیل شد. رئیس جمهور، رئیس شورا و وزیر علوم، تحقیقات و فنّاوری نایب رئیس شورا است و دبیرخانه آن نیز بنابر قانون مذکور در وزارت علوم مستقر است. مهمترین وظیفه شورای عالی علوم، تحقیقات و فنّاوری، تعیین اولویتهای بخش آموزش عالی، پژوهش و فنّاوری کشور و پیشنهاد منابع مورد نیاز بخشهای فوق در کشور است. بنابر مصوبه مجلس شورای اسلامی نظارت بر عملکرد بودجه سالانه بخش پژوهش و فنّاوری کشور، از سال ۱۳۸۸ بر عهده شورای عالی علوم، تحقیقات و فنّاوری بوده است. براساس بند ب ماده ۶۴ قانون برنامه ششم توسعه و ماده ۵۶ قانون الحاق برخی مواد به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت "کلیه دستگاههای اجرائی موضوع ماده (۵) قانون مدیریت خدمات کشوری ودستگاههای موضوع ماده (۵۰) قانون الحاق موادی به قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت مصوب ۱۳۸۴/۸/۱۵ مکلفند علاوه بر اعتبارات پژوهشی که ذیل دستگاه در قوانین بودجه سالانه منظور شده است، یکدرصد از اعتبارات تخصیص یافته هزینه‌ای به استثنای فصول (۱) و (۶) و در مورد شرکتهای دولتی از هزینه‌های غیرعملیاتی را برای امور پژوهشی و توسعه فنّاوری هزینه کنند". همچنین دستگاههای مذکور ضمن رعایت چهارچوب نقشه جامع علمی کشور و اولویتهای تحقیقاتی دستگاه ذیربط که به تصویب شورای عالی علوم، تحقیقات و فنّاوری میرسد مکلفند نحوه هزینه کرد این بند را هر شش ماه یکبار به شورای عالی علوم، تحقیقات و فنّاوری و مرکز آمار ایران گزارش دهند. شورای عالی علوم، تحقیقات و فنّاوری موظف است گزارش عملکرد این بند را بهطور سالانه حداکثر تا پایان مردادماه به مجلس شورای اسلامی ارائه کند. همچنین مرکز آمار ایران مکلف است سالانه اطلاعات مربوط به هزینهکرد تحقیق و توسعه را منتشر نماید. بر اساس ماده ۳ آیین‌نامه داخلی شورا مصوب ۱۳۸۵/۰۲/۰۳ شورای عالی عتف، شورای عالی در جهت ارتقای کیفیت سیاستگذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فنّاوری و راهبری توسعه فنّاوریهای دارای اولویت ملی، برحسب نیاز، به تشکیل دبیرخانه‌ها یا شوراهای

تخصصی و تشکیلات موردنیاز موقت و یا دائمی اقدام خواهد کرد. همچنین بر اساس ماده ۳ آیین‌نامه کمیسیونهای تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فنّاوری(مصوب ۱۳۹۲/۱۲/۱۲ شوری عالی عتف)، کمیسیونهای تخصصی برای ارائه مشاوره تخصصی در حوزه موضوعات مربوط به کمیسیون دائمی از طریق واکاوی و ارائه توصیه‌های سیاستی مناسب یا گزینه‌های تصمیم‌گیری برای توانمندسازی کمیسیون دائمی در انجام وظایف محول تشکیل میشود. بر همین اساس شورای عالی اقدام به تشکیل کمیسیون دائمی و کمیسیونهای تخصصی کرده است و در حال حاضر شامل ۱۱ کمیسیون تخصصی در حوزههای مختلف و یک کمیسیون تدوین و هماهنگی سیاستهای علم و فنّاوری می‌باشد. یکی از کمسیون های فعال کمسیون بخش انرژی است.

همچنین بر اساس ماده ۷ این آیین‌نامه، به منظور تلفیق و هماهنگی سیاستها، برنامه‌ها و اقدامات کمیسیونهای تخصصی، کمیسیونی به نام "کمیسیون تدوین و هماهنگی سیاستهای علم و فنّاوری" تشکیل شده است. یکی از مهمترین وظایف کمیسیونها تعیین اولویتهای تخصصی بخش علم و فنّاوری کشور مرتبط با حوزه تخصصی مربوط و سپس نظارت بر حسن عملکرد دستگاههای دارنده بودجه پژوهشی در التزام به اولولیتهای مذکور است. کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی عتف با عنایت به اسناد باالدستی (سند چشمانداز، برنامه ششم توسعه، نقشه جامع علمی کشور و ...) و با بررسی و مطالعه حوزه‌های تخصصی مربوط در تعامل با دستگاههای اجرایی و جامعه علمی کشور، اولویتهای پژوهش و فنّاوری را مشخص میکنند. در اجرای تکالیف قانونی فوقالذکر شورای عالی علوم، تحقیقات و فنّاوری تاکنون در دو بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۰ و۱۳۹۳ -۱۳۹۴ نسبت به تصویب فهرست سیاستها و اولویتهای پژوهش و فنّاوری در کشور اقدام نموده و خطمشی و اولویتهای علم و فنّاوری را در بخشهای مختلف تعیین نموده است.

در این بخش فهرست سیاستها و اولویتهای پژوهشی و فنّاوری کشور در بخش انرژی که در این اسناد به‌عنوان مرجع هزینه‌کرد اعتبارات تحقیقاتی و توسعه فنّاوری برای دستگاههای اجرایی کشور به تصویب شورای عالی عتف رسیده و برای اجرا منتشر گردیده اند و مرتبط با اهداف پروژه می‌باشند.

اولویت های پژوهش و فناوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹٦-۱٤۰۰

۱. ارتقای جایگاه علوم پایه به عنوان پیشران پژوهش و فنّاوری به منظور گسترش مرزهای دانش در حوزه انرژی به ویژه جهت ساخت ابزارهای جدید (چالش ۵)

۲ . فنّاوری‌های طراحی، تست، تولید و استانداردسازی مواد، تجهیزات و کالاهای راهبردی حوزه انرژی (چالش ۲ و ۹)

۳ . دانش و فنّاوری‌های مدیریت پروژه‌های کلان حوزه انرژی

۴ . فنّاوری‌های بهینه سازی انرژی، مدیریت و کاهش انتشار کربن در زنجیره تولید تا مصرف انرژی (چالش ۵ و ۶)

۵ . دانش و فنّاوری‌های مدیریت یکپارچه سیستم‌های انرژی(چالش ۱، ۴ و ۶)

۶ . مطالعات راهبردی و سیستمی انرژی

۷ . فنّاوری‌های افزایش بهره‌وری و بهینه‌سازی در تولید، خطوط انتقال و توزیع انرژی(چالش ۱،۲ و ۵)

۸ . فنّاوری‌های افزایش هوشمندسازی سیستم‌های اندازه‌گیری و کنترل به‌منظور مدیریت یکپارچه زنجیره ارزش انرژی(چالش ۱ و ۲)

۹. فنّاوری‌های ذخیره‌سازی برق و انرژی، تولید پراکنده و همزمان برق، حرارت و سرمایش(چالش ۱۱)

۱۰. فنّاوری‌های بهینه‌سازی و هوشمندسازی شبکه‌های انتقال، توزیع و مصرف برق(چالش ۱ و ۲)

۳-۱- نتیجه گیری تحلیل اسناد بالادستی از نقطه نظر چالش ها

در این گزارش اسناد مرتبط با حوزه ICT در خصوص چالش‌های فنی شبکه صنعت برق و انرژی مورد بررسی قرار گرفته است و کفایت چالش‌ها تعیین شده در مرحله ۱ بر اساس مطالعات تطبیقی و نظر سنجی از خبرگان بر اساس این اسناد بررسی شده اند. جدول ۱-۱ ارتباط چالش‌های تعیین شده در مرحله ۱ را با اسناد بالادستی مورد بررسی را نشان می‌دهد. همچنین شایان ذکر است که علاوه بر چالش‌های تعیین شده، چالش‌هایی نظیر موارد زیر در اسناد بلادستی نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند که در راستای اهداف پروژه نمی‌باشند ولی با اجرای پروژه‌های تعیین شده در برنامه گروه پژوهشی برخی از آنان قابل رفع می‌باشند:

- مدیریت منابع انسانی، ارتقاء سطح دانش و خلاقیت، توسعه پژوهش و فناوری با تاکید بر تقویت توان تولید داخل
- عدم تخصیص منابع عمومی برای ایجاد زیرساختهای مورد نیاز در شبکه انتقال و فوق توزیع
- فقدان بستر لازم جهت استفاده از ظرفیت ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقای نظام مالی کشور
- ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فناوری در صنعت آب و برق با تأکید بر:
  - استقرار مدیریت دانش و مدیریت دانش‌محور در بخش‌های وابسته
  - گسترش پژوهش‌های کاربردی و توسعه‌ای و ارتقاء سطح تحقیق و توسعه
  - توسعه همکاری‌های مشترک با سازمان‌های مردم نهاد و مراکز علمی و پژوهشی داخلی و خارجی
  - تجاری سازی و مأموریتگرا کردن تحقیقات و نوآوری‌ها و حمایت از مالکیت معنوی
  - توسعه و تقویت مستمر سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مراکز آموزشی و تحقیقاتی صنعت آب و برق
  - ایجاد نظام پایش تحولات علمی و فناوری مرتبط با صنعت در سطح بین‌الملل
  - شناسایی فناوریهای نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی
  - ارتقاء نظام آموزشهای عمومی، تخصصی و مدیریتی
  - توسعه شبکه خبرگان، نخبگان و متخصصین
- توسعه منابع انسانی صنعت آب و برق با تأکید بر:
  - ظرفیت‌سازی، آموزش و توسعه توانمندی‌های منابع انسانی
  - اصلاح و ارتقاء نظام جذب و نگهداشت منابع انسانی
  - اصلاح و ارتقاء نظام ارزیابی عملکرد منابع انسانی
  - ارتقاء جایگاه مادی و معنوی متخصصان صنعت آب و برق
  - استقرار نظام پروانه صلاحیت حرف‌های
  - ارتقاء و توسعه نظام تأمین و پرورش مدیر
- توسعه روابط بین‌الملل و حضور مؤثر در مجامع، نهادها و تصمیم‌گیری‌های منطقه‌ای و جهانی و ارتقاء سطح همکاری و هم‌افزایی برای تأمین منافع ملی
- توسعه مبادلات آب و برق و صادرات تجهیزات و خدمات فنی و مهندسی با تقویت مؤلفه‌های رقابت‌پذیری ملی و بین‌المللی و استفاده از مزیت‌های نسبی و خلق مزیت‌های رقابتی پایدار
- ارتقای جایگاه علوم پایه به عنوان پیشران پژوهش و فنّاوری به منظور گسترش مرزهای دانش در حوزه انرژی

اسناد بالادستی	چالش ها

	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
سیاستهای کلی اقتصاد مقاومتی- مقام معظم رهبری- سال ۹۲		✓		✓		✓		✓	✓			✓
قانون برنامه پنجساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۶-۱۴۰۰، سال ۱۳۹۵		✓		✓	✓	✓		✓				✓
سند ملی راهبرد انرژی کشور- دولت- سال ۹۶	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓		✓
برنامه وزیر محترم نیرو در دولت دوازدهم- جناب آقای دکتر اردکانیان	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓				✓
برنامه راهبردی وزارت نیرو ۱۴۰۴ – وزارت نیرو	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓
سند چشمانداز شرکت توانیر در افق سال ۱۴۰۴	✓	✓			✓	✓	✓			✓		✓
نقشه راه توسعه دولت الکترونیکی- مشتمل بر: آیین نامه توسعه خدمات الکترونیکی دستگاههای اجرایی و ضوابط فنی اجرایی توسعه دولت الکترونیکی (مصوب شورای عالی فناوری اطالعات)(سال ۱۳۹۳)	✓	✓			✓				✓	✓		
سیاستها و اولویتهای پژوهش و فنّاوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰	✓	✓		✓	✓	✓			✓		✓	

جدول ۱-۱۲- ارتباط چالش‌های تعیین شده در مرحله ۱ را با اسناد بالادستی مورد بررس

فصل ۲

بررسی لیست دانشگاهها، کنفرانسها و موسسات معتبر در حوزه ICT در بخش انرژی

۱-۲- مقدمه فصل ۲

در سال‌های اخیر به واسطه رشد انفجار گونه فنآوری‌های جدید، یکی از چالش‌های پیش روی مدیران مطالعه و بررسی فنآوری‌های جدید و روند پیشرفت آنها بوده است. در این گزارش به بررسی فنآوری‌های جدید در صنایع برق، کامپیوتر و انرژی پرداخته شده است. مراجع مورد استناد در این بخش مراکز تحقیقاتی معتبر در حوزه انرژی و محور تحقیقاتی ICT در دانشگاه‌ها، کنفرانس‌ها و شرکت‌های تعیین کننده روند فنآوری‌های نوین خواهند بود.

مراکز تحقیقاتی که در بخش انرژی که نقشه راه‌های[1] آنها مورد بررسی قرار گرفته اند عبارتند از:

- موسسه تحقیقات انرژی الکتریکی(EPRI[2]) امریکا
- موسسه استاندارد ارتباطات راه دور اروپا (ETSI[3])
- موسسه اقتصاد انرژی کره(KEEI[4])
- اتحادیه بین المللی ارتباطات از راه دور(ITU[5]): گزارشی از ITU مورد استناد قرار خواهد گرفت که مربوطه به حوزه انرژی منطقه اعراب است. دلیل این امر قرابت جغرافیایی و وجود وجوه مشترکی مانند سیاسی، مذهبی و فرهنگی بین ایران و منطقه اعراب است.

مراکز ICT دانشگاهی که مورد بررسی قرار گرفته اند عبارتند از:

- انستیتوی تحقیقاتی فنآوری ماساچوست (MIT[6])
- دانشگاه کارنگی ملون
- دانشگاه استنفورد

- مراکزی که به بررسی روند فناوری‌های نوین در حوزه انرژی می‌پردازند عبارتند از:
- موسسه گارتنر[7]
- مجله مرور فنآوری MIT
- موسسه مهندسان الکترونیک و الکتریک[8] (IEEE)
- هولت پکارد (HP[9])
- موسسه CIGRE[10]
- ای‌سی‌سنچری[11]
- موسسه ملی فن‌آوری و استانداردها (NIST[12])

[1] Roadmap
[2] Electric Power Research Institute
[3] European Telecommunications Standards Institute
[4] Korea Energy Economics Institute
[5] International Telecommunication Union
[6] Massachusett Institute of Technology
[7] Gartner
[8] Institute of Electrical and Electronics Engineers
[9] Hewlett Packard
[10] Conseil International des Grands Réseaux Électriques
[11] Accenture
[12] National Inistitute of Science and Technology

- اتحادیه بین المللی مخابرات (ITU[1])
- سازمان بین‌المللی برای استانداردسازی (ISO[2])
- کمیسیون الکتروتکنیک بین‌المللی (IEC[3])
- کارگروه مهندسی اینترنت (IETF[4])
- پروژه مشارکتی نسل سوم شبکه سیار (3GPP[5])
- انجمن سامانه جهانی ارتباطات سیار (GSMA[6])

در این گزارش محورهای ۵ کنفرانس هم در بخش انرژی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این کنفرانس‌ها اغلب در سال‌های اخیر برگزار شده‌اند و ناشر آنها IEEE و یا ACM بوده است که از موسسات معتبر در حوزه انرژی، برق و کامپیوتر محسوب می‌گردند. نام کنفرانس‌ها عبارتند از:

- International Conference on Control and Optimization of Renewable Energy Systems CORES 2019
- ۲۰۱۹th International Conference on Power and Energy Systems
- 10th International Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2020)
- Tenth International Conference on Future Energy Systems (ACM e-Energy)
- International Conference on Future Energy Systems

در ادامه این گزارش ابتدا موسسات تحقیقاتی در حوزه انرژی و صنعت برق مورد بررسی قرار می‌گیرند، در ادامه محورهای تحقیقاتی مراکز ICT دانشگاه‌ها و کنفرانس‌های معتبر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و در نهایت موسسات تحقیقاتی که در حوزه معرفی فنآوری سرآمد محسوب می‌شوند معرفی خواهند شد.

۲-۲- بررسی موسسات تحقیقاتی در حوزه انرژی و صنعت برق کشور های پیشرفته و نقشه راه ارائه شده توسط آنها

در این بخش چهار موسسه تحقیقاتی متعلق به بخش انرژی در آمریکا، اتحادیه اروپا، کره و مناطق عرب معرفی می‌گردند. نقشه راه هر یک از موسسه نیز به تفضیل مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۲-۱- موسسه تحقیقات انرژی الکتریکی(EPRI[7])

موسسه تحقیقات انرژی الکتریکی یک سازمان مستقل و غیرانتفاعی آمریکایی است که تحقیق و توسعه مربوط به تولید، توزیع و استفاده از برق را برای کمک به رفع چالش‌های صنعت برق انجام می‌دهد. چالش‌های مورد بررسی عبارتند از قابلیت اطمینان، کارایی، مقرون به صرفه بودن، ایمنی و محیط زیست. این شرکت با همکاری تعداد زیادی از ذینفعان صنعت برق حالاتی

[1] International Telecommunication Union
[2] International Organization for Standardization
[3] International Electrotechnical Commission
[4] Internet Engineering Task Force
[5] 3rd Generation Partnership Project
[6] Global System for Mobile Communications Association

[7] Electric Power Research Institute

که در آینده این صنعت می‌توان متصور شد را تعیین نموده و فاصله بین آنها با حالت فعلی را شناسایی نموده است. این گزارش که با عنوان"نقشه راه فنآوری ارتباطات و اطلاعات[1]" [۹]، برای رفع این فاصله برنامه عملکردی مناسبی و به عبارت دیگر نقشه راهی برای رسیدن به آینده پیش‌بینی شده را ارائه نموده است. این نقشه راه هر ساله با بررسی مجدد متخصصین شرکت EPRI بر اساس یافته‌ها و پیشرفت‌های جدید فنآوری به‌روزرسانی می‌شود. در ادامه به بررسی اهم نکات ذکر شده در این نقشه راه پرداخته می‌شود. جدول **.No text of specified style in document** !Error–۱۳ خلاصه ای از ماموریت‌ها، محرک‌ها و حالت‌های آتی را ارائه میکند.

EPRI این نقشه راه و پروژه‌های مرتبط را تحت برنامه شماره ۱۶۱ خود و در قالب چند زیر بخش پیگیری می‌کند:

- فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه انتقال (161B)
- فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه توزیع (161C)
- فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه منابع تولید پراکنده (161D)
- اقدامات مهم معماری و یکپارچه‌سازی (161E)
- زیرساخت‌های AMI (161F)
- ارتباطات راه دور (161G)

ماموریت	محرک	برنامه‌های عملیاتی برای شکاف‌های موجود	حالت‌های آتی
فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث فعال‌سازی ارتباطات داده محور، ادغام و تجزیه و تحلیل از طریق مدیریت، همکاری، استانداردها و فن آوری نوآوری می‌گردد	• قابلیت همکاری[2] • مدیریت داده‌ها • ارتباطات فراگیر[3] و محاسباتی • ادغام تجهیزات هوشمند، دستگاه‌های لبه[4]، دستگاه-های تلفن همراه و دستگاه‌های اینترنت اشیاء	• کیفیت داده‌های GIS • ساختمان داده های استاندارد شده • سرمایه گذاری بر داده‌های پر سرعت، دقیق و زمان بندی شده • افزایش هوشمندی از طریق استانداردسازی و ادغام با دیگر سیستم‌ها	مدیریت داده‌ها
		• قابلیت تعامل DER / DR • معماری‌های معتبر برای کنترل و ارتباطات برای DER / DR • بهینه سازی برای اتصال DER / DR	استانداردسازی منابع انرژی توزیع شده
		• بلوغ معماری‌ها و یکپارچگی • کارایی کسب و کار • استانداردها و گواهی نامه‌ها شرکت‌های چابک	بلوغ در یکپارچگی معماری‌ها

[1] Information and Communication Technology Roadmap
[2] Interoperability
[3] Pervasive Communications
[4] Edge Devices

ماموریت	محرک	برنامه‌های عملیاتی برای شکاف‌های موجود	حالت‌های آتی
		• سیستم‌های زیرساختی اندازه گیری پیشرفته به صورت همکاری پذیر و باز • بهینه‌سازی سیستم‌های اندازه گیری پیشرفته	بهره گیری از زیرساخت اندازه‌گیری پیشرفته به صورت بهینه
		• شبکه‌های میدانی قابل تعامل و قابل اعتماد • بهینه‌سازی استفاده از طیف‌های موجود • گسترش فیبرهای شبکه زیر ساخت • سیستم یکپارچه مدیریت شبکه • همکاری پذیری شبکه در قالب استانداردهای پروتکلی	ارتباطات از راه دور فراگیر[1]

جدول .Error! No text of specified style in document-**۱۳- ماموریت‌ها، محرک ها و حالت های آتی**

[1] Pervasive Telecommunication

در جدول .Error! No text of specified style in document-۱۴ وضعیت آینده مشخص شده در هر کدام از زیر شاخه‌های برنامه ۱۶۱ شرح داده شده است:

فناوری اطلاعات و ارتباطات					
					
فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه انتقال (161B)	فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه توزیع (161C)	فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه منابع تولید پراکنده (161D)	معماری پیشرفته و یکپارچه‌سازی (161E)	زیرساخت‌های AMI (161F)	ارتباطات راه دور (161G)
وضعیت آینده • ساختارهای داده استاندارد • داده‌های با سرعت و دقت بالا و دارای برچسب زمانی • تبدیل داده‌های با سرعت و دقت بالا و دارای برچسب زمانی به سرمایه	وضعیت آینده • مدلهای دقیق داده و سیستم • نیروی کار و تجهیزات متصل به هم • افزایش هوشمندی بواسطه استانداردها و یکپارچه‌سازی	وضعیت آینده • منابع تولید پراکنده تعامل‌پذیر[1] و شامل پاسخ تقاضا • معماری ارتباطی و کنترلی اعتبارسنجی شده برای منابع تولید پراکنده • شیوه عمل بهینه‌سازی شده برای اتصال DER/DR	وضعیت آینده • بلوغ معماری پیشرفته • بلوغ یکپارچه‌سازی • بهره‌وری کسب و کار شامل: • همگرایی فناوری اطلاعات و فناوری‌های عملیاتی • استانداردها و گواهینامه‌ها • کسب و کار چابک	وضعیت آینده • سیستم‌های اندازه‌گیری باز و سازگار با یکدیگر • شیوه‌های برتر اثبات شده برای تعمیر و نگهداری سیستم‌های AMI • ارزش و استفاده بهینه سیستم‌های AMI	وضعیت آینده • شبکه‌های محلی فیلد قابل اطمینان و سازگار با یکدیگر • استفاده بهینه از طیف در دسترس • استفاده شبکه‌های ناحیه گستره (WAN) از فناوری‌های مبتنی بر بسته • توسعه زیرساخت فیبری • سازگاری سیستم‌های ارتباط راه دور با یکدیگر در قالب استانداردها

جدول .Error! No text of specified style in document-۱۴ وضعیت آینده مشخص شده در هر کدام از زیر شاخه‌های برنامه ۱۶۱

[1] interoperable

در سند نقشه راه EPRI، فاصله وضعیت فعلی با هرکدام از وضعیت‌های پیش‌بینی شده مطلوب در آینده با عنوان شکاف[1] تعریف شده است، و برای برای پیمودن این فاصله در سند برنامه عملیاتی[2] ارائه شده است. برنامه عملیاتی مذکور در هر کدام از زیرمجموعه‌های برنامه ۱۶۱ که در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۱۴ نیز آمده است منجر به تعریف و انجام پروژه‌هایی در برنامه سالانه تحقیقاتی شرکت EPRI شده است. در این سند فعالیت‌های انجام شده تا سال ۲۰۱۸ و پروژه‌هایی که در سال‌های آینده انجام خواهند شد در قالب جداولی آورده شده‌اند. در ادامه به ارائه برنامه تحقیقاتی این شرکت برای هرکدام از وضعیت‌های آینده پیش‌بینی شده پرداخته می‌شود.برنامه 161B موسسه EPRI در خصوص فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه انتقال

در این بخش اهم فعالیت‌های تعیین شده توسط موسسه EPRI در خصوص فنآوری ICT در حوزه انتقال در قالب جدول Error! **No text of specified style in document.**-۱۵ تا **Error! Reference source not found.** ارائه خواهد شد.

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
• مدیریت داده پست‌ها (۲۰۱۸) • توسعه مدل داده تعریف شده برای تحلیل مدیریت دارایی‌ها	• ارزیابی موثر بودن سامانه‌ها برای دریافت داده‌های مبتنی بر استاندارد	• توسعه زیرساخت داده و ارتباطات با قابلیت پشتیبانی از برنامه‌های کاربردی عملیات پیشرفته شبکه برق	• برقراری ارتباط داده‌های زمینه ای مرتبط دیگر برای پشتیبانی از برنامه‌های کاربردی عملیات پیشرفته شبکه برق

جدول Error! No text of specified style in document.**-۱۵- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به ساختارهای داده استاندارد**

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
توسعه رویکرد سیستماتیک برای تبدیل فناوری‌های ارتباطی غیراستاندارد به استاندارد در عملیات شرکت برق	توسعه رویکرد موثر برای فراهم ساختن تعامل‌پذیری بین فناوری‌های نوین ضمن تطبیق با فناوری‌های قدیمی	توسعه جمع‌آوری، انتقال و مدیریت داده‌های با برچسب زمانی مربوط به اطلاعات دارایی‌ها از سیستم‌های متنوع حسگر دارایی‌ها	تحقیق در خصوص قابلیت تبدیل داده‌های غیراستاندارد به استاندارد در مبدا جهت کاهش تنوع داده‌های انتقالی

جدول Error! No text of specified style in document.**-۱۶- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به داده‌های با سرعت و دقت بالا و دارای برچسب زمانی**

[1] gap
[2] action plan

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
• تجمیع داده‌های داخلی و خارجی جهت تصمیمات آگاهانه • توسعه رویکردی برای داشتن داده‌های مرتبط به اطلاعات دارایی‌ها که برای عملیات مراکز کنترل مفید می‌باشند (مانند وضعیت دارایی)	• ارزیابی فواید ترکیب ابر داده‌ها[1] با داده‌های عملیاتی برای اطمینان از مرتبط بودن و قابل استفاده بودن داده در حوزه مد نظر کاربردی	• ارزیابی ترکیب ابر داده‌ها با داده‌های عملیاتی در حوزه کاربردی	• ارزیابی دوباره نیاز آتی به سایر داده‌های مفید برای عملیات که در مرکز کنترل فراهم می‌شوند.

جدول .Error! No text of specified style in document-**۱۷- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به تبدیل داده‌های با سرعت و دقت بالا با برچسب زمانی به سرمایه**

۲-۲-۱-۲- برنامه 161C موسسه EPRI در خصوص فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه توزیع

در این بخش اهم فعالیت‌های تعیین شده توسط موسسه EPRI در خصوص فنآوری ICT در حوزه توزیع در قالب جدول Error! **No text of specified style in document.**-**۱۸** تا جدول Error! **No text of specified style in document.**-**۱۹**- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به نیروی کار و تجهیزات متصل به هم

[1] Meta Data

ارائه خواهد شد.

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
• انتشار کتاب چند-سالانه راهنمای GIS و توسعه الگوریتم‌ها و تکنیک‌های پاکسازی و نگهداری داده‌های سیستمی • انجام جریان‌سازی GIS در شرکت‌های برق • توسعه و نمایش الگوریتم‌های مکان‌یابی جغرافیایی[1] با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای GIS	• توسعه استانداردها • تحلیل داده به جهت دستیابی به داده‌های دقیق • پلتفرم پیشرفته برای شناسایی تشخیص دارایی‌ها •	• توسعه استانداردها • تحلیل داده به جهت دستیابی به داده‌های دقیق • نسخه نمایشی۲ پیشرفته و ارزیابی تکنولوژی‌ها با استفاده از شناسایی و فهرست‌سازی خودکار دارایی‌های زیر و روی زمینی •	• توسعه استانداردها • تحلیل داده به جهت دستیابی به داده‌های دقیق • تکنیک‌های تجمیع داده برای سیستم‌های فراتر از GIS

جدول .Error! No text of specified style in document–**۱۸- فعالیت‌های انجام شده و برنامه ریزی شده در خصوص نیل به مدلهای دقیق داده و سیستم**

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
• فعالیتی انجام نشده است	• توسعه استانداردها • ملاحظات ICT برای آموزش واقعیت مجازی (VR) • تلفیق GIS با واقعیت افزوده۳ • ارائه راهنمایی کاربردهای برای واقعیت افزوده از منظر ICT	• توسعه استانداردها و آزمون‌های تعامل‌پذیری • ارزیابی فناوری‌ها برای کارمندان شرکت‌های توزیع • تضمین کارایی فنآوری واقعیت افزوده	• توسعه استانداردها و آزمون‌های تعامل‌پذیری • به کارگیری دستیارهای صوتی برای کارمندان شرکت توزیع

جدول .Error! No text of specified style in document–**۱۹- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به نیروی کار و تجهیزات متصل به هم**

[1] Geo-locating
[2] Demo
[3] Augmented Reality

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
تولید استاندارد برای تبادل اطلاعات مانند طرح داده‌های قطع برق انتشار نسخه اولیه کتاب راهنمای هوش توزیع شده	الزامات استانداردها کتاب راهنمای هوش توزیع‌شده و مدرن‌سازی شبکه برق ارائه نسخه‌های آزمایشی از کاربردهای هوش توزیع‌شده	الزامات استانداردها کتاب راهنمای هوش توزیع‌شده و مدرن‌سازی شبکه برق بهمراه آنالیز هزینه-فایده نسخه نمایشی کاربردهای هوش توزیع‌شده	الزامات استانداردها کتاب راهنمای هوش توزیع‌شده و مدرن‌سازی شبکه برق به همراه آنالیز هزینه-فایده شبیه‌سازی همزمان معماری‌های مختلف کنترلی

جدول .Error! No text of specified style in document–**۲۰**– **فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده**

در خصوص نیل به افزایش هوشمندی بواسطه استانداردها و یکپارچه‌سازی

۲-۲-۱-۳- برنامه 161D موسسه EPRI در خصوص فناوری اطلاعات و ارتباطات کاربردی در حوزه منابع تولید پراکنده

در این بخش اهم فعالیت‌های تعیین شده توسط موسسه EPRI در خصوص فنآوری ICT در حوزه منابع تولید پراکنده در قالب جدول **No text of specified style in document.** Error!–۲۱ تا جدول **No text of specified style in document.** Error!–۲۳ ارائه خواهد شد.

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
• توسعه مدل‌های بلوغ جهت شناسایی حوزه‌های تمرکز در پروتکل‌های مختلف • تولید مدل‌های داده برای نسل جدید DR/DER • تست آزمایشگاهی DER برای شناسایی و دنبال کردن مشکلات تعامل‌پذیری • ایجاد منابع تست و توسعه DER/DR و سیستم‌های کنترل • ارزیابی تعامل‌پذیری به دست آمده توسط کد های‌جدید شبکه[1]	• راهنمای مرجع پروتکل‌های EPRI– ویرایش سوم • تحول صنعت منابع تولید پراکنده مبتنی بر اینورترها و فناوری‌های پاسخ بار • آزمون‌های تعامل‌پذیری منابع تولید پراکنده مبتنی بر اینورترها و فناوری‌های پاسخ بار • تعامل‌پذیری شبکه و تسهیل بازار جهت ایجاد تقاضای انعطاف‌پذیر مبتنی بر	• راهنمای مرجع پروتکل‌های EPRI– ویرایش چهارم • الزامات ادغام فناوری‌های نامتجانس DER • ارزیابی فرصت‌های آزمون انطباق[2] • تحلیل شکاف[3] بین استانداردهای تعامل‌پذیری و ارتباط متقابل در DER	• ارزیابی نسل جدید استانداردهای DER/DR • شناسایی و پرداختن به شکاف‌های تعامل‌پذیری در مدل‌های بلوغ EPRI • نگهداری پشته‌های پروتکلی[4] فعلی متن باز EPRI برای پروتکل‌های DER مانند CTA-2045, OpenADR, IEEE2030.5, IEC61850, IEEE1815(DNP3)

[1] Grid Code
[2] Conformance testing
[3] Gap Analysis
[4] Protocol Stack

پشته متن باز برای پروتکل‌های DER	استانداردها و رویه تست‌های هماهنگ‌شده		

جدول .Error! No text of specified style in document-**۲۱- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به منابع تولید پراکنده تعامل‌پذیر و شامل پاسخ تقاضا**

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
• مدیریت گروهی DER • پیاده‌سازی EPRI OpenDERMS 2.0 • اینورتر هوشمند، ذخیره‌ساز انرژی، شبیه‌ساز ارتباطات گرمکن آب • بررسی سیستم‌هایی برای ادغام کنترل ذخیره‌سازهای انرژی و بارهای کنترل‌پذیر و PV	• ارزیابی الزامات معماری ارتباطات موارد استفاده اینورترهای هوشمند در آینده نزدیک	• مطالعه موردی در خصوص تصمیمات معماری شرکت برق • ادامه تعیین الزامات ارتباطات و کنترل برای کاربردهای DER	• ارزیابی معماری شهرهای هوشمند • درگیر کردن صنعت از طریق کارگروه‌ها • راهنمایی در خصوص الزامات پایش در حال توسعه

جدول .Error! No text of specified style in document-**۲۲- فعالیت‌های انجام شده و برنامه ریزی شده در خصوص نیل به معماری ارتباطی و کنترلی اعتبارسنجی شده برای منابع تولید پراکنده**

فعالیت‌های عمده انجام شده تا کنون	۲۰۱۹	۲۰۲۰	آینده
• تعریف قدم‌های تولید معماری ایده‌آل برای مدیریت DERها به صورت تجمیع شده • شناسایی ملاحظات اقتصادی ارتباطات تعامل‌پذیر در برنامه‌های شرکت برق	• مخزن مشکلات تعامل‌پذیری جهت اطلاع‌رسانی به RFPها و تست صحت‌سنجی (der.epri.com) • توسعه آموزش برای نسل جدید نیروی کار در کاربردهای مبتنی بر ICT فناوری‌های DER	• ارزیابی تاثیر تصمیمات در ارتباطات در نمایش در فیلد • شناسایی شیوه‌های موثر تجمیع برای DER	• معیارهایی برای سنجش تعامل‌پذیری • راهنمای راهبری تعاملات بین شرکت‌ها جهت اصلاح شیوه‌های تجمیع DER/DRهای با قابلیت ارتباط با یکدیگر • جفت و جور کردن تحلیل داده با الزامات سیستم‌های ICT

جدول .Error! No text of specified style in document-**۲۳- فعالیت‌های انجام شده و برنامه‌ریزی شده در خصوص نیل به شیوه عمل بهینه‌سازی شده برای اتصال DER/DR**

۲-۲-۲- موسسه استاندارد ارتباطات راه دور اروپا (ETSI[1])

[1] European Telecommunications Standards Institute

موسسه استاندارد ارتباطات راه دور اروپا (ETSI) یک سازمان استاندارد سازی مستقل و غیر انتفاعی در صنعت ارتباطات از راه دور در اروپا است که در سوفیا–آنتیپولیس، فرانسه مستقر است و دارای پیشبینی‌های جهانی در حوزه انرژی و ارتباطات است. ETSI استانداردهای جهانی را برای فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) از جمله فناوری‌های مربوط به ارتباطات ثابت، سیار، رادیویی، پخش و اینترنت را تولید و مدیریت می‌کند. این موسسه مقالاتی در حوزه دیجیتالی شدن فرآیندهای انتقال و توزیع منتشر کرده است. در ادامه به دو گزارش مرتبط به آن موسسه پرداخته شده است که در گزارش اول بر اهمیت نقشه راه تاکید شده است و در دیگری یک ساختار برای نسل آتی شبکه انرژی پیشنهاد شده است.

۱-۲-۲-۲. بررسی نقشه راه تحقیق، توسعه و نوآوری *ENTSOE*[1] [۱۰]

در گزارشی که در [۱۰] ارائه گردیده است یک رویکرد تحقیقاتی و نوآورانه به اهمیت جایگاه TSO[2] ها ارائه شده است. در این گزارش وضعیت موجود TSOها در اروپا مورد بررسی قرار گرفته است و معیارهایی که باعث تغییر و تحول در این سیستم‌ها خواهند شد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از نقاط با اهمیت این گزارش ارائه یک خوشه بندی جامع از فعالیت‌ها و نگاشت آن به اهداف عملیاتی است که در جدول **No text of specified style in document.** !Error–۲۴ به صورت خلاصه مورد بررسی قرار گرفته اند.

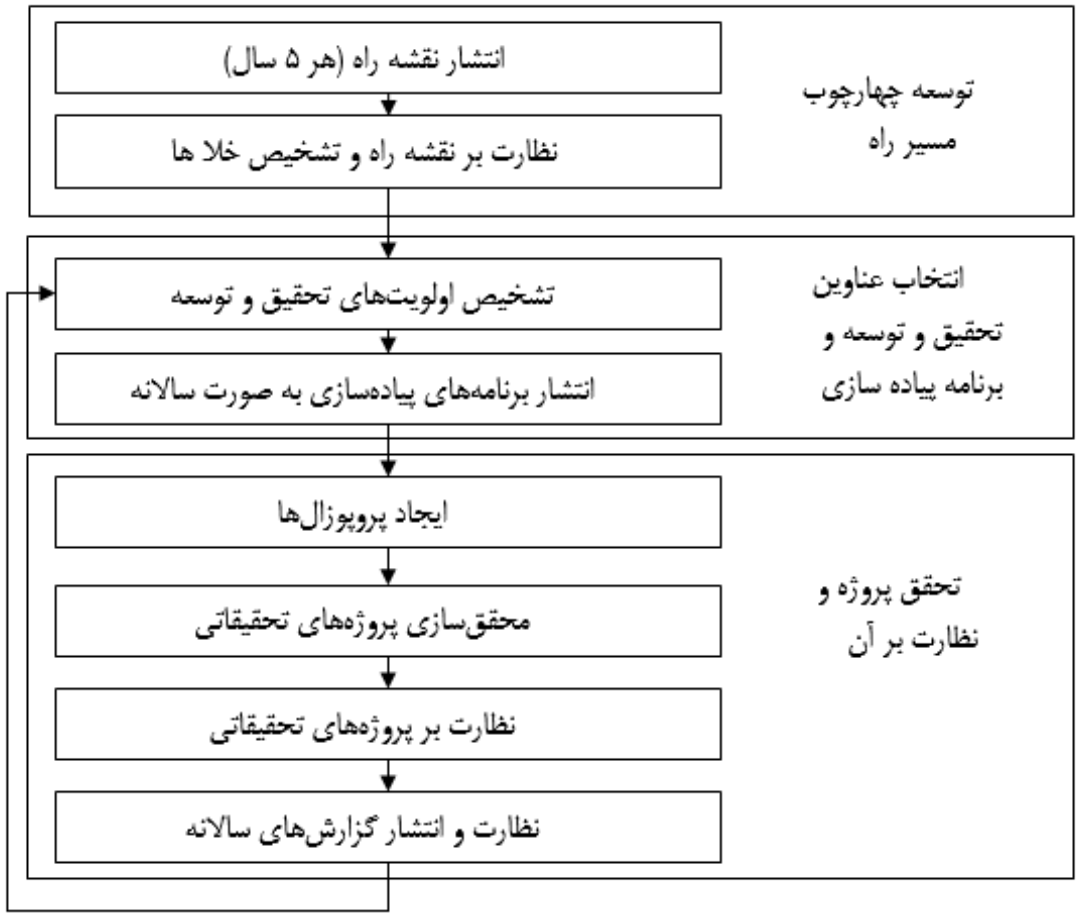
خوشه	توصیف
خوشه ۱: مدرن‌سازی سیستم انرژی	این خوشه با هدف ایجاد یک طراحی شبکه بهینه، مبتنی بر استفاده مقرون به صرفه‌ترین فنآوری‌ها و راه حل‌ها ایجاد شده که بایستی انعطاف پذیری بیشتری را ایجاد کنند. انعطاف پذیری با استفاده از پاسخ تقاضا، ذخیره سازی یا تعامل با دیگر شبکه‌های انرژی بدست خواهد آمد. همچنین توسعه به مدل‌ها و روش‌های مدیریت دارایی هوشمند و بهبود آگاهی عمومی در این خوشه قرار می‌گیرد.
خوشه ۲: امنیت و پایداری سیستم	این خوشه به بهبود قابلیت مشاهده و کنترل‌پذیری سیستم انتقال تعلق دارد. به عبارت دیگر استفاده از روش‌ها و فنآوری‌هایی مانند سیستم‌های خبره و تصمیم یار برای کنترل، مشاهده‌پذیری و ترمیم در TSO و DSO[3] در این بخش قرار می‌گیرند.
خوشه ۳: انعطاف سیستم برق	در این بخش مباحث یکپارچه‌سازی منابع، مدیریت پاسخ و تقاضا، تعامل با دیگر شبکه انرژی غیر الکتریکی قرار می‌گیرد.
خوشه ۴: کارآمدی اقتصادی سیستم انرژی	در این خوشه مباحث مربوط به یکپارچه‌سازی شبکه برق– بازار، مدل‌های کسب و کار و طراحی بازار منعطف مورد بررسی قرار می‌گیرند.
خوشه ۵: ICT و دیجیتال‌سازی سیستم انرژی	در این بخش مباحث مربوط به تحلیل کلان داده‌ها، استانداردسازی داده‌های مورد تبادل، اینترنت اشیاء و امنیت مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

جدول .Error! No text of specified style in document–**۲۴- نگاشت فعالیت ها و اهداف عملیاتی**

از نقاط برجسته گزارش ارائه شده در [۱۰] می‌توان به ارائه یک رویکرد سیستماتیک برای مدیریت نقشه راه اشاره داشت. با توجه به تغییرات زیادی که در حوزه‌های مرتبط به انرژی وجود دارد، استفاده از یک رویکرد سیستماتیک برای مدیریت نقشه راه

[1] European Network of Transmission System Operators for Electricity
[2] Transmission System Operator
[3] Distribution System Operators

ضروری به نظر می‌رسد. در شکل **No text of specified style in document.** !Error–۴ یک رویکرد مبتنی بر بازخورد برای بازبینی نقشه راه ارائه شده است.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۴– چرخه بازبینی نقشه راه**

گزارش ذکر شده از تحلیل SWOT در قالب یک چهارچوب برای بررسی روند فنآوری‌های مرتبط به سیستم انرژی استفاده می‌نماید. تحلیل SWOT مولفه‌های زیر را برای هر فنآوری مد نظر قرار می‌دهد.

- نقاط قوت[1] فنآوری
- نقاط ضعف[2] فنآوری
- فرصت‌های ارائه شده[3] توسط فنآوری
- تهدیدهای[4] مربوط به فنآوری

[1] Strengths
[2] Weaknesses
[3] Opportunities
[4] Threats

مولفه‌های ذکر شده اطلاعات لازم را به جهت ارزیابی نفوذ فنآوری‌های جدید با درنظر گرفتن سیاست‌های اتحادیه اروپا فراهم می‌کند. اطلاعات بدست آمده از تحلیل SWOT می‌توانند مبنای تحلیل‌های متعددی را ایجاد نمایند. لازم به ذکر است که به طور کلی تحلیل SWOT در موارد زیرکاربرد خواهد داشت.

- در ابتدای طراحی کمپین‌های بازاریابی
- اتخاذ سیاست‌های کاری متفاوت در کسب و کار
- کشف موقعیت‌های مناسب برای اعمال تغییرات در شرکت

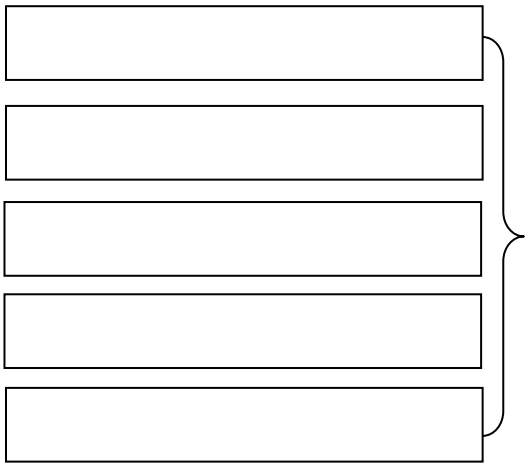
از نقطه نظر دیگر این نکته جالب توجه است که این روش سیستماتیک می‌تواند برای کشورهای دیگر مانند ایران بومی‌سازی گردد. در ادامه گزارش دیگری از این موسسه مورد بررسی قرار می‌گیرد که تمرکز آن بر روی فرآیند دیجیتالی شدن و فنآوری های مرتبط است.

۲-۲-۲-۲. بررسی گزارش دیجیتال سازی سیستم انرژی و مشارکت مشتری [۱۱]

در گزارش ارائه شده در [۱۱] تمام سطوح سیستم انرژی که فرآیند دیجیتالی شدن بر آنها تأثیر دارد را مورد بررسی قرار می‌دهد. مرجع اصلی این گزارش توسط "بسته زمستانی" اقدامات کمیسیون اروپا (۲۰۱۶) ارائه شده است که به نقش اصلی مشتریان در صنایع انرژی آینده اشاره می‌کند. با توجه به مفهوم شبکه هوشمند، فرآیند دیجیتالی شدن عوامل جدیدی را در نظر می‌گیرد که برخی از آنها عبارتند از:

- مشارکت مشتری و مدلهایی جدید از کسب و کار که ناشی از این مشارکت هستند.
- توجه بیشتر به اتصال بخش‌های مختلف و حرکت به سوی همگرایی شبکه انرژی هوشمند، شهرها و جوامع هوشمند.
- بهره‌گیری از مفاهیم و فنآوری‌های جدیدی که در لایه‌های فیزیکی شبکه‌ها ظاهر شده اند.

در گزارش این موسسه ذکر شده است که الگوی شبکه انرژی دیجیتال، مفهومی گسترده تر از شبکه هوشمند است که به مؤلفه‌های اجتماعی اشاره دارد و متمرکز بر سرویس است. هدف نهایی این فرآیند فعال کردن یک بازار تجارت آزاد و شفاف انرژی با امکان برابر برای مشارکت بازیگران متعدد است که توسط بسته زمستانی پیش بینی شده است. این گزارش از یک رویکرد سه لایه از سیستم انرژی برای توصیف اجزاء مورد نیاز استفاده می‌کند که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل .Error! No text of specified style in document**۵- معماری سه لایه**

وظایف لایه‌ها در ادامه توضیح داده شده اند.

• لایه فیزیکی[۱]: این لایه با شبکه و تجهیزاتی که بخشی از زیرساخت است تعامل دارد. به دلیل حضور روزافزون منابع انرژی توزیع شده شبکه به سمت یک شبکه با قدرت بیشتر حرکت می‌کند و بدیهی است که کنترل مبدل‌ها برای پشتیبانی بهتر از اتوماسیون شبکه امری ضروری است. در حال حاضر، مبدل‌ها در راستای پشتیبانی از شبکه کار می‌کنند، یعنی آنها قدرتی که به صورت فعال[۲] یا واکنشی[۳] بدست می‌آورند را به شبکه تزریق می‌کنند. اما آنها در حوزه کنترل فرکانس به عنوان دنبال کننده عمل می‌کنند. پیش‌بینی شده است که در آینده آنها نقش مهمی در کنترل فرکانس بازی خواهند کرد. انواع جدید بار نیز در شبکه ظاهر خواهند شد. یک نمونه بسیار مهم بار تولیدی توسط وسایل نقلیه الکتریکی خواهد بود و مورد مهم دیگر توسط سیستم‌های گرمایشی محور برق ارائه خواهد گردید. این دو مثال گزینه‌های جدید ذخیره سازی (مستقیماً الکتریکی یا از طریق گرمایش) را ارائه می‌دهند که می‌توانند به عنوان منبع برای دستیابی به شکل‌دهی به بار و کنترل پروفایل انرژی استفاده شوند. از نقطه نظر یک سیستم انرژی الکترونیکی کاملاً قدرت محور، فناوری DC[4] نیز می‌تواند نقش اساسی داشته باشد. در طول انتقال، ولتاژ DC می‌تواند از گزینه توزیع مش برای ولتاژ متوسط پشتیبانی کند که امروزه برای جریان متناوب (AC) امکان پذیر نیست.

• لایه زیرساخت[۵]: در لایه زیرساختی ICT نقش اصلی را ایفا می‌کند. فناوری‌های جدید و متنوعی در دسترس هستند و انتظار می‌رود که یک راه حل واحد بر سیستم انرژی حاکم نشود. با این وجود، پتانسیل بالای فنآوری 5G به همراه تأخیر کم، فناوری لبه، رایانش ابری و همراه در این بخش پیش‌بینی شده است. رایانش لبه[۶] مبتنی بر ابر نیز می‌تواند یک فن آوری کلیدی برای ارتباط بین این زمینه و مفهوم بستر داده مرکزی باشد.

[1] Physical Layer
[2] Active
[3] Reactive
[4] Direct Current
[5] Infrastructure Layer
[6] Edge Computing

• لایه کسب و کار[1]: این لایه مکانیزم‌هایی دیجیتال را برای مدیریت عملکرد خدماتی که مشارکت در هر بخش انرژی مانند مسکونی یا تجارت را امکان‌پذیر می‌سازد را تسهیل خواهد کرد. یکی از اهداف این لایه مدیریت بازارهای انرژی به صورت شفاف است. به نظر می‌رسد دو گزینه برای این لایه در حال ظهور است: یکی از راه حل‌های ارائه شده استفاده از سکوهای داده است، اما موردی قانع کننده تر در حال ظهور است که به لطف فناوری بلاکچین این نیاز را برآورده می‌سازد.

فن آوری‌های دیجیتال کمک‌های کلیدی در دستیابی به اهداف اتحادیه انرژی برای انتقال به یک سیستم انرژی ایمن، مقرون به صرفه و پاک در قرن بیست و یکم خواهند داشت. در سال‌های اخیر مدل‌های جدید دیجیتال سازی در بالادست و پایین دست در زنجیره ارزش انرژی ظاهر شده اند. در بالادست، مدل‌های جدید برای به دست آوردن درآمد حاصل از توزیع، ذخیره سازی و پاسخ تقاضا ظاهر می‌شوند. در پایین دست، خدمات و اپراتورهای شبکه به سمت مدل شرکت خدمات انرژی حرکت می‌کنند و تلاش می‌کنند تا با مشتری تعامل کنند. در هر دو مدل، روش‌های کسب و کار جدیدی برای پذیرش بیشتر و موفقیت در انتقال انرژی به وجود آمده است.

در ادامه نمای کلی از عوامل تاثیرگذار در سراسر اروپا را ارائه می‌شود.

- اینترنت اشیاء که ممکن است تبدیل به یک سیستم یکپارچه فیزیکی سایبری شود
- سنسورهای پیشرفته
- اینترنت ایمن
- ارتباطات 5G
- وسایل نقلیه الکتریکی
- ذخیره سازی توزیع شده همراه با تاسیسات PV[2] و DSM[3] که از توسعه جامعه محلی انرژی پشتیبانی می‌کنند
- کلان داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، داده کاوی که از نوآوری و سرمایه گذاری‌های جدید پشتیبانی می‌کند
- خدمات مبتنی بر عامل، برنامه‌های شبیه سازی و پیش‌بینی
- مفهوم همزاد دیجیتال که برای دارایی‌ها و دستگاه‌های هوشمند اعمال می‌شود
- مدل‌سازی پیشرفته مشتری شامل رفتار، کنترل‌های محلی، منابع و غیره
- جوامع پیشرفته انرژی، ریز شبکه‌ها برای مقاومت، مدیریت انرژی و مشارکت شبکه
- فناوری بلاکچین

۳-۲-۲- موسسه اقتصاد انرژی کره(KEEI[4])

این موسسه در اول سپتامبر ۱۹۸۶ تاسیس شده است تا سیاست‌هایی در مورد انرژی و منابع طبیعی در کره جنوبی را تدوین کند. این موسسه با جمع آوری، تحقیق، تجزیه و تحلیل و انتشار اطلاعات به اقتصاد ملی کره کمک می‌کند. اطلاعات مورد بررسی برای کمک به سیاست گذاران در مورد انواع روندها و اطلاعات مربوط به انرژی و منابع طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه گزارش این موسسه در حوزه انرژی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

[1] Business Layer
[2] Photovoltaic
[3] Demand-Side Management
[4] Korea Energy Economics Institute

۱-۳-۲-۲. بررسی گزارش توسعه همگرایی فنآوری‌های اطلاعات و ارتباطات و تاثیر آن بر بخش انرژی[۱۲]

بر طبق گزارش این موسسه، فناوری اطلاعات و ارتباطات تاثیر زیادی در بخش انرژی ایجاد خواهد کرد و باعث ایجاد ارزش‌های جدید خواهد شد[۱۲]. توسعه و همگرایی این فنآوری‌ها در بخش انرژی باعث افزایش رقابت، بهره‌وری، ایمنی و ویژگی‌های سازگاری با محیط زیست نیز خواهند شد. همگرایی فنآوری اطلاعات و ارتباطات در بخش انرژی موجب ایجاد تغییرات عظیم در سیاست‌ها شده است که برخی از آنها در ادامه بررسی شده اند.

فراتر از مباحث مربوط به فناوری‌های جدید، حرکت به سمت انرژی هوشمند به طور گسترده ای جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی را در بر گرفته است که مرتبط با تغییر زنجیره ارزش در صنایع انرژی و گسترش مشارکت مشتریان در بازارهای انرژی و ذینفعان مختلف است. معرفی فنآوری‌های جدید ساختارهای صنعتی را تغییر داده است و شرایط بازار را نیز دچار تحولات شگرفی کرده است. در این بازار جدید نقش مشتریان نیز تغییر کرده است. در گذشته آنها مصرف کننده بودند و صرفاً انرژی مصرف می‌کردند ولی اکنون بیشتر به نظر می‌رسد که نقش تولید کننده و فعال در بازار را به خود اختصاص داده اند. لازم به ذکر است که ذینفعان مختلفی در حوزه منابعی مانند نفت، گاز، هسته ای و تجدیدپذیر در پاسخ به مباحث مربوط به انرژی پدید آمده‌اند. در این گزارش از دوره‌ای نام برده می‌شود که به آن دوره همگرایی گفته می‌شود که در آن دوره تلفیقی بین فنـآوری‌ها و بخش‌های متفاوت صنعت و انرژی رخ می‌دهد و حاصل این تلفیق زنجیره‌های ارزش جدید خواهند بود. تغییرات در صنایع انرژی با توجه به همگرایی فناوری اطلاعات و ارتباطات نیازمند افزایش پیشراننده انرژی خواهد بود. لازم به ذکر است که مسیر تحویل ارزش‌ها از یک جهت به چندین جهت متنوع شده است. خواسته‌های مشتریان به طور فزایندهای در این مسیر تأثیرگذار بوده اند. تحت این شرایط، مصرف کنندگان انرژی شروع به مشارکت با شبکه کرده‌اند و در فرآیند تولید انرژی فراتر از مصرف انرژی ظاهر خواهند شد. در سالهای اخیر ایجاد بازارهای انرژی پیشرو به شدت ترویج یافته است. افزایش نفوذ سکوها[1] در حوزه انرژی بسیار محسوس خواهند بود. شبکه‌های هوشمند، که انرژی و اطلاعات را به جهات مختلف ارائه می‌دهند، انتظار می رود از تعامل بین همه شرکت کنندگان حمایت کنند که این امر نیازمند یک سکوی مناسب جهت تعامل است. در این راستا رویکرد های فنآورانه می‌توانند بسیار موثر باشند.

[1] Platforms

رویکردهای استخراج شده	موسسه مکنزی	موسسه گارتنر
گسترش اینترنت اشیاء و چیزهای متصل به شبکه	۱. ادغام با ماتریس اجتماعی	۱. تسهیل مسائل مربوط به پرینت سه بعدی
به روز رسانی و گسترش مشاغل مربوط به کلان داده‌ها	۲. تحلیل کلان داده‌ها	۲. حل مسائل قانونی مرتبط با پرینت سه بعدی
شبکه‌های اجتماعی به عنوان ابزاری در اختیار صنعت و نه فقط روابط اجتماعی	۳. تجسم اینترنت اشیاء	۳. گسترش منابع ابری
مدل کسب و کار مبتنی بر سرویس‌ها	۴. فراهم‌سازی سرویس برای هر شی	۴. کاهش مشاغل به واسطه دیجیتال سازی فرآیندها
	۵. اتوماسیون فرآیندهای پیچیده	۵. گسترش به اشتراک گذاری اطلاعات شخصی
	۶. ظهور ۳ بیلیون شهروند دیجیتال	۶. ارتقا اطلاعات در حوزه کسب و کار
	۷. تجمیع فعالیت-های مجازی و فیزیکی	۷. کاربرد های مورد نیاز برای بخش های ایمن سازی
	۸. مدل های کسب و کار اینترنتی	۸. تغییر در حوزه‌های کارگری
	۹. تغییر در تراکنش‌های تجاری دیجیتال	۹. گسترش یادگیری ماشین
	۱۰. نوآوری در بخش های عمومی مانند سلامت	

شکل .Error! No text of specified style in document-۶- **رویکردهای فنآورانه و تاثیر بر صنایع[۱۲]**

در گزارش فوق الذکر که توسط موسسه اقتصاد انرژی کره منتشر شده بود به صورت ضمنی از نتایج گزارش دو موسسه گارتنر و مکنزی در جمع آوری فنآوری های نوین استفاده شده است. در شکل ۳ رویکردهای نوین تحقیقاتی قابل مشاهده است. این رویکردها که آینده همگرایی فناوری اطلاعات و ارتباطات در بخش انرژی را رقم می‌زنند عبارتند از:

- گسترش اینترنت اشیاء و اتصال همه اجزاء به شبکه: نه تنها افراد بلکه همه چیزهای مختلف به اینترنت متصل خواهند شد.
- ارتقاء مشاغل تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها
- گسترش مدل‌های رایگان مانند وب‌سرویس‌ها
- استفاده از خدمات شبکه‌های اجتماعی به عنوان ابزارهای تجاری فراتر از آن روابط اجتماعی

- گسترش مدل‌های کسب و کار به عنوان سرویس

٤-۲-۲- اتحادیه بین المللی ارتباطات از راه دور(ITU[1])

اتحادیه بین المللی ارتباطات از راه دور (ITU)، یک آژانس تخصصی ملل متحد است که مسئولیت موضوعات مربوط به اطلاعات و ارتباطات را بر عهده دارد. پس از تأسیس سازمان ملل متحد، در سال ۱۹۴۵، این اتحادیه به نهادی وابسته به این سازمان تبدیل شد. ITU از سه بخش تشکیل شده‌است:

- بخش استانداردسازی مخابرات
- بخش مخابرات رادیوئی
- بخش توسعه مخابرات

در ادامه این بخش مستندی از ITU مورد استفاده قرار خواهد گرفت که مربوطه به منطقه اعراب است.

۱-۴-۲-۲. بررسی گزارش *ITU* در خصوص نقشه راه گذار به شهرهای هوشمند پایدار[۱۳]

در [۱۳] یک گزارش توسط دفتر منطقه ای ITU برای منطقه عربی به عنوان یک سند برای نقشه راه منطقه اعراب در حوزه ICT تنظیم شده است. تمرکز این گزارش بر شهرهای هوشمند پایدار است. در این گزارش الزامات منطقه عربی در کل ۲۲ کشور عضو عربی ITU مد نظر قرار گرفته است. کشورهای عربی مورد مطالعه در این گزارش عبارتند از: الجزایر، بحرین، کومور، جیبوتی، مصر، عراق، اردن، کویت، لبنان، لیبی، موریتانی، مراکش، عمان، فلسطین، قطر، عربستان سعودی، سومالی، سودان، سوریه، تونس، امارات متحده عربی و یمن. در این گزارش ذکر شده است که ITU از اهداف زیر در منطقه عربی جهت توسعه فناوری‌های ICT و خصوصا شهرهای هوشمند حمایت می‌کند.

- تقویت همکاری بین المللی
- ایجاد یک محیط برای توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات
- استقرار شبکه‌های ارتباط از راه دور
- تعریف استانداردهای مورد نیاز
- ایجاد ظرفیت انسانی و نهادی، تهیه داده و آمار
- ارتقاء فنآوری‌های دیجیتال و ارائه کمک‌های متمرکز به کشورهایی که نیاز ویژه دارند
- ارتقاء سطح حفاظت از محیط زیست، سازگاری و کاهش تغییرات آب و هوا و مدیریت بحران
- کمک به فرآیند توسعه با استفاده از برنامه‌های کاربردی در زمینه‌هایی مانند بهداشت و آموزش
- توسعه جامعه اطلاعات در کشورهای عربی، پشتیبانی از نرم افزار منبع باز

در گزارش ITU اهداف بالا جهت سازماندهی زیرساخت‌هایی که برای فعال کردن شبکه‌های لایه حسگر و اینترنت اشیا در منطقه عربی مورد نیاز باشد درنظر گرفته شده است. نتایج تحقیقات این موسسه در راستای فعال سازی این فنآوری‌ها در ادامه ذکر شده اند.

- تعیین نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات در شهرهایی که هدف آنها پایداری محیط زیست است. این امر شامل شناسایی سیستم‌های ICT برای توسعه شهری زیست محیطی و پایدار است
- تدوین یک تعریف بین المللی برای شهرهای پایدار هوشمند

[1] International Telecommunication Union

- تدوین شاخص‌های کلیدی عملکرد برای کمک به ذینفعان شهری در سنجش سطح انتقال به شهرهای هوشمند
- ارائه یک برنامه جامع و راهنما در مورد شهرهای هوشمند پایدار
- ایجاد روابط با سازمان‌های دیگر که می‌توانند در فعالیت‌های استانداردسازی نقش داشته باشند
- شناسایی و توسعه مجموعه ای از شاخص‌های کلیدی عملکردی برای ارزیابی چگونگی تأثیر استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط زیست شهرها
- تقویت راهکارهای مربوط به سیاست‌ها و معیارهایی برای کمک به شهرها در حوزه محیط زیست با فناوری اطلاعات و ارتباطات از جمله بهینه سازی استفاده از منابع کمیاب و ایجاد مقاومت در برابر تغییر آب و هوایی
- شناسایی موانع احتمالی در استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای دستیابی به محیط زیستی پایدار در شهرها
- راه اندازی یک دروازه جهانی برای سهم فناوری اطلاعات و ارتباطات در شهرهای هوشمند و پایدار
- در راستا اهداف ذکر شده در کشورهای متفاوت عرب گامهایی برداشته شده است که در ادامه خلاصه‌ای از آنها در حوزه استاندار سازی بررسی شده اند.
- ارزیابی انتشار CO_2 با استفاده از ICT در شهرها: ICT میتواند ابزارهای لازم جهت ارزیابی و کنترل انتشار گازهای گلخانه ای را در اختیار قرار دهد. در این بخش مشابه فعالیت‌های کشورها اروپایی (که استاندارد و نقشه راه مناسبی برای توسعه ابزار های ICT اتخاذ کرده اند) در کشورهای عربی نیز شاهد چنین فرآیندی هستیم.
- مدیریت آب هوشمند: این اقدام برای کشورهای عربی به واسطه کمبود منابع آبی ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا فنآوری‌هایی مانند لوله‌های هوشمند، سیستم اطلاعات جغرافیایی، محاسبات ابری و سیستم‌های تصمیم یار توسعه داده خواهند شد.
- نگاشت سرویس‌ها به زیرساخت‌ها: باید برای تمامی سرویس‌های مورد نیاز شهر هوشمند مانند سرویس‌های مدیریت و کنترل منابع آب و گاز، نگاشت مناسبی بین سرویس و زیرساخت تعریف شده باشد.

۳-۲- بررسی مراکز ICT در دانشگاه های معتبر در حوزه ICT

در این بخش به معرفی مراکز ICT در سه دانشگاه که در زمینه علوم برق و کامپیوتر در جهان پیشرو می‌باشند، معرفی می‌شوند. پس از معرفی دانشگاه‌ها محورهای تحقیقاتی دانشگاه‌های منتخب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۳-۲- مرکز ICT انستیتوی فنآوری ماساچوست (MIT)

این دانشگاه یکی از مهم‌ترین مراکز علمی تحقیقاتی در آمریکا و جهان به‌شمار می‌رود. دانشگاه MIT در سال های اخیر همواره جزء بهترین دانشگاه مهندسی جهان انتخاب شده است. از نقطه نظر ارائه فنآوری، مجله‌ای توسط این دانشگاه پشتیبانی می‌شود که به مطالعه فنآوری‌های جدید می‌پردازد و در این گزارش مجله مربوطه برای معرفی فنآوری مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۲-۳-۲- مرکز ICT دانشگاه کارنگی ملون

دانشگاه کارنگی ملون در تمامی رشته‌ها از معتبرترین دانشگاه‌های جهان محسوب می‌شود. کارنگی ملون برترین دانشگاه آمریکا در رشته مهندسی و علوم کامپیوتر است. دانشگاه در گرایش‌های متعددی از مهندسی، تجارت، روانشناسی، فلسفه، اقتصاد، معماری، نمایش، سینما، موسیقی، و طراحی صنعتی در زمره ۱۰ دانشگاه برتر ایالات متحده قرار دارد. از نقطه نظر علوم برق و

کامپیوتر در سالهای اخیر فنآوری‌های متعددی در ضمینه هوش مصنوعی و رباتیک توسط محققین این دانشگاه معرفی شده‌اند که در این گزارش به آنها ارجاع خواهد شد.

۳-۳-۲- مرکز ICT دانشگاه استنفورد

این دانشگاه دارای دانشکده‌های علوم، بازرگانی، حقوق، پزشکی و مهندسی است. دانشگاه استنفورد بر اساس آخرین رتبه‌بندی تایمز، در هر دو زمینه علوم انسانی و مهندسی، برترین دانشگاه جهان است. این دانشگاه در سال‌های اخیر سرمایه گذاری وسیعی در بخش‌هایی از هوش مصنوعی و محاسبات توزیع شده انجام داده است که در این گزارش به آنها ارجاع خواهد شد.

٤-۳-۲- بررسی حوزه های کاری دانشگاه‌های منتخب در حوزه ICT

دو دانشگاه استنفورد و کارنگی ملون در جدول **.No text of specified style in document** !Error-۲۵مورد بررسی قرار گرفته اند[۱۴], [۱۵]. از نقطه نظر بررسی فنآوری‌های جدید، مجله فنآوری از دانشگاه MIT به عنوان یک موسسه معتبر در حوزه معرفی فنآوری ICT در فصل دوم(و بخش۲-۵-۱) برای معرفی فنآوری‌ها مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

نام دانشگاه	حوزه‌های کاری
دانشگاه استنفورد	۱. فناوری فیزیکی و علوم (مدارهای مجتمع و الکترونیک قدرت؛ دستگاه‌های زیست پزشکی، سنسورها و سیستم‌ها؛ برداشت انرژی؛ فوتونیک، فناوری نانو و فناوری کوانتومی) ۲. سیستم‌ها و علوم اطلاعات (کنترل و بهینه سازی ؛ تئوری اطلاعات و برنامه‌های کاربردی؛ یادگیری ماشین، سیستم‌ها و شبکه‌های ارتباطی؛ شبکه‌های اجتماعی؛ پردازش سیگنال و چندرسانه ای؛ تصویربرداری زیست پزشکی؛ علوم داده) ۳. سیستم‌های سخت افزاری/ نرم افزاری (سیستم‌های سخت افزاری کارآمد؛ شبکه‌های تعریف شده مبتنی بر نرم افزار؛ شبکه‌های تلفن همراه؛ سیستم‌های توزیع شده ایمن؛ علم داده؛ سیستم‌های نهفته، مدارهای مجتمع و الکترونیک قدرت) ۴. انرژی (کنترل، بهینه سازی و یادگیری ماشین؛ سیستم‌های سخت افزاری کارآمد؛ مدارهای مجتمع و الکترونیک قدرت؛ برداشت انرژی؛ علم داده)
دانشگاه کارنگی ملون	۱. محدوده نرم افزارهای کاربردی (انرژی، سیستم‌های موبایل، زیرساخت‌های هوشمند) ۲. سیستم‌های انرژی(سیستم‌های فیزیکی سایبری و امنیت سایبری، بهینه سازی شبکه توزیع شده، استقرار در مقیاس بزرگ محاسبات) ۳. سیستم‌ها و فناوری‌ها (سیستم های سایبری-فیزیکی ، علم داده / شبکه و سیستم ایمن)

جدول .Error! No text of specified style in document-۲۵-بررسی حوزه‌های کاری دانشگاه استنفورد و کارنگی ملون

٤-۲- بررسی کنفرانس‌های معتبر در حوزه انرژی

در این بخش کنفرانس‌های انتخاب شده در حوزه برق و انرژی می‌باشند و اغلب در سالهای اخیر برگزار شده‌اند و ناشر آنها IEEE و یا ACM بوده است که از موسسات معتبر در حوزه برق و کامپیوتر محسوب می‌گردند. اطلاعات اولیه کنفرانس‌ها در

ارائه شده‌اند. از نقطه نظر بررسی حوزه های کاری کنفرانس‌ها همانگونه که در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۲۷ مشاهده می‌شود تعداد زیادی کلمات کلیدی استفاده شده در محور کنفرانس‌ها به فنآوری‌های جدید مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، مدیریت داده های حجیم، امنیت داده‌ها و هوشمند سازی اشاره دارند.

نام کنفرانس	جزئیات مربوط به کنفرانس
International Conference on Control and Optimization of Renewable Energy Systems CORES 2019	ناشر: IEEE سال برگزاری: ۲۰۱۹ محل برگزاری: آمریکا
۲۰۱۹9th International Conference on Power and Energy Systems	ناشر: IEEE سال برگزاری: ۲۰۱۹ محل برگزاری: استرالیا
10th International Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2020)	ناشر: Scopus سال برگزاری: ۲۰۲۰ محل برگزاری: ژاپن
Tenth International Conference on Future Energy Systems (ACM e-Energy)	ناشر: ACM سال برگزاری: ۲۰۱۹ محل برگزاری: آمریکا
International Conference on Future Energy Systems	ناشر: ACM سال برگزاری: ۲۰۱۹ محل برگزاری: آمریکا

جدول .Error! No text of specified style in document-**۲۶- کنفرانس های منتخب در حوزه انرژی**

نام کنفرانس	حوزه
International Conference on Control and Optimization of Renewable Energy Systems CORES 2019	۱. کنترل تطبیقی و پیش بینی ۲. فیلتر تطبیقی ۳. یادگیری ماشین ۴. روش‌های هوش مصنوعی ۵. سیستم‌های شبکه مستقل و متصل ۶. سیستم‌های ذخیره انرژی ۷. سیستم‌های ریز شبکه ۸. پیش بینی
2019 9th International Conference on Power and Energy Systems	۱. برنامه ریزی عملیات و کنترل شبکه‌های انتقال و توزیع شبکه‌های هوشمند و شبکه‌های توزیع فعال، نیروگاه‌های مجازی و سیستم‌های قدرت مستقل. ۲. محافظت از سیستم قدرت، قابلیت اطمینان و انعطاف پذیری ۳. سیستم‌های انرژی مبتنی بر اینترنت اشیاء ۴. برنامه‌های کاربردی بزرگ در سیستم‌های انرژی ۵. کاربردهای مدرن هوش مصنوعی در سیستم‌های انرژی ۶. برنامه‌های پردازش سیگنال در سیستم‌های انرژی ۷. امنیت سایبری در سیستم‌های قدرت و انرژی

نام کنفرانس	حوزه
10th International Conference on Future Environment and Energy (ICFEE 2020)	۱. سیاست گذاری انرژی، برنامه ریزی و مدیریت ۲. سنجش از دور ۳. تکنیک‌های محاسباتی ۴. ارتباط از راه دور ۵. سیستم‌های انرژی ترکیبی ۶. سیستم‌های انرژی یکپارچه
Tenth International Conference on Future Energy Systems (ACM e-Energy)	۱. برنامه‌های سیستم‌های فیزیکی سایبری و اینترنت اشیاء در سیستم‌های انرژی هوشمند ۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها برای شبکه هوشمند و سیستم های کارآمد انرژی ۳. منابع انرژی توزیع شده از جمله منابع ذخیره انرژی ۴. سیستم‌هایی برای اندازه گیری، مدل سازی و تجزیه و تحلیل بازار برق و زنجیره تامین برق ۵. وسایل نقلیه برقی و سیستم‌های حمل و نقل با انرژی کارآمد ۶. محاسبات و ارتباطات با انرژی و کارآمد، از جمله در مراکز داده ۷. مدیریت و کنترل تولید خرد و توزیع شده ۸. مدل سازی و درک رفتار کاربر از سیستم‌های انرژی فعال شده توسط فن آوری‌های محاسبات و ارتباطات ۹. نظارت و کنترل سیستم‌های انرژی برای شبکه‌های هوشمند، ساختمان‌های هوشمند و شهرهای هوشمند ۱۰. حفظ حریم خصوصی و امنیت زیرساخت‌های شبکه هوشمند
International Conference on Future Energy Systems	۱. محاسبات و ارتباطات برای سیستم‌های انرژی هوشمند ۲. شبکه‌های هوشمند ۳. ساختمان‌های هوشمند ۴. شهرهای هوشمند ۵. سیستم‌های محاسبات و ارتباطات با انرژی بهینه

جدول .Error! No text of specified style in document-۲۷- محور های تحقیقاتی کنفرانس های منتخب

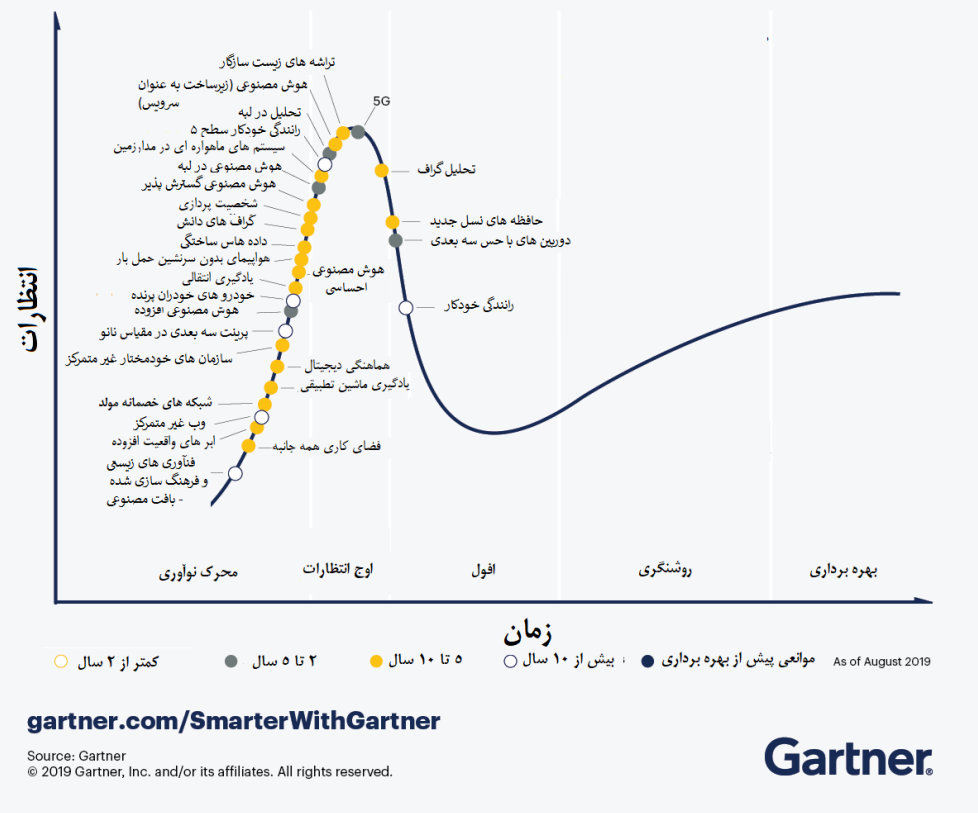
۵-۲- بررسی موسسات تحقیقاتی در حوزه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و صنعت برق

در این بخش ۱۳ موسسه تحقیقاتی معتبر در حوزه فنآوری اطلاعات و ارتباطات و صنعت برق مورد بررسی قرار می‌گیرند. فنآوری‌های معرفی شده توسط این موسسات به طور کلی در این فصل بیان می‌شود. جزئیات مربوط به هر یک از فن‌آوری‌ها در فصول آتی مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۵-۲- موسسه گارتنر[1]

[1] Gartner

موسسه گارتنر یک موسسه تحقیقاتی آمریکایی است که در زمینه‌های مربوط به فناوری تحقیق می‌نماید و به طور منظم نتایج این تحقیقات را منتشر می‌کند. تحقیقات این سازمان معطوف به رهبران اصلی صنعت فناوری اطلاعات است که شامل سازمان‌های دولتی، کسب و کارهای بزرگ و شرکت‌های مخابراتی، سرویس‌های تخصصی و سرمایه گذاران دنیای فنآوری است. این موسسه از سال ۱۹۷۹ شروع به فعالیت کرده است و هم اکنون بیش از ۵۷۰۰ کارمند شامل ۱۲۸۰ نفر در بخش تحقیق و توسعه، در ۸۵ کشور جهان دارد. شکل **No text of specified style in document.** !Error–۷ یک نمونه از نمودارهای ارائه شده توسط این موسسه را نشان می‌دهد که پیدایش، بلوغ و زمان استفاده از فنآوری‌های نوظهور را نشان می‌دهد.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۷–فنآوری‌های نوظهور سال ۲۰۱۹**

فنآوری‌های اشاره شده توسط موسسه گارتنر عبارتند از:

- هوش مصنوعی
- اینترنت اشیا
- شهر هوشمند
- شهر حسگر
- واقعیت مجازی
- واقعیت افزوده
- امنیت داده ها
- محرمانگی داده

- رایانش کوانتومی
- بلاکچین
- همزاد دیجیتال
- توسعه مبتنی بر هوش مصنوعی
- تحلیل افزوده
- چیز های خودگردان
- محاسبات لبه
- 5G
- گراف‌های دانش

۲-۵-۲- مجله مرور فنآوری MIT[1]

این مجله به طور کامل متعلق به موسسه فناوری ماساچوست است. این کمپانی در سال ۱۸۹۹ به عنوان Technology Review تاسیس شد و به عنوان یک مجله معتبر در معرفی و بررسی فنآوری‌های جدید به فعالیت می‌پردازد. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- هوش مصنوعی
- اینترنت اشیا
- شهر هوشمند
- شهر حسگر
- واقعیت مجازی
- رایانش کوانتومی
- الگوریتم های اعتبار اجتماعی(تشخیص کاربران)
- چاپ سه بعدی
- مهارت ربات
- دستیاران هوشمند
- هوش مصنوعی مبتنی بر محاسبات ابری
- شبکه های عصبی رقابتی

۲-۵-۳- موسسه مهندسان الکترونیک و الکتریک[2] (IEEE)

یکی از بزرگترین جوامع مهندسان الکترونیک و الکتریک با مقبولیت جهانی موسسه IEEE است که بیش از ۴۲۰۰۰۰ هزار عضو فعال دارد و سالانه مقالات فراوانی در کنفرانس‌ها و ژورنال‌های منتسب به این موسسه به چاپ می‌رسد. بسیاری از استانداردهای استفاده شده در علوم فنی مربوط به برق و کامپیوتر در این نشریات این موسسه به چاپ رسیده‌اند. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

[1] MIT Technology Review
[2] Institute of Electrical and Electronics Engineers

- هوش مصنوعی
- اینترنت اشیا
- شهر هوشمند
- شهر حسگر
- واقعیت مجازی
- واقعیت افزوده
- امنیت داده ها
- محرمانگی داده
- همزاد دیجیتال
- مواد هوشمند
- بات های گفتگو
- تشخیص هرزنامه های صوتی
- محاسبات بدون سرور

٤-۵-۲- هولت پکارد(HP[1])

هیولِت پکارد یک شرکت آمریکایی چند ملیتی فناوری اطلاعات است. ساختمان مرکزی این شرکت در دره سیلیکون در ایالت کالیفرنیا در آمریکا واقع شده‌است. این شرکت یکی از بزرگترین شرکت‌های فناوری اطلاعات است و تقریباً در تمامی کشورها فعالیت می‌کند. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- هوش مصنوعی
- اینترنت اشیا
- شهر هوشمند
- شهر حسگر
- واقعیت مجازی
- واقعیت افزوده
- امنیت داده ها
- محرمانگی داده
- کلان داده‌ها

۵-۵-۲- موسسه CIGRE[2]

دامنه فعالیت این موسسه شامل جنبه‌های فنی و اقتصادی شبکه برق و همچنین جنبه‌های زیست محیطی و نظارتی مربوط به آن است. به طور خاص، اهداف این موسسه به شرح زیر است:

- تبادل دانش فنی بین افرادی که در تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی نقش دارند.

[1] Hewlett Packard
[2] Conseil International des Grands Réseaux Électriques

- ایجاد ارتباط بین حوزه‌های ذکر شده مبتنی بر دانش فنی مطرح در این حوزه‌ها.
- اطلاع رسانی به تصمیم گیرندگان و تنظیم کنندگان مربوط به بازار برق با ولتاژ بالا از طریق انتشار گزارش‌ها در مجلات و کنفرانس‌ها که در پاریس در دوره‌های زمانی مشخص برگزار می‌شود.

فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- هوش مصنوعی
- کلان داده ها
- امنیت شبکه
- بلاکچین
- شبکه مبتنی بر نرم افزار
- اینترنت اشیاء
- تحلیل داده

٦-٥-٢- ای سی سنچری[1]

این موسسه یک شرکت خدمات حرفه ای چند ملیتی است که خدمات در استراتژی، مشاوره، دیجیتال، فنآوری و عملیات ارائه می‌دهد. این شرکت از سال ۲۰۰۹ تاسیس شده است و محل آن در ایرلند است. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- هوش مصنوعی
- واقعیت مجازی
- واقعیت افزوده
- رایانش کوانتومی
- بلاکچین
- الگوریتم های اعتبار اجتماعی
- تشخیص کاربران
- کلان داده ها

۷-۵-۲- موسسه ملی فنآوری و استاندارد ها(NIST[2])

مؤسسه ملی فناوری و استاندارد نام یک سازمان دولتی علمی در آمریکا است. مسئول وضع استانداردها و خط مشی از جمله تعیین حداقل نیازمندی‌ها برای امنیت اطلاعاتِ همه عملیات و دارایی‌های آژانس‌های ایالات متحده آمریکاست. این مؤسسه زیر نظر وزارت بازرگانی ایالات متحده آمریکا فعالیت می‌کند، و هدف از آن تشویق نوآوری و رقابت صنعتی توسط پیشبرد علوم سنجشی و فناوری در آمریکا بگونه‌ای که امنیت اقتصادی را ارتقاء بخشیده، و سطح کیفیت زندگی را افزایش دهد. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- امنیت

[1] Accenture
[2] National Inistitute of Standards and Technology

- اینترنت اشیاء
- بلاکچین
- رباتیک
- 5G
- ارتباطات بیسیم
- ارتباطات سیمی
- تحلیل داده

۸-۵-۲- اتحادیه بین المللی مخابرات (ITU[1])

این اتحادیه در قرن اخیر بعنوان یک سازمان بی طرف و بین المللی با هدف هماهنگی فعالیت های سازمان های دولتی و خصوصی در زمینه خدمات و شبکه های مخابراتی و توسعه فنآوری، مسئولیت تدوین مقررات، استانداردسازی، هماهنگی و توسعه مخابرات در سطح بین المللی را بعهده دارد. این اتحادیه دارای زیر بخش های متعددی است که از آن زیر بخش ها میتوان به ITU-T و ITU-R اشاره داشت که زیر بخش اول به مباحث استاندارد سازی ارتباطات تعلق دارد و زیربخش دوم به مباحث استاندارد سازی امواج می‌پردازد. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- 5G
- اینترنت اشیاء
- امواج
- ارتباطات بیسیم
- ارتباطات سیمی
- ارتباطات نوری
- مباحث چند رسانه ای
- شبکه

۹-۵-۲- سازمان بین‌المللی برای استانداردسازی (ISO[2])

این موسسه متشکل از نمایندگان موسسات استانداردسازی ملی است. این سازمان غیردولتی در سطح وسیع به وضع استانداردهای کلی و جزئی برای هماهنگ‌کردن استانداردهای متفاوت جهانی می‌پردازد. در عمل به صورت یک کنسرسیوم با ارتباطات قوی با دولت‌ها فعالیت می‌کند. این مؤسسه انواع استانداردهای تجاری و صنعتی جهانی را تعیین می‌نماید. مرکز ایزو در ژنو سویس قرار دارد. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- بلاکچین
- امینت
- اینترنت اشیاء
- 5G

[1] International Telecommunication Union
[2] International Organization for Standardization

- رباتیک
- ارتباطات سیمی
- ارتباطات بیسیم
- ارتباطات نوری
- امواج
- امینت در لایه فیزیکی
- شبکه

۱۰-۵-۲- کمیسیون الکتروتکنیک بین‌المللی (IEC[1])

این کمیسیون یک موسسه استاندارد غیرانتفاعی غیردولتی است که استانداردهای بین‌المللی کلیه فن‌آوریهای مرتبط با الکترونیک و الکتریسیته (در کنار هم با نام الکتروتکنولوژی شناخته می‌شوند) را تهیه و منتشر می‌کند. استانداردهای این کمیسیون شامل دامنه وسیعی از فن‌آوری‌ها ازجمله تولید، انتقال و توزیع نیرو برای مصارف اداری و خانگی، نیمه‌رساناها، فیبرهای نوری، باطری‌ها، انرژی خورشیدی، فناوری نانو، انرژی دریایی و بسیاری دیگر می‌شود. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- ارتباطات سیمی
- ارتباطات بیسیم
- ارتباطات نوری
- امنیت در لایه فیزیکی
- چند رسانه ای
- امواج
- شبکه

۱۱-۵-۲- کارگروه مهندسی اینترنت (IETF[2])

این کارگروه سازمانی است که استانداردهای اینترنت را ایجاد کرده و بهبود می‌بخشد. این گروه با کنسرسیوم وب جهان‌شمول موسوم به W3C[3] و سازمان بین‌المللی استانداردسازی موسوم به ISO/IEC همکاری نزدیکی داشته و به‌طور ویژه بر روی مجموعه پروتکل اینترنت کار می‌کند. این گروه یک مؤسسه استاندارد باز بوده که هیچ عضویت رسمی یا شرایط عضویتی ندارد. همه شرکت کنندگان و مدیران داوطلب هستند، هرچند معمولاً کار آن‌ها به‌وسیله کارفرمایان یا حامیانشان از نظر مالی پشتیبانی می‌شود. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- امنیت
- اینترنت اشیاء
- مباحث چند رسانه ای

[1] International Electrotechnical Commission Standards
[2] Internet Engineering Task Force
[3] World Wide Web Consortium

- شبکه

۱۲-۵-۲- پروژه مشارکتی نسل سوم شبکه سیار (3GPP[1])

این موسسه کنسرسیومی از هفت انجمن محلی مخابراتی به عنوان «اعضای پایه» (شرکای سازمانی) و گستره‌ای از دیگر سازمان‌ها به عنوان «اعضای وابسته» (شرکای نماینده بازار) است. پروژه مشارکتی نسل سوم شبکه سیار کار خود را در سه جریان مختلف، سازماندهی می‌کند: شبکه‌های دسترسی بی‌سیم، خدمات و خصوصیات سامانه‌ها، و هسته شبکه و سامانه‌ها. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

- اینترنت اشیاء
- 5G
- ارتباطات بیسیم
- امواج
- شبکه

۱۳-۵-۲- انجمن سامانه جهانی ارتباطات سیار (GSMA[2])

این انجمن منافع اپراتورهای شبکه‌های بی‌سیم را در سراسر جهان نمایندگی می‌کند. تقریباً ۸۰۰ اپراتور بی‌سیم عضو کامل این انجمن هستند و ۳۰۰ شرکت دیگر در گسترده ارتباطات بی‌سیم نیز عضو وابسته این انجمن هستند. این سازمان بزرگترین نمایشگاه و کنفرانس سالانه ارتباطات سیار را سازماندهی می‌کند. فنآوری‌های اشاره شده توسط این موسسه عبارتند از:

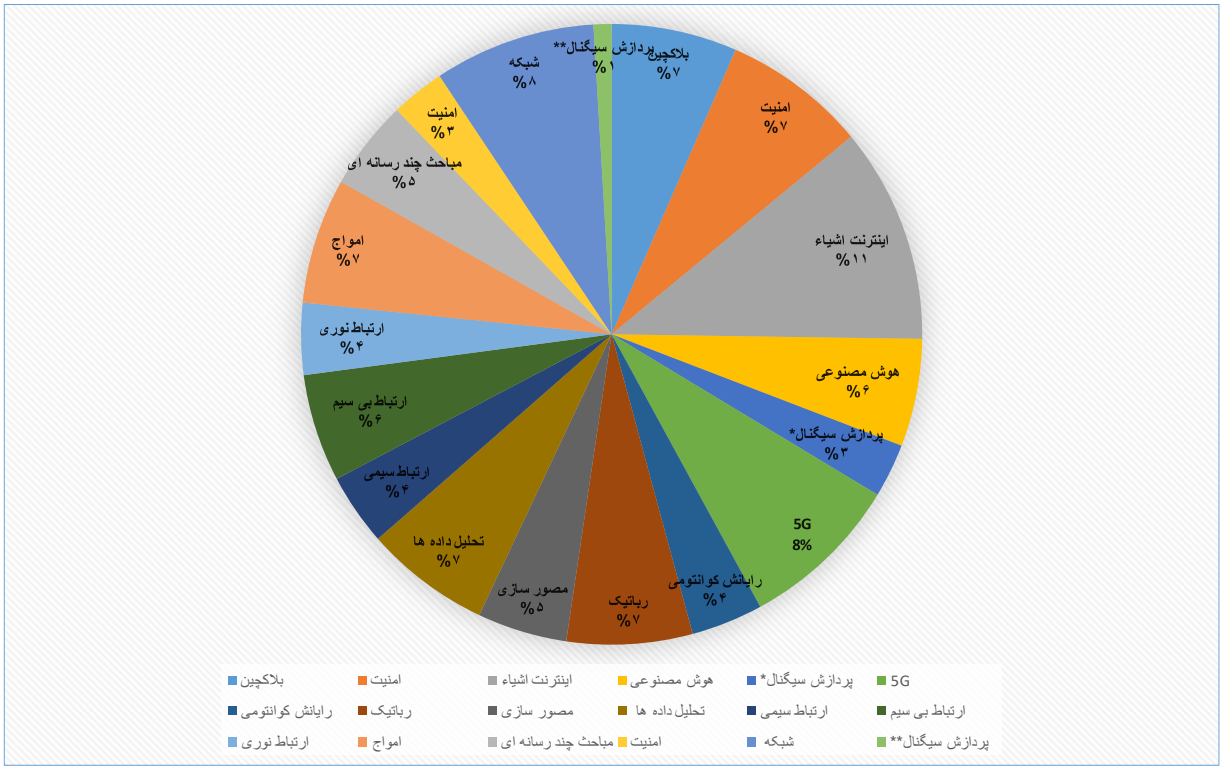
- اینترنت اشیاء
- 5G
- ارتباطات بیسیم
- امواج
- شبکه

۶-۲- نتیجه گیری فصل ۲

در این فصل به بررسی مراکز تحقیقاتی معتبر در حوزه انرژی و محور تحقیقاتی ICT در دانشگاه‌ها،کنفرانس‌ها، شرکت‌های تعیین کننده روند فنآوری پرداخته شده است. در این بخش نقشه راه موسسات معتبر به تفضیل بررسی شد و همچنین فنآوری‌های منتخب و نوظهور به منظور ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب در حوزه برق و انرژی استخراج گردید. در ادامه فنآوری‌های ذکر شده در محورهای کنفرانس‌ها و موسسات معتبر در حوزه برق و انرژی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. فنآوری‌های نوظهور بررسی شده توسط موسسات ذکر شده همگی از یک میزان محبوبیت برخوردار نیستند. بنابراین در این بخش سعی شده است که میزان محبوبیت آنها را با در نظر گرفتن گزارش‌های مربوطه به موسسات تحقیقاتی بررسی شود. **Error! Reference source not found.** نشان دهنده میزان محبوبیت (بر اساس تعداد ارجاعات) فنآوری‌ها مبتنی بر گزارش موسسات ذکر شده است. برای هر فنآوری نیز زیر فنآوری‌هایی تعریف شده است که در **Error! Reference source not found.** با جزئیات مورد تفکیک ق رار گرفته است. با در نظر گرفتن نتایج تحلیل ارائه شده فنآوری هایی مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و بلاکچین نقش غیر

[1] 3rd Generation Partnership Project
[2] Global System for Mobile Communications Association

قابل انکاری در صنایع برق و انرژی خواهند داشت. لازم به ذکر است که مبنای اغلب گزارش‌های مربوط به مسیر راه اروپا، آمریکا، کره و کشور های عربی نیز بر این فنآوری‌ها بنا نهاده شده که به نوعی باعث تصدیق تحلیل ارائه شده در این گزارش می‌گردد. در فصل‌های آتی فنآوری‌ها با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در فصل دوم این گزارش تمامی فنآوری‌های ذکر شده در این بخش و کاربردهای آنها در صنعت برق و انرژی مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت. آنچه این نمودار به وضوح نشان میدهد رشد استفاده از هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء است که در اغلب گزارش‌های مسیر راه موسسات نیز مبنای کار قرار گرفته بود.



شکل .Error! No text of specified style in document**۸– درصد ارجاعات به فنآوری‌های نوظهور (مبتنی بر** Error! Reference (source not found.

های‌فناوری مرتبط	موضوع	GARTNER	MIT	IEEE	HP	CIGRE	ACCENTURE	NIST	ITU	ISO	IEEC	IETF	3GPP	GSMA
Blockchain	بلاکچین	*	*	*		*	*	*		*				
Software Defined Security	امنیت	*		*	*	*	*	*		*		*		
Cloud Computing	اینترنت اشیاء	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*
Big Data														
Fog Computing/ Edge Computing														
SDN/NFV														
Expert System	هوش مصنوعی	*	*	*	*	*	*							
Fuzzy Logic														
Deep Learning														
Fuzzy systems														
Swarm Inteligence And Evolutionary computing														
Neural Networks														
Virtual Assistants/ Conversational UI	پردازش سیگنال*	*	*	*										
5G	5G	*		*	*	*		*	*	*			*	*
Quantum Computing	رایانش کوانتومی	*	*	*			*							
Smart Robots	رباتیک	*	*	*		*	*	*		*				

های‌فناوری مرتبط	موضوع	GARTNER	MIT	IEEE	HP	CIGRE	ACCENTURE	NIST	ITU	ISO	IEEC	IETF	3GPP	GSMA
Autonomous Mobile Robots														
Virtual Reality	مصور سازی	*	*	*	*		*							
Augmented Reality														
Digital Twin														
Augmented Data Discovery	تحلیل داده ها	*	*	*	*	*	*	*						
Knowledge Graphs														
Semantic Web														
(Enterprise Taxonomy And Ontology Management)														
Cable	ارتباطات سیمی			*				*		*	*			
Power Line Carrier (PLC)														
Long Range	ارتباطات بی سیم			*				*	*		*		*	*
Transcevier (TR Module)														
Short Range														
Wireless	ارتباطات نوری			*					*	*	*			
Wired														
Energy Harvesting (EH)	امواج	*		*					*	*	*		*	*

های‌فناوری مرتبط	موضوع	GARTNER	MIT	IEEE	HP	CIGRE	ACCENTURE	NIST	ITU	ISO	IEEC	IETF	3GPP	GSMA
Wireless Power Transmission (WPT														
Shielding and EMC protection														
Anttena														
Non destructive Test														
Saving Format	مباحث چند رسانه ای	*		*					*		*	*		
Streaming														
Phy Security	امنیت	*								*	*			
Ad-Hoc	شبکه	*		*	*				*	*	*	*	*	*
Network Management														
Network Architecture														
Protocols and Standards														
Steady state estimation	پردازش سیگنال **			*										
Image processing														
CPS														

۱۶-۲- تعداد ارجاعات موسسات به فناوری

فصل ۳

بررسی مزایا، معایب و کابردهای فنآوری‌های نوظهور ICT در بخش انرژی بر اساس مطالعات انجام شده و انتخاب فناوری نوظهور بر اساس چالش‌های تعیین شده

۱-۳- مقدمه فصل ۳

در فصل ۲ گزارش با بررسی‌های انجام شده در مراکز تحقیقاتی معتبر در حوزه انرژی و محور تحقیقاتی ICT در دانشگاه‌ها، کنفرانس‌ها و شرکت‌های تعیین کننده روند فنآوری‌های نوین تعیین شد. این فناوریها به صورت زیر می باشند:

۱- فناوری های حوزه IT
- هوش مصنوعی
- کلان داده
- بلاکچین
- پردازش سیگنال
- اینترنت اشیاء
- محاسبات ابر
- محاسبات مه
- امنیت اطلاعات و ارتباطات
- کوانتوم
- شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار
- مجازی¬سازی عملکرد شبکه (NFV)

۲- فناوریهای حوزه CT
- فرستنده و گیرنده‌های دیجیتال
- مخابرات بی سیم سیار
- مخابرات بی‌سیم غیر سلولار
- مخابرات بی سیم کوتاه برد
- شبکه‌های مخابرات نوری بی سیم
- مخابرات نوری فیبری
- امنیت لایه فیزیکی
- امواج الکترومغناطیس و شیلدینگ
- انتقال برق بی سیم
- استحصال برق
- آنتن

۳- فناوریهای ترکیبی کاربردی
- واقعیت مجازی، ترکیبی و افزوده
- همزاد دیجیتال
- رابط محاوره ای
- تست های غیر مخرب
- شبکه‌های مخابراتی
- رباتیک

در این فصل به بررسی مزایا، معایب و کابردهای این فنآوری‌های نوظهور ICT پرداخته شده و چالش‌های ساختارهای نوین صنعت برق تدوین شده در گزارش مرحله اول پروژه که توسط آن فناوری ها قابل رفع می باشند، مشخص خواهند شد. در نهایت فناوری‌هایی که می‌توانند در جهت رفع این چالش‌ها مورد استفاده قرار بگیرند جهت تعیین پروژه‌های مرتبط گروه انتخاب خواهند شد.

۲-۳- فناوری‌های حوزه اطلاعات

در این بخش به بررسی فناوریهای حوزه اطلاعات پرداخته می‌شود. برای هر فناوری شرح مختصری از آن فناوری، مزایا و معایب، کاربرد آن فناوری در صنعت برق و ارتباط آن فناوری با چالش های ساختارهای نوین تعیین شده در گزارش بیان خواهند شد.

۱-۲-۳- هوش مصنوعی

هوش مصنوعی به هوشی اطلاق می‌گردد که یک ماشین یا نرم‌افزار (به عنوان مثال، ربات‌ها و برنامه‌های کامپیوتری) در شرایط مختلف از خود نشان می‌دهد. به عبارت دیگر هوش مصنوعی به سیستم‌هایی گفته می‌شود که می‌توانند واکنش‌هایی مشابه رفتارهای هوشمند انسانی از جمله درک شرایط پیچیده، شبیه‌سازی فرایندهای تفکری و شیوه‌های استدلالی انسانی و پاسخ موفق به آنها، یادگیری و توانایی کسب دانش و استدلال برای حل مسایل را داشته باشند. حوزه‌ی هوش مصنوعی به شاخه‌ها و سامانه‌های مختلفی از جمله سامانه‌های خبره، شبکه‌های عصبی، سامانه‌های منطق فازی تقسیم می‌شود[۱۶]. در ادامه، هریک از این موارد با ذکر مزایا، معایب و کاربردها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۲-۲-۳- تکنیک‌های هوش مصنوعی

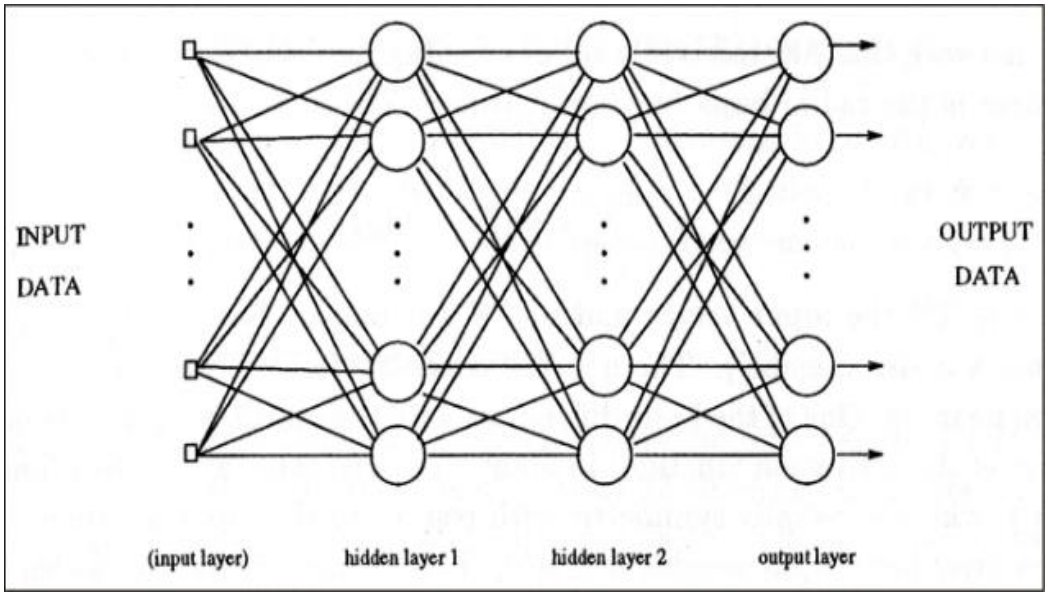
۱-۱-۲-۱-۳- شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN[1])

یک شبکه عصبی مصنوعی ایده‌ای برای پردازش اطلاعات است که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته و مانند مغز به پردازش اطلاعات می‌پردازد. عنصر کلیدی این ایده، ساختار جدید سیستم پردازش اطلاعات است. این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق العاده بهم پیوسته به نام نورون‌ها[2] تشکیل شده که برای حل یک مسئله به صورت هماهنگ با هم عمل می‌کنند. شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز مانند انسان‌ها با مثال یاد می‌گیرند و یک شبکه عصبی برای انجام وظیفه‌های مشخص مانند شناسایی الگوها و دسته‌بندی اطلاعات، در طول یک پروسه یادگیری تنظیم می‌شود. در سیستم‌های زیستی، یادگیری با تنظیماتی در اتصالات سیناپسی که بین اعصاب قرار دارد همراه است. از این روش در شبکه‌های عصبی نیز استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، شبکه‌های عصبی مصنوعی که به اختصار به آن شبکه عصبی نیز گفته می‌شود، نوع خاصی از مدل یادگیری است که روش کارکرد سیناپس‌ها در مغز انسان را تقلید می‌کند. شبکه‌های عصبی مصنوعی با پردازش داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کند که به این عمل یادگیری می‌گویند. اصولاً توانایی یادگیری مهم‌ترین ویژگی یک سیستم هوشمند است. سیستمی که قابلیت یادگیری داشته باشد، منعطف‌تر است و ساده تر برنامه‌ریزی می‌شود، بنابراین بهتر می‌تواند در مورد مسایل و معادلات جدید پاسخگو باشد [۱۷].

همان‌گونه که در شکل **No text of specified style in document.** !Error-۹آورده شده است، مجموعه نورون‌های یک شبکه عصبی معمولاً در قالب مجموعه‌هایی به نام "لایه" سازمان‌دهی می‌شوند. انواع لایه‌ها عبارتند از:

[1] Artificial Neural Networks
[2] Neurons

- لایه ورودی: این لایه شامل گره‌هایی است که واحدهای ورودی بوده و هیچ‌گونه پردازشی بر روی داده و اطلاعات انجام نداده و صرفاً وظیفه توزیع مقادیر ورودی به لایه بعد را بر عهده دارند.
- لایه (های) میانی: این گره‌ها واحدهای پنهانی هستند که به طور مستقیم مشهود و قابل مشاهده نبوده و وظیفه ارتباط دادن لایه ورودی به لایه خروجی را بر عهده دارند. شبکه با داشتن این لایه‌های پنهان قادر می گردد تا روابط غیر خطی را از داده‌های ارائه شده به شبکه استخراج نماید.
- لایه خروجی: این گره‌ها واحدهای خروجی هستند که پاسخ سیگنال‌های ورودی را ارائه می‌دهند.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۹– سازمان‌دهی نورون‌های یک شبکه عصبی [۱۷]**

یادگیری عمیق نیز زیر مجموعه‌ای از همین فناوری است که در آن شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های مشابه مغز بشر از مجموعه‌های عظیم داده، مهارت‌های مورد نظر را فرا می‌گیرند. به عبارت دیگر، یادگیری عمیق یکی از تکنیک‌های یادگیری ماشین است که به کامپیوترها آموزش می‌دهد تا کارهایی که انسان‌ها به طور طبیعی انجام می‌دهند را فرا بگیرد: یعنی با مثال آموزش ببینند. به عنوان مثال، یادگیری عمیق یک فن‌آوری کلیدی برای صنعت خودروهای بدون راننده است که امکان شناسایی علامت توقف و یا تشخیص عابر پیاده را فراهم می‌سازد. طی چند سال گذشته، یادگیری عمیق توجه زیادی را به خود جلب کرده، چرا که نتایجی به دست آورده که قبلاً امکان پذیر نبوده است.

در یادگیری عمیق، یک مدل کامپیوتری می‌آموزد که وظایف طبقه‌بندی[1] را مستقیماً از تصاویر، متن یا صدا انجام دهد. مدل‌های یادگیری عمیق می‌توانند به دقت بسیار بالایی دست یافته و حتی در برخی موارد عملکرد آنها از سطح انسانی پیشی بگیرد. مدل‌ها توسط مجموعه‌ای از داده‌های برچسب گذاری شده و معماری شبکه‌های عصبی که حاوی لایه‌های زیادی هستند، آموزش داده می‌شوند [۱۶].

[1] Classification

I- مزایا شبکه عصبی مصنوعی

به طور کلی، شبکه‌های عصبی با قابلیت قابل توجه آن‌ها در جست و جو معانی از داده‌های پیچیده یا مبهم، می‌تواند برای استخراج الگوها و شناسایی روش‌هایی که آگاهی از آن‌ها برای انسان و دیگر تکنیک‌های کامپیوتری بسیار پیچیده و دشوار است، به کار گرفته شود. یک شبکه عصبی تربیت یافته می‌تواند به عنوان یک متخصص در مقوله اطلاعاتی که برای تجزیه و تحلیل به آن داده شده به حساب آید. از جمله دیگر مزایای شبکه‌های عصبی مصنوعی، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۱۶ و ۱۷]:

- پردازش در این سیستم‌ها با سرعت بالا صورت می‌گیرد.
- نیاز به دانش خاصی در ارتباط با مدل سیستم وجود ندارد.
- توانایی استفاده از داده‌های ناقص، پیچیده و مبهم را دارند.
- در برابر خطا تحمل‌پذیر هستند.
- شبکه‌های عصبی سریع و قوی بوده و توانایی یادگیری و سازگاری با داده‌ها را دارند.
- قابلیت یادگیری و نحوه انجام وظایف بر پایه اطلاعات داده شده برای تمرین و تجربه‌های مقدماتی را دارند.

هم‌چنین در زمینه مزایای مبحث یادگیری عمیق می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

یادگیری عمیق بسیار بهتر از گذشته مشکلات بسیاری را در زمینه‌های دیداری و شنیداری رایانه[1] و نیز پردازش پیشرفته زبان طبیعی[2] حل نموده است.

- استفاده از فن‌آوری یادگیری عمیق، نیاز به مهندسی ویژگی‌ها که یکی از زمان‌برترین مراحل در فرآیند یادگیری ماشین است را کاهش می‌دهد. به عبارت دیگر ویژگی‌ها به منظور دستیابی به نتیجه مطلوب، به طور خودکار دریافت و بهینه‌سازی می‌شوند و نیازی به استخراج آنها از قبل نیست.
- یک رویکرد مبتنی بر شبکه‌های عصبی مشابه می‌تواند برای بسیاری از برنامه‌ها و انواع مختلف داده‌ها اعمال شود.
- معماری یادگیری عمیق انعطاف‌پذیر بوده و با مشکلات جدیدی که در آینده رخ خواهند داد، سازگار می‌شود.
- فن‌آوری یادگیری عمیق هنوز یکی از زمینه‌های فعال محسوب شده و این بدان معنی است که پتانسیل ایجاد نوآوری در این زمینه وجود دارد. برخی از استارتاپ‌ها، مدل کسب و کار خود را برمبنای ایجاد مدل‌های یادگیری عمیق به منظور رسیدن به یک هدف واحد، پایه‌گذاری نموده‌اند.

II- معایب شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی با وجود برتری‌هایی که نسبت به سیستم‌های مرسوم دارند، معایبی نیز دارند که پژوهشگران این رشته در تلاش برای به حداقل رساندن آنها هستند. از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۱۶ و ۱۹]:

- ابعاد بزرگی داشته و در نتیجه نیاز به توان محاسباتی بالا دارند.
- قواعد یا دستورات مشخصی برای طراحی شبکه جهت یک کاربرد اختیاری وجود ندارد.
- در مورد مسائل مدل‌سازی، صرفاً نمی‌توان با استفاده از شبکه عصبی به فیزیک مساله پی برد. به عبارت دیگر مرتبط ساختن پارامترها یا ساختار شبکه به پارامترهای فرآیند معمولاً غیرممکن است.
- دقت نتایج بستگی زیادی به اندازه مجموعه آموزش دارد.
- نتایج همیشه تولید می‌شود، حتی اگر داده‌های ورودی غیر منطقی باشند.

[1] Computer Vision and Audio
[2] Advanced Natural Language Processing

- شبکه‌های عصبی مقیاس‌پذیر نبوده و پیش بینی عملکرد آینده شبکه (عمومیت یافتن) در آن به سادگی امکان‌پذیر نیست.

هم‌چنین در زمینه چالش‌های مبحث یادگیری عمیق می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- در استفاده از روش یادگیری عمیق به مجموعه داده‌های عظیم نیاز است که البته همیشه در دسترس نبوده، به خصوص برای کسب و کارهای جدید که ممکن است این مقدار داده وجود نداشته یا هزینه‌بر باشد.
- به قدرت محاسباتی بالایی نیاز داشته و در نتیجه هزینه بالایی در پی خواهد داشت.
- عدم وجود متخصصین کافی در این زمینه
- هیچ نظریه استانداردی به منظور هدایت افراد در انتخاب ابزارهای مناسب یادگیری عمیق وجود ندارد، چرا که این امر نیازمند دانش توپولوژی، متدهای آموزش و دیگر پارامترها می‌باشد. در نتیجه پذیرش آن توسط افرادی که تخصص چندانی در این زمینه ندارند، دشوار است.
- با وجود آنکه کارهای بسیاری در زمینه چگونگی آموزش شبکه‌های عصبی عمیق انجام شده است، اما هنوز شبکه‌های عصبی مانند جعبه‌های سیاه هستند. به عبارت دیگر، درک آسانی از آنچه که آموخته شده است، وجود ندارد. از این رو بهتر است در زمینه‌هایی که نیاز به تفسیر[1] وجود دارد، از الگوریتم‌هایی نظیر رگرسیون یا مدل‌های آماری دیگر استفاده شود.

III- کاربردهای شبکه عصبی مصنوعی

در سیستم‌های برق و قدرت، زمانیکه که نیاز به پاسخ‌های سریع و انجام عملیاتی به صورت بلادرنگ باشد، می‌توان از شبکه‌های عصبی استفاده نمود. همانگونه که عنوان گردید، شبکه‌های عصبی مصنوعی از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته و ارزیابی بیولوژیکی از مسائل دنیای واقعی انجام می‌دهد. مسائل و چالش‌های مربوط در زمینه تولید، توزیع و انتقال نیروی برق را نیز می‌توان به شبکه‌های عصبی تزریق نموده و راه حل مناسب دریافت کرد. به عنوان مثال، مقادیر ضریب خودالقایی، ظرفیت و مقاومت در یک خط انتقال را می‌توان از طریق شبکه‌های عصبی و با در نظر گرفتن فاکتورهایی نظیر عوامل محیطی، شرایط عدم تعادل و سایر مشکلات احتمالی محاسبه نمود. هم‌چنین می‌توان با استفاده از خصوصیات پروفایل بار بر روی داده‌های اندازه‌گیری شده، پیش‌بینی انرژی انجام داد [۱۶].

۲-۱-۱-۲-۳- منطق فازی[2]

منطق فازی یا سیستم‌های فازی، سیستم‌های منطقی برای استانداردسازی و رسمی‌سازی استدلال تقریبی هستند. این امر مشابه با تصمیم‌گیری توسط انسان با قابلیت ارائه راه حل‌های دقیق از داده‌ها و اطلاعات خاص و یا حتی تقریبی می‌باشد. استدلال در منطق فازی شبیه به استدلال انسان است. منطق فازی مانند مغز انسان عمل می‌کند و می‌توان از این فناوری در ماشین‌ها استفاده کرد که تا حدی مانند انسان عمل کنند. این فناوری مواردی نظیر قدرت بیان بالاتر، عمومیت بیشتر و قابلیت مدل‌سازی مسائل پیچیده با هزینه کم یا متوسط را دربردارد. منطق فازی، برخورداری از سطح مشخصی از ابهام را در طول تحلیل امکان‌پذیر می‌سازد. چرا که این ابهام می تواند اطلاعات موجود را مشخص کند و پیچیدگی مسئله را به حداقل برساند. به همین دلیل، این فناوری در بسیاری از زمینه‌ها می‌تواند مفید واقع شود.

[1] Interpretability
[2] Fuzzy Logic

می‌توان رویکرد منطق فازی را به شکلی تصور کرد که به جای در نظر گرفتن دو وضعیت مثلاً سیاه یا سفید، طیفی از رنگ خاکستری را جایگزین کرد که از یک طرف به رنگ سفید و از طرف دیگر به رنگ سیاه محدود می‌شود. در حوزه‌های مختلفی مانند هوش مصنوعی و نظریه کنترل[1]، از منطق فازی استفاده می‌شود. به طور کلی، با استفاده از منطق فازی در این زمینه‌ها، رایانه‌ها قادر هستند براساس داده‌های غیرقطعی و غیرصریح، محاسبه و تصمیم‌گیری کنند [۱۶ و ۲۱].

I- مزایا منطق فازی

از جمله مزایای منطق فازی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۲۰ و ۲۱]:

- ساختار سیستم‌های منطق فازی، ساده و قابل درک است.
- منطق فازی برای اهداف تجاری و کاربردی بسیار مفید است.
- با استفاده از این فناوری می‌توان ماشین آلات و محصولات تولیدی را بهتر و موثرتر و با صرفه‌جویی در هزینه‌ها کنترل نمود.
- ممکن است از استدلال دقیق استفاده نکند اما استدلالی قابل قبول ارائه خواهد کرد. به عبارت دیگر، ممکن است به منطق فازی به دلیل دقیق نبودن نتایج حاصل، خرده گرفته شود ولی به دلیل قابل قبول بودن نتایج حاصل شده، می‌توان آن را با اطمینان استفاده کرد، بخصوص اگر ورودی‌ها دقیق نباشند.
- منطق فازی در حل مشکل عدم قطعیت در علوم مهندسی می‌تواند مفید واقع شود.
- همچنین در زمینه کنترل می‌توان براساس منطق فازی، برنامه‌ریزی را به شکلی انجام داد که با از کار افتادن حسگرها فرآیند تولید متوقف نشود. به این ترتیب در این زمینه، بالا بردن کارایی سیستم‌ها با منطق فازی امکان‌پذیر است بطوری که با استفاده از حسگرهای ارزان قیمت فرآیند کنترل سیستم به خوبی و با هزینه کم صورت می‌پذیرد.
- با استفاده از منطق فازی می‌توان مسائل پیچیده را با راه حل‌های موثرتر و ساده‌تر حل نمود.

II- معایب منطق فازی

از جمله معایب منطق فازی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۲۱]:

- از آنجایی که فرآیند تصمیم‌سازی در منطق فازی بر مبنای قوانین از پیش‌تعیین شده صورت می‌گیرد، اگر این قوانین دچار نقص یا اشکال باشند، ممکن است نتایج اصلاً قابل قبول نباشند.
- انتخاب تابع عضویت و قوانین پایه از مشکل‌ترین قسمت‌های ایجاد سیستم‌های فازی است.
- پیاده‌سازی منطق فازی در سخت‌افزارهای رایج احتیاج به آزمایش‌های متعدد و زمان‌بر دارد.
- کارایی منطق فازی در بازشناسی الگو نسبت به شبکه‌های عصبی کمتر است. به همین علت در علم داده۲ به آن کمتر پرداخته می‌شود.

III- کاربردها منطق فازی

در سیستم‌های برق و قدرت، منطق فازی در زمینه‌هایی که اطلاعات موجود از اطمینان بالایی برخوردار نیستند، کاربرد دارد [۲۰]. از جمله دیگر کاربردهای منطق فازی در این حوزه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- کنترل سیستم‌های قدرت

[1] Control Theory

[2] Data Science

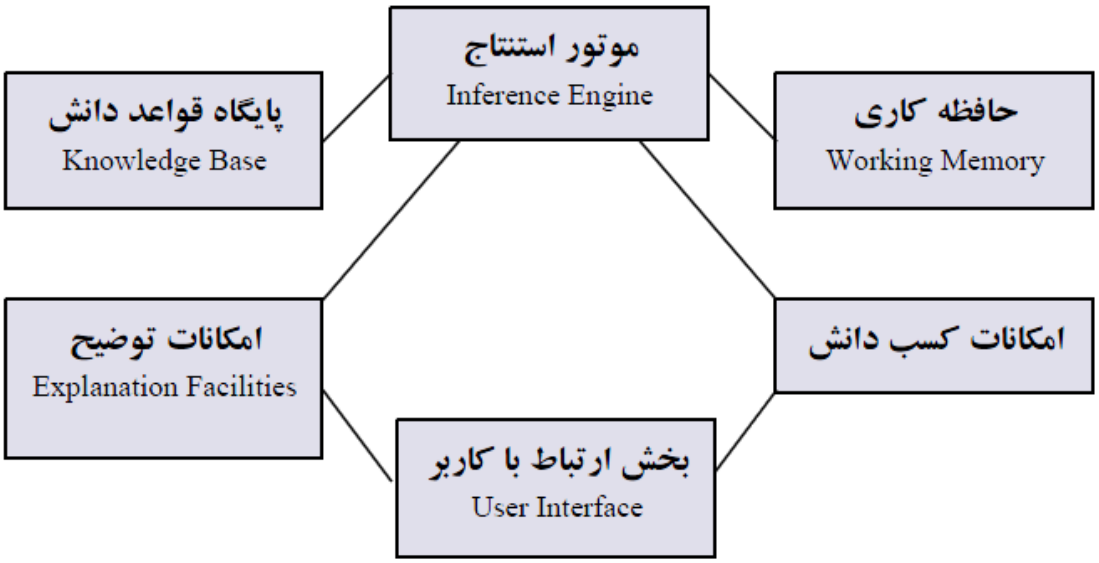
- عیب‌یابی
- ارزیابی امنیتی
- پیش‌بینی بار
- برنامه‌ریزی توان راکتیو و کنترل آن
- تخمین وضعیت

علاوه بر موارد ذکر شده، در سیستم‌های برق و قدرت می‌توان از منطق فازی به منظور طراحی مولفه‌های فیزیکی استفاده نمود. در واقع می‌توان از این فناوری برای افزایش راندمان مولفه‌های موجود در سیستم‌های برق و قدرت استفاده نمود. هم‌چنین، از آنجایی که اکثر داده‌های مورد استفاده در تحلیل سیستم‌های برق و قدرت، مقادیر و فرضیات تقریبی هستند، منطق فازی می‌تواند برای به دست آوردن یک خروجی پایدار، دقیق و بدون ابهام بسیار مفید باشد.

۳-۱-۱-۲-۳- سیستم‌های خبره[1]

یکی از موفق‌ترین شاخه‌های هوش‌مصنوعی سیستم‌های خبره هستند. این سیستم‌ها در واقع برنامه‌های کامپیوتری هستند که نحوه تفکر یک متخصص در یک زمینه خاص را شبیه‌سازی می‌کنند. این نرم‌افزارها، الگوهای منطقی که یک متخصص براساس آن‌ها تصمیم‌گیری می‌کند را شناسایی کرده و سپس براساس آن الگوها همانند انسان عمل می‌کنند.

به عبارت دیگر، به آن نوع از برنامه‌های هوش‌مصنوعی که به سطحی از خبرگی می‌رسند که می‌توانند به جای یک متخصص در یک زمینه خاص تصمیم‌گیری کنند، سیستم‌های خبره می‌گویند. هم‌چنین در تعاریف دیگر از این سیستم‌ها به عنوان سیستم‌های مبتنی بر دانش نیز نام برده شده است. این سیستم‌ها قادر به حل مسائل کنترلی، طراحی، تشخیص، آموزش، برنامه‌ریزی، پیش‌بینی و شبیه‌سازی هستند. به طور کلی سیستم‌های خبره از مکانیزم رابط و دانش برای حل مسائلی استفاده می‌کند که با مهارت و خرد انسانی قابل حل نیست. در شکل ۲، اجزای اصلی یک سیستم خبره آورده شده است [۱۶ و ۲۲].



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۰– اجزای اصلی یک سیستم خبره** [۱۶]

I- مزایای سیستم خبره

[1] Expert Systems

از جمله مزایای سیستم‌های خبره می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۱۶ و ۲۳]:

- افزایش قابلیت دسترسی – تجربه و دانش در هر سخت‌افزار مناسبی قابل دسترس است. یک سیستم خبره، انبوهی از تجربه و دانش را در خود جای داده است.
- کاهش هزینه – هزینه کسب دانش برای هر کاربر کمتر خواهد بود.
- دوام و بقا – تجربه و دانش این سیستم‌ها ماندنی است. به عبارت دیگر، دانش سیستم‌های خبره به طور نامحدودی پایدار است.
- قابلیت مستندسازی – امکان مستندسازی در مورد جزئیات استدلال سیستم‌های خبره وجود دارد.

II- معایب سیستم های خبره

سیستم‌های خبره قابلیت یادگیری یا تطابق با مسائل و موقعیت‌های جدید را ندارند.

III- کاربردهای سیستم خبره

بسیاری از کاربردهای سیستم‌های خبره در سیستم‌های برق و قدرت مطابق با ویژگی‌های این سیستم‌ها نظیر تصمیم‌گیری، مستندسازی دانش و حل چالش‌ها به کمک استدلال، اکتشاف و داوری می‌باشد. سیستم‌های خبره هم‌چنین در مواردی که حجم بالایی از داده‌ها می‌بایست در زمان کوتاهی پردازش شوند، می‌تواند مفید واقع شود.

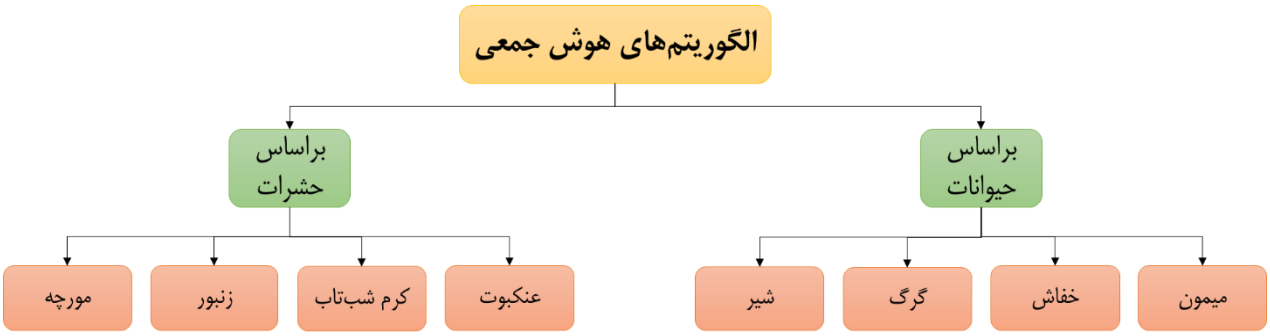
از آنجایی که سیستم‌های خبره اساساً برنامه‌های کامپیوتری هستند، فرآیند نوشتن کد برای این برنامه‌ها ساده‌تر از محاسبه و برآورد مقدار پارامترهای مورد استفاده در تولید، توزیع و انتقال برق هستند. هر گونه تغییری حتی پس از فرایند طراحی، می‌تواند به سادگی و توسط برنامه‌های کامپیوتری صورت گیرد. نتیجتاً، تخمین مقادیر عنوان شده امکان‌پذیر می‌شود و می‌توان تحقیقات بیشتری برای افزایش کارآیی فرایند نیز انجام داد [۱۷].

٤-۱-۱-۲-۳- هوش جمعی[1]

هوش جمعی[2] زیر شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که برای اولین بار در سال ۱۹۸۹ توسط Gerardo Beni و Jing Wang برای توسعه سیستم‌های رباتیک سلولی مطرح و به کار گرفته شد. هوش جمعی از رفتارهای جمعی و گروهی گونه‌های مختلف حیوانات، حشرات و پرندگان برگرفته شده است. غیرمتمرکز بودن، خودساماندهی، انعطاف‌پذیری، تطبیق‌پذیری تعدادی از ویژگی مهم این نوع الگوریتم‌ها هستند که منجر به محبوبیت و کاربردهای گسترده در زمینه‌های مختلف شده‌اند [۲۴]. این الگوریتم‌ها معمولا از جمعیتی به نام کنشگر یا عامل تشکیل می‌شوند که به طور محلی با یکدیگر و محیط تعامل می‌کنند. این الگوریتم‌ها در مسائلی کاربرد دارند که رسیدن به یک جواب بهینه و نهایی در مدت زمان معقول امکان‌پذیر نباشد. تعداد راه‌حل‌های بالقوه برای چنین مسائلی، اغلب بی نهایت است که در چنین شرایطی، یافتن یک راه حل مناسب در زمان محدود بسیار مهم است. هوش جمعی در حل مسائل طراحی غیرخطی کاربردهای دنیای واقعی کاربرد دارد که می‌تواند در همه حوزه‌های مهندسی، علوم و صنایع، از جمله، داده کاوی، بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی بکار گرفته شود. برخی از کاربردهای مهم شامل کنترل ناوبری، تداخل‌سنجی[3]، اندازه‌گیری حرکت سیاره‌ها، کنترل میکروربات، تشخیص و کنترل تومور بدخیم، و فناوری‌های پردازش تصویر می‌شود [۲۴]. نمونه‌ای از الگوریتم‌های هوش جمعی در شکل Error! **No text of specified style in**

[1] Swarm Intelligence
[2] Swarm Intelligence
[3] . Interferometry عبارت است از دانش ترکیب دو یا چند موج، به نحوی که با بررسی موج حاصل از این ترکیب بتوان اطلاعاتی در مورد موج‌های ورودی بدست آورد.

document.–۱۱ نشان داده شده‌اند که البته به این مجموعه می‌توان الگوریتم‌های زیاد دیگری مانند بهینه‌سازی ازدحام ذرات[1]، جستجوی فاخته[2] و گرده افشانی گل‌ها[3] را اضافه کرد.



شکل Error! No text of specified style in document.–**۱۱– نمونه‌ای از الگوریتم‌های هوش جمعی**

I–مزایای هوش جمعی

از جمله مزایای هوش جمعی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۲۵]:

- مقیاس‌پذیری: الگوریتم‌های هوش جمعی بسیار مقیاس‌پذیر هستند؛ زیرا توانایی حل مسائل به صورت گروه‌های چند نفری تا چند ده میلیون را دارد. به عبارت دیگر، مکانیزم‌های مورد استفاده در الگوریتم‌های هوش جمعی خیلی به اندازه گروه وابسته نیستند، البته یک حداقلی برای اندازه گروه‌ها جهت رسیدن به جواب بهینه مورد نیاز است.
- تطبیق‌پذیری: به دلیل ویژگی‌های تنظیم خودکار و خودساماندهی که الگوریتم‌های هوش جمعی دارند، به تغییرات سریعی که در محیط اتفاق می‌افتد پاسخ مناسب می‌دهند. این امر امکان تطبیق مستقل رفتار هریک از عامل‌ها را به منظور مواجهه پویا و منعطف با محیط بیرونی را در زمان اجرا فراهم می‌کند.
- قدرت جمعی: الگوریتم‌های هوش جمعی به خاطر عدم وجود کنترل کننده مرکزی و عدم وابستگی عملکرد الگوریتم به یک عامل خاص، بسیار توانمند هستند. به عبارت دیگر، قابلیت تحمل خطای این الگوریتم‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای بالا است، زیرا هیچ نقطه تکی شکستی ندارند.
- سادگی عامل: الگوریتم‌های هوش جمعی از تعدادی عوامل ساده تشکیل شده‌اند که به تنهایی دارای توانایی‌های نسبتاً محدودی هستند، اما قوانین رفتاری ساده در سطح عامل‌ها، در عمل از طریق همکاری تبدیل به یک رفتار گروهی پیچیده می‌شود که قادر به حل مسائل مختلف با فضای‌های حالت بزرگ است.

II–معایب هوش جمعی

از جمله معایب هوش جمعی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۲۵]:

- کاربردهای حساس به زمان: از آنجایی که مسیرهای دستیابی به راه‌حل‌ها در الگوریتم‌های هوش جمعی از قبل تعریف و برنامه‌ریزی نشده‌اند، بنابراین، این الگوریتم‌ها برای برنامه‌ها و کاربردهای حساس به زمان که نیازمند

[1] Particle swarm optimization
[2] cuckoo search
[3] Flower Pollination

کنترل برخط سیستم‌ها، تصمیمات حساس به زمان و راه‌حل‌های مناسب در بازه‌های زمانی بسیار محدود هستند، مناسب نیستند. کنترلر آسانسورها و دمای راکتور هسته‌ای نمونه‌ای از این کاربردهای حساس به زمان هستند که الگوریتم‌های هوش جمعی برای آنها مناسب نیستند. این الگوریتم‌های برای کاربردهایی که حساس به زمان نیستند و به صورت مداوم فعالیت خاصی را تکرار می‌کنند، بسیار مناسب هستند.

- تنظیم پارامتر: تنظیم پارامترهای الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوش جمعی مانند اکثر روش‌های بهینه‌سازی تصادفی[1] یکی از معایب اصلی این نوع روش‌ها است. این درحالی است که روش‌های بهینه‌سازی قطعی[2] این مشکل را ندارند. در حقیقت به دلیل اینکه بسیاری از پارامترهای الگوریتم‌های هوش جمعی وابسته به مسئله هستند، اغلب به صورت تجربی و با توجه به ویژگی‌های مسئله به صورت آزمون و خطا انتخاب و تنظیم می‌شوند.
- رکود (ایستایی): به دلیل عدم وجود هماهنگ‌کننده مرکزی، الگوریتم‌های هوش جمعی می‌توانند بخاطر همگرایی زودرس به یک بهینه محلی برسند و اصطلاحاً به وضعیت رکود دچار شوند (مثلا در الگوریتم مورچگان، زمانی رکود اتفاق می‌افتد که تمام مورچگان به سمت یک مسیر نیمه‌بهینه حرکت کنند و آن را به عنوان مسیر مناسب انتخاب می‌کنند). البته، این محدودیت را می‌توان از طریق تنظیم دقیق پارامترهای الگوریتم رفع کرد.

III- کاربردهای هوش جمعی

در سال‌های اخیر، استفاده از هوش جمعی در صنعت برق دستاوردهای زیادی کسب کرده است که عمدتاً در زمینه‌های بهره‌برداری و کنترل بهینه از سیستم برق، طراحی و برنامه‌ریزی بهینه سیستم برق قرار دارند. در ادامه به مهمترین کاربردهای هوش جمعی در صنعت برق اشاره شده است [۲۶]:

- دیسپاچینگ اقتصادی: مدل دیسپاچینگ اقتصادی سیستم برق معمولا یک مسئله بهینه‌سازی غیرخطی بدون محدودیت است که حل آن بسیار دشوار است.
- در مدار قرارگیری نیروگاه‌ها: این موضوع یک مسئله برنامه‌نویسی غیرخطی ترکیبی عدد صحیح است و یک روش مهم برای بهبود اقتصاد عملکرد سیستم‌های برق سنتی محسوب می‌شود.
- بهینه‌سازی سیستم برق به صورت واکنشی: تعادل توان واکنشی در سیستم برق برای اطمینان از کیفیت ولتاژ سیستم برق بسیار مهم و ضروری است. بهینه‌سازی توان واکنشی می‌تواند به طور موثری از مولد توان واکنشی برای بهبود کیفیت ولتاژ، کاهش تلفات شبکه و افزایش پایداری ولتاژ استفاده کند.
- برنامه‌ریزی گسترش شبکه انتقال و تولید: در دهه گذشته استفاده از هوش جمعی برای برنامه‌ریزی شبکه انتقال و تولید، پیشرفت‌های بسیاری را موجب شده است. با این حال، راه‌حل‌های مناسب برای حل این مشکلات که یک مسئله بهینه‌سازی ترکیبی پیچیده در مقیاس بزرگ محسوب می‌شود، هنوز پیدا نشده است.
- پیکربندی بهینه‌سازی خازن: نحوه چیدن مناسب خازن‌ها کنار هم و بهینه‌سازی آن‌ها، یک مسئله بهینه‌سازی عدد صحیح ترکیبی غیرخطی است که رسیدن به تابع عملکردی آن کار ساده‌ای نیست. با افزایش اندازه شبکه انتقال، پیچیدگی محاسبات با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد.

[1] stochastic
[2] deterministic

- پیش‌بینی بار کوتاه مدت: پیش‌بینی بار کوتاه مدت پایه و اساس عملکرد ژنراتورها در حال کار است و دقت پیش‌بینی می‌تواند بر مزایای اقتصادی سیستم برق تأثیر بگذارد. الگوریتم‌های هوش جمعی برای پیش‌بینی بار کوتاه مدت بکار گرفته شده‌اند که نتایج مشخص کننده تاثیر مثبت آنها در سیستم برق است.
- طراحی بهینه: در حال حاضر، کنترل کننده پی‌آی‌دی (PID1 controller) به طور گسترده‌ای برای کنترل سیستم برق استفاده می‌شود. از الگوریتم‌ها هوش جمعی می‌توان برای محاسبه پارامترهای PID استفاده کرد.

۵-۱-۱-۲-۳- محاسبات تکاملی[۲]

محاسبات تکاملی، زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی (یا بطور خاص هوش محاسباتی) است و مسائل بهینه‌سازی ترکیبی را دربر می‌گیرد. محاسبات تکاملی از روش پیشرفت تکراری، مانند رشد یا توسعه در یک جمعیت، استفاده می‌کند. سپس این جمعیت در یک جستجوی تصادفی هدایت شده، با استفاده از پردازش موازی، برای بدست آوردن نتیجه مطلوب تحت عمل انتخاب قرار می‌گیرد. این فرآیندها اغلب از مکانیزم زیستی مانند تکامل، الهام گرفته شده‌اند. به طور خاص استفاده از اصل تکامل داروین برای حل مسائل از دهه ۱۹۵۰، آغاز شد.

در هر تکرار این الگوریتم‌ها، تعدادی عملیات روی افراد جمعیت فعلی انجام می‌شود تا افراد نسل بعدی تولید شوند. مسائل تکاملی اغلب از عملگرهایی مانند ترکیب مجدد۳ یا ادغام۴ برای ترکیب مجدد دو یا چند موجود برای تولید موجودات جدید استفاده می‌کند. همچنین عملگرهای جهش و اصلاح ۵ هم به کار می روند که باعث خود تطبیقی۶ افراد می‌گردد. آنچه باعث بهبود فرآیند جستجو میگردد انتخاب موجودات بر مبنای شایستگی آنهاست (این معیار می تواند مقدار تابع هدف یا نتیجه آزمایش شبیه سازی یا معیار دیگری باشد). موجودات دارای شایستگی بالاتر با احتمال بیشتری جزء موجودات جمعیت تکرار بعدی خواهند بود (یا والدهای نسل جدید). این مسئله متناظر با اصل بقای شایسته‌ترین در تکامل طبیعی است. این قابلیت طبیعت برای تطبیق خود با تغییرات محیط است که الگوریتمهای تکاملی از آن الهام گرفته اند [۲۷ و ۲۸].

انواع متفاوتی از الگوریتم‌های تکاملی وجود دارد. آنها اصولا به سه تقسیم می‌شوند که عبارتند از برنامه نویسی تکاملی(EP) ۷، استراتژی های تکاملی(ES) ۸ و الگوریتمهای ژنتیک. EP اصولا برای کار با نمایش‌های گسسته‌ی ماشین‌های حالت متناهی۹ پیشنهاد شده است و اغلب برای حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. الگوریتمهای ژنتیک بیشتر برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی استفاده می‌شوند. ساختار کلی الگوریتمهای EC در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۲ نشان داده شده است.

[1] proportional–integral–derivative
[2] Evolutionary Computing
[3] Recombination
[4] Crossover
[5] Modification
[6] Self-adaptation
[7] Evolutionary Programming-EP
[8] Evolutionary Strategies-ES
[9] Finite State machines

```
P ← GenerateInitialPopulation()
Evaluate(P)
while termination conditions not met do
    P′ ← Recombine(P)
    P″ ← Mutate(P′)
    Evaluate(P″)
    P ← Select(P″ ∪ P)
Endwhile
```

شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۲– ساختار کلی الگوریتم های تکاملی**

در این الگوریتم، P جمعیت موجودات را نشان می‌دهد. با اعمال عملگرهای ترکیب مجدد و جهش، جمعیتی از موجودات تولید می‌گردد و موجودات نسل بعد از اجتماع جمعیت نسل قبل و جمعیت فرزندان انتخاب می‌شوند. لازم به ذکر است که موجودات لزوما راه حل‌های مسئله مورد نظر نیستند. آنها ممکن است راه حل‌های جزئی، مجموعه راه حل یا هر شئ‌ای باشند که می‌تواند به روش ساختار یافته‌ای به یک یا چند راه حل تبدیل شود. آنچه در بهینه‌سازی ترکیبی رایج است، نمایش راه حل‌ها به صورت رشته‌های بیتی یا جایگشتی از n عدد صحیح است. ساختارهای درختی یا ساختارهای پیچیده هم ممکن است برای این منظور مورد استفاده قرار گیرند. اغلب الگوریتمهای EC با جمعیت‌های با اندازه ثابتی کار می‌کنند که حداقل بهترین افراد را همیشه در جمعیت فعلی نگه می‌دارد. اندازه جمعیت می‌تواند متغیر هم باشد. در مورد جمعیت‌هایی که اندازه آنها به طور پیوسته کاهش می‌یابد، زمانیکه فقط یک نفر در جمعیت باقی بماند (یا شریک ادغام دیگری برای هر عضو جمعیت یافت نشود)، می‌تواند یکی از شرایط خاتمه الگوریتم باشد. یکی از مشکلات مهم الگوریتم‌های تکاملی (مخصوصا در زمان اعمال جستجوی محلی)، همگرایی بی‌موقع (زودرس) به طرف راه حل های غیر بهینه است. ساده‌ترین مکانیزم برای متنوع ساختن فضای جستجو، به کارگیری عملگر جهش است. نوع ساده آن، فقط یک آشفتگی تصادفی کوچک در فرد (موجود) ایجاد می‌کند که نوعی اختلال[1] می باشد. برای اجتناب از همگرایی نابهنگام، راه‌هایی برای حفظ تنوع جمعیت وجود دارد. استراتژی هایی جدید، شامل به اشتراک گذاری شایستگی است که در آن ، شایستگی مولد[2] اختصاص یافته به یک فرد جمعیت، متناسب با تعداد افراد دیگری که در منطقه فضای جستجوی با آن فرد مشترکند، کاهش می یابد.

I- مزایای محاسبات تکاملی

ماهیت جستجوی تصادفی این الگوریتم در فضای مسئله، به نوعی یک جستجوی موازی محسوب می‌شود. زیرا هر کدام از موجودات تصادفی تولید شده به وسیله الگوریتم، یک نقطه شروع جدید برای جستجوی بخشی از فضای حالت مسئله به حساب آمده و جستجو در تمام آنها به شکل همزمان صورت می‌گیرد. به دلیل وسعت و پراکندگی نقاطی که مورد جستجو قرار می‌گیرند،

[1] Noise
[2] Reproductive

در مسائلی که فضای جستجوی بزرگی داشته باشند نتیجه مطلوبی کسب می‌کند. نوعی جستجوی تصادفی هدفمند محسوب شده و از مسیرهای مختلف به جوابهای متفاوتی خواهد رسید. علاوه بر آن، با هیچ محدودیتی در مسیر جستجو و انتخاب پاسخ‌های تصادفی روبرو نیست. به دلیل رقابت (تنازع بقاء) پاسخ‌ها و انتخاب بهترینها از میان جمعیت، با احتمال بالایی به نقطه بهینه سراسری دست پیدا خواهد کرد. پیاده‌سازی آن ساده بوده و نیازی به روال‌های پیچیده حل مسئله ندارد [۲۸].

II-معایب محاسبات تکاملی

با وجود تمام مزایا، مهمترین مشکل الگوریتم های تکاملی بالا بودن هزینه اجرایی آن است. چرا که معمولاً برای حل مسائل، نیاز به نگهداری تعداد زیادی موجود در حافظه و اجرای الگوریتم تا چندهزار تکرار خواهد بود. از بین روش‌های تکاملی باید به خاطر داشت که الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم فراابتکاری بوده و مدت زمان مورد نیاز برای اجرای آن در مقایسه با روش‌های سیستماتیک، خیلی کمتر و بهینه‌تر است [۲۸].

III- کاربردهای محاسبات تکاملی

محاسبات تکاملی بدین منظور توسعه داده شده اند که برای طیف گسترده‌ای از مسائل که می‌توان آنها را در قالب بهینه‌سازی یک تابع فرموله کرد، مناسب باشند. این الگوریتم‌ها در زمان‌هایی که مسائل بهینه‌سازی فضای جستجوی بزرگی ایجاد می‌کنند و روش‌های موجود برای پیدا کردن راه حل کارایی خود را از دست می‌دهند بسیار کارآمد عمل می‌کنند. در صنعت برق نیز بسیاری از مسائل مربوط به تولید، توزیع و نظارت توسط انواع الگوریتم‌های تکاملی حل شده اند که مقاله ارائه شده در [۲۹] به انواع استفاده از آنها پرداخته است. از نمونه‌های خاص در این حوزه می‌توان به مدیریت تقاضا توسط الگوریتم ژنتیک اشاره کرد که در [۳۰] ارائه شده و استراتژی بهینه تامین انرژی که در [۳۱] ارائه گردیده است.

۲-۱-۲-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری هوش مصنوعی

تجزیه و تحلیل سیستم‌های موجود در صنعت برق و انرژی با استفاده از تکنیک‌های معمولی به دو دلیل دشوار است:

- پیچیدگی، تنوع و حجم بالای اطلاعات مورد استفاده در محاسبه، تشخیص و یادگیری
- افزایش در دوره زمانی انجام محاسبات و دقت به دلیل سیستم‌های داده‌ای گسترده و وسیع

عملکرد سیستم‌های مدرن برق و قدرت، با توجه به افزایش میزان مصرف انرژی و گسترش شبکه‌ها و خطوط انتقال برق، بسیار نزدیک به محدودیت‌های موجود در ظرفیت شبکه می‌باشد. در چنین شرایطی نیاز است تا روش‌های جدیدتری در سیستم‌های برق و قدرت و کنترل عملیات به کار گرفته شود. این امر تنها با بررسی مداوم وضعیت سیستم با روشی بسیار دقیق‌تر از آنچه که در گذشته صورت می‌پذیرفته، امکان‌پذیر است. در حال حاضر، ابزارهای پیشرفته کامپیوتری، ابزارهای اصلی در حل چالش‌ها و مشکلات احتمالی در برنامه‌ریزی، عملکرد، تشخیص و طراحی سیستم‌های قدرت می‌باشند. در میان این ابزارهای کامپیوتری، هوش مصنوعی در سال‌های اخیر، رشد قابل توجهی داشته و در زمینه‌های مختلف سیستم‌های برق و قدرت به کار گرفته شده است.

به عبارت دیگر، چالش‌های متعددی در سیستم‌های برق و قدرت وجود دارد که با استفاده از تکنیک‌های معمولی قابل حل نیستند.

در این شرایط تکنیک‌های هوش مصنوعی، یکی از بهترین گزینه موجود خواهند بود. زمینه‌های استفاده از هوش مصنوعی در سیستم‌های برق و قدرت عبارتند از:

- عملکرد سیستم‌های برق و قدرت نظیر تعهد واحد[۱]، هماهنگی هیدرو حرارتی[۲]، اعزام اقتصادی[۳]، مدیریت تراکم[۴]، برنامه-ریزی تعمیر و نگهداری[۵]، تخمین وضعیت[۶]، و جریان بار و قدرت[۷]
- برنامه‌ریزی سیستم‌های برق و قدرت نظیر برنامه‌ریزی گسترش تولید، قابلیت اطمینان سیستم‌ها، برنامه‌ریزی گسترش انتقال، برنامه‌ریزی توان رآکتیو
- کنترل سیستم‌های برق و قدرت نظیر کنترل ولتاژ، کنترل پایداری، کنترل جریان انرژی، کنترل فرکانس بار.
- کنترل نیروگاه نظیر کنترل سوخت نیروگاه، کنترل نیروگاه حرارتی
- کنترل شبکه نظیر محل، اندازه و کنترل دستگاه‌های FACTS8
- بازار برق نظیر راهبردهای مناقصه، تجزیه و تحلیل بازارهای برق
- اتوماسیون سیستم‌های برق و قدرت مانند ترمیم، مدیریت، تشخیص خطا، امنیت شبکه
- بکارگیری سیستم‌های توزیع نظیر برنامه‌ریزی و عملکرد سیستم توزیع، پاسخ به تقاضا و مدیریت سمت تقاضا، بهره‌برداری و کنترل شبکه‌های هوشمند، تنظیم مجدد شبکه
- بکارگیری در تولید توزیع شده نظیر برنامه‌ریزی تولید توزیع شده، کنترل نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک، کنترل نیروگاه های توربین بادی و منابع انرژی تجدید پذیر
- برنامه پیش‌بینی مانند پیش‌بینی بار کوتاه مدت و بلند مدت، پیش‌بینی بازار برق، پیش‌بینی انرژی خورشیدی، پیش‌بینی انرژی باد

در این بخش بر اساس کاربردهای مختلف فناوری هوش مصنوعی به بیان پروژه هایی پرداخته خواهد شد که در رفع چالش های صنعت برق و انرژی موثر خواهند بود. این پروژه ها در قالب جدول Error! **No text of specified style in document.**-۲۸ بیان شده اند.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
BeeBryte [۳۲]	هوش مصنوعی	فرانسه، سنگاپور	۲۰۱۵	چالش ۴- پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۵- بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده	هدف اصلی در پروژه BeeBryte، پیش‌بینی تقاضا و مدیریت سمت تقاضا به منظور کاهش میزان صورتحساب برق با استفاده از الگوریتم-های هوش مصنوعی و کنترل خودکار تجهیزات گرمایشی-سرمایشی، پمپ‌ها، نقاط شارژ

[1] Unit Commitment
[2] Hydro-thermal Coordination
[3] Economic Dispatch
[4] Congestion Management
[5] Maintenance Scheduling
[6] State Estimation
[7] Load and Power Flow
[8] Flexible AC Transmission Systems

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				از فناوری‌های جدید	خودروهای برقی و باتری‌ها می‌باشد.
DeepMind [۳۲]	هوش مصنوعی (یادگیری عمیق)	ایالات متحده آمریکا	۲۰۱۰	چالش ۴- پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	هدف اصلی در پروژه DeepMind، پیش‌بینی تقاضا و مدیریت سمت تقاضا با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تلاش به منظور کاهش میزان مصرف برق است.
Price Coupling of Regions (PCR) [۳۲]	هوش مصنوعی	اروپا	۲۰۱۱	چالش ۱۲- بازار	هدف اصلی در پروژه PCR، بهینه‌سازی عملکرد بازار برق در ۲۵ کشور اروپایی با استفاده از تهیه راه حلی با هدف قیمت‌گذاری واحد به منظور محاسبه قیمت برق در سراسر اروپا و با در نظر گرفتن ظرفیت عناصر شبکه به صورت روزانه می‌باشد.
EWeLiNE [۳۲]	هوش مصنوعی	آلمان		چالش ۳- نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فن‌آوری اطلاعات نوین	هدف اصلی در پروژه EWeLiNE، پیش‌بینی میزان تولید انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی می‌باشد. در این پروژه از داده نیروگاه‌های خورشیدی و توربین‌های بادی در سراسر آلمان به منظور تخمین میزان انرژی تولیدی در ۴۸ ساعت آینده استفاده می‌شود.
Fraunhofer [۳۲]	هوش مصنوعی	آلمان	۲۰۱۸	چالش ۴- پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	هدف اصلی در پروژه Fraunhofer، ایجاد ثبات و قابلیت اطمینان در شبکه و با استفاده از الگوریتم‌های

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					هوش مصنوعی می‌باشد. در این پروژه، روزانه ۴/۳ میلیون مجموعه داده‌ای به صورت روزانه و به منظور ارائه پیش‌بینی‌های دقیق برای اپراتورهای شبکه و تشخیص هرگونه ناهنجاری و اقدام در عرض ۲۰ تا ۵۰ میلی ثانیه، مورد پردازش قرار می‌گیرند.
ریزشبکه های هوشمند مبتنی بر جستجوی همسایگی متغیر [۳۳]	هوش مصنوعی (محاسبات تکاملی)	آمریکا دانشگاه فلوریدا موسسه GERS با همکاری دانشگاه دلفت و آدلاید	۲۰۱۹	چالش ۴- پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	مدیریت انرژی های تجدید پذیر بایستی به شکل توزیع شده و در محل انجام شود. در مدیریت ریزشبکه ها و انرژی های تجدید پذیر در حضور خودرو های الکتریکی پارامتر های زیادی برای مدیریت ایجاد میکند که برای جستجوی مجموعه پارامتر های بهینه از یک روش تکاملی استفاده شده است.
SUNSEED [۳۴]	هوش مصنوعی (محاسبات تکاملی)	اتحادیه اروپا	۲۰۱۴	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	ارائه یک نقشه جهت همگرسازی عملگر های توزیع و شبکه مخابراتی نیازمند بررسی پارامتر های متعددی است. الگوریتم تکاملی برای ارائه یک مسیر مناسب با در نظر گرفتن تمامی پارامتر های موجود در این پروژه در نظر گرفته شده است

جدول .Error! No text of specified style in document-۲۸- پروژه‌های نمونه هوش مصنوعی برای حل چالش-های موجود در صنعت برق

۲-۲-۳- فناوری‌های مرتبط با حوزه تحلیل داده

۱-۲-۲-۳- کلان داده

"کلان داده‌ها" یک مفهوم انتزاعی است و دارای برخی از ویژگی‌هاست که آنها را از سایر داده‌ها متمایز می‌کند. اصطلاح کلان داده‌ها که امروزه به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد، دارای منشاء نامعلومی است و تعاریف متعددی برای آن ارائه شده است [۳۵ و ۳۶]، از جمله: "کلان داده‌ها به مجموعه‌ای از داده‌ها اطلاق می‌شود که اندازه آنها فراتر از حدی است که با نرم‌افزارهای معمول بتوان آنها را در یک زمان معقول دریافت، مدیریت و پردازش کرد". مفهوم "اندازه" در این تعریف به طور مستمر در حال تغییر است و به مرور بزرگتر می‌شود. از معمول‌ترین روش‌های تعریف کلان داده‌ها، توصیف از طریق خصوصیات آنها می‌باشد. در سال ۲۰۰۱، گارتنر[1] سه مشخصه حجم[2]، تنوع[3] و نرخ تولید[4] را به عنوان خصوصیات اصلی کلان داده‌ها معرفی کرد [۳۷].

چرخه جریان داده‌ها در کلان داده‌ها را می‌توان به بخش‌های مختلف مانند تولید، جمع‌آوری، انتقال، پیش‌پردازش، ذخیره‌سازی، تحلیل و آنالیز، و نمایش تقسیم کرد. در اولین بخش از چرخه کلان داده‌ها، داده‌ها می‌توانند از منابع مختلف تولید شوند. منابع تولید داده را می‌توان به وب و رسانه اجتماعی، داده‌های تولید شده توسط ماشین‌ها، داده‌های حسگرها، تراکنش‌ها و اینترنت اشیاء تقسیم‌بندی نمود [۳۸].

در کاربردهای کلان داده‌ها تاکید بر این است که چگونه کلان داده‌ها در حوزه‌های مختلف "ارزش[5]" ایجاد می‌کنند. ارزش از توانایی تجزیه و تحلیل داده‌ها برای ایجاد اطلاعات قابل اجرا حاصل می‌شود. از این رو در ادامه مفهوم تحلیل داده و تحلیل افزوده به عنوان نسل بعدی تحلیل داده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲-۲-۳-تحلیل داده

در کاربردهای کلان داده‌ها، گام بعدی پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل و آنالیز آن‌ها است. تحلیل کلان داده‌ها به "مجموعه‌ای از تکنیک‌ها و تاکتیک‌ها اطلاق می‌شود که نیازمند شکل جدیدی از یکپارچگی هستند تا بتوانند ارزش‌های نهفته در مجموعه‌های بزرگ، وسیع، پیچیده و متنوع داده‌ها را آشکار سازند" [۳۷]. روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها محدود به روش‌های آماری نیست و می تواند بر اساس اسناد، مدارک، ادراک و تحلیل انجام گیرد.

هر چند که روش‌های مبتنی بر رایانش ابری، زیرساخت‌ها و ابزارهایی را برای کسب، پردازش و تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها ایجاد کرده‌اند، اما هنوز به روش‌های کارآمدتری نیاز است. روش‌هایی که بتوانند داده‌ها را ساختاردهی، نشانه‌گذاری، به اشتراک‌گذاری و تفسیر و تسهیل نموده و نهایتاً آنها را به اطلاعات و دانش عملی در حوزه‌های کاربردی مختلف تبدیل کنند.

در حالت کلی داده‌های جمع‌آوری شده، پس از تحلیل به یک سری اعداد و ارقام تبدیل می‌شوند که می‌بایست با تجزیه و تحلیل‌های آماری (به صورت کمی یا کیفی) به اطلاعات مورد نیاز برای رد یا تأیید فرضیه‌ی مورد مطالعه و کمک به تصمیم‌گیری بهتر تبدیل و استفاده شوند. قبل از انجام هر تحلیلی بر روی داده‌ها، می‌بایست یک سری صفات و شاخص تعیین شده و داده‌ها را بر اساس آنها مرتب شوند. سپس داده‌ها از لحاظ نرمال بودن بررسی می‌شوند. نرمال بودن بیانگر آن است که داده‌ها چقدر از حاشیه خطا دور و واقعی هستند و در کل آیا مفید هستند یا خیر.

---

[1] Gartner
[2] Volume
[3] Variety
[4] Velocity
[5] Value

داده‌های جمع‌آوری شده به شکل خام لزوماً برای تجزیه و تحلیل مناسب نیستند. برخی داده‌ها ممکن است حذف شوند، برخی به مرحله غنی‌سازی نیاز داشته باشند و یا اینکه برخی از مقادیر برای نمایش، نیازمند تبدیل شدن باشند. بدین ترتیب برای مدیریت داده‌ها و تبدیل‌های مکرر، به یک مرحله پیش‌پردازش نیاز است. در برخی موارد نیاز است تا در کنار داده‌های پیش‌پردازش شده، داده‌های خام نیز ذخیره گردند که این امر نیازمند حجم زیادی از حافظه است. روش‌های متفاوتی برای سازمان‌دهی این فرآیندها وجود دارد. این تجزیه و تحلیل‌ها می‌توانند عملیات هزینه‌بری باشد و تأخیر قابل توجهی را به جریان کلی کار اضافه کنند. اما باید توجه داشت که تنها زمانی می‌توان کار تجزیه و تحلیل را آغاز نمود که داده‌ها به شکلی مناسب تبدیل شده و برای استفاده در آینده ذخیره شده باشند.

تحلیل کلان داده‌ها به فرآیند جمع‌آوری، سازمان‌دهی و تجزیه و تحلیل مجموعه‌های بزرگ داده‌ای (کلان داده‌ها) به منظور شناسایی الگوها و سایر اطلاعات مفید گفته می‌شود [۳۹]. به عبارت دیگر، داده‌های "خام" که ممکن است ساختاریافته یا بدون ساختار باشند و اغلب از ترکیب چندین فرمت مختلف تشکیل شوند، جهت آماده شدن برای مدیریت و سازمان‌دهی اطلاعات، ذخیره‌سازی شده و تبدیل و تغییر شکل پیدا می‌کنند. به همین دلیل بدون تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها، بیشتر داده‌های بدست آمده بدون استفاده خواهند بود [۴۰].

دو هدف اصلی تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها، استفاده از روش‌های موثر برای پیش‌بینی دقیق مشاهدات آینده و هم‌چنین به دست آوردن بینش نسبت به رابطه بین ویژگی‌ها و پاسخ به اهداف علمی است [۴۱].

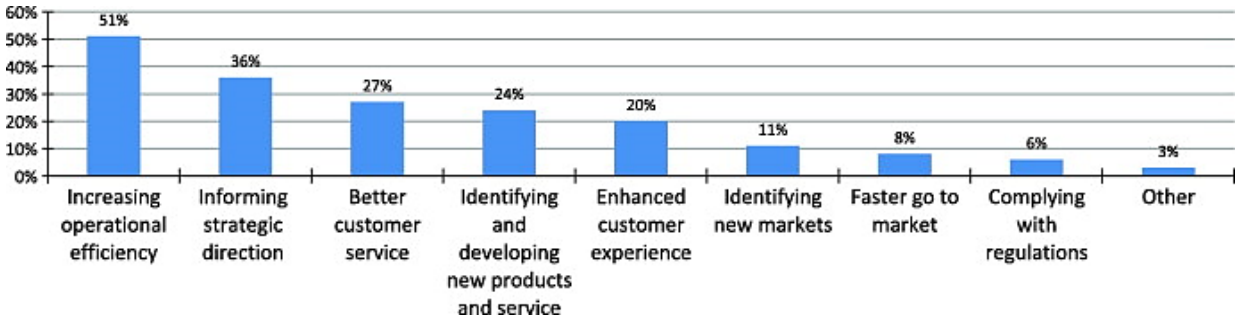
I-مزایای تحلیل داده

همانگونه که عنوان گردید، در کاربردهای کلان داده‌ها تاکید بر این است که چگونه کلان داده‌ها در حوزه‌های مختلف "ارزش" ایجاد می‌کنند. بررسی‌های انجام شده در حوزه کلان داده‌ها [۳۷]، ۵ روش عمومی برای ایجاد ارزش در سازمان‌ها پیشنهاد می‌کند:

- ایجاد شفافیت برای کسب و کار با فراهم کردن دسترسی آزاد به کلان داده‌ها و تجزیه و تحلیل عملکرد که باعث افزایش کیفیت، کاهش هزینه‌ها، کاهش زمان ورود به بازار، و غیره می‌شود.
- پشتیبانی از تجزیه و تحلیل تجربی در موقعیت‌های خاص که می‌تواند تصمیمات یا رویکردها را آزمایش نماید، مانند برنامه‌های بازار خاص.
- کمک به تعریف تقسیم‌بندی بازار در سطوح دقیق‌تر و ریزتر براساس اطلاعات مشتری
- پشتیبانی از آنالیز و تصمیم‌گیری لحظه‌ای بر اساس تجزیه و تحلیل پیچیده اعمال شده روی مجموعه داده‌های به دست آمده از مشتریان و سنسورهای تعبیه شده
- تسهیل استفاده از تکنولوژی‌های رایانه‌ای براساس سنسورهای تعبیه شده در محصول جهت ثبت واکنش مشتریان (رضایت مشتری)

اگر کلان داده‌ها به درستی تعریف و مورد استفاده قرار گیرند، سازمان‌ها می‌توانند دیدگاه بهتری در مورد کسب و کار خود بدست آورند. هم‌چنین بهره‌وری در حوزه‌های مختلف مانند فروش، بهبود تولید محصول، پزشکی، آموزشی و غیره افزایش می‌یابد.

شکل **.No text of specified style in document** !Error-۱۳ نشان دهنده درصد شرکت‌هایی است که مزایای کاربردهای تحلیل کلان داده‌ها را در زمینه‌های مختلف مانند افزایش بهره‌وری عملیاتی، جهت‌گیری استراتژیک، مشتری مداری، شناسایی و ارائه سرویس‌ها و محصولات جدید، و غیره پذیرفته‌اند.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۳- مزایای تحلیل کلان داده‌ها برای کسب و کارها [۳۶]**

براساس پیش‌بینی‌ها [۳۷]، کلان داده‌ها قابلیت ارزش سالانه بالقوه حدود ۳۰۰ میلیارد دلار برای مراقبت‌های پزشکی ایالات متحده و ۲۵۰ میلیارد یورو برای مدیریت عمومی اروپا دارند. به عنوان مثال، در سال ۲۰۰۹ و در حین فراگیر شدن آنفولانزای خوکی، گوگل اطلاعاتی را با آنالیز کلان داده‌ها به دست آورد که دانش ارزشمندتری به نسبت آنچه که توسط مراکز پیشگیری از بیماری فراهم شده بود، ارائه می‌داد. گوگل دریافت که در طول گسترش آنفولانزا، مطالبی که اغلب در موتورهای جستجوگر آن مورد جستجو قرار می‌گیرد، متفاوت از زمان‌های معمول است و تناوب استفاده از مطالب با گسترش آنفولانزا در هر دو جنبه زمان و مکان همبستگی دارد. گوگل ۴۵ گروه ورودی[1] جستجو را پیدا کرد که با شیوع آنفولانزا ارتباط نزدیک داشتند و آنها را در مدل‌های خاص ریاضی برای پیش‌بینی گسترش آنفولانزا و حتی پیش‌بینی مکان‌هایی که آنفولانزا از آنجا گسترش یافته، به کار برد [۴۲].

در سال ۲۰۰۸، مایکروسافت شرکت Forecast را که یک شرکت معاملاتی با تکنولوژی پیشرفته در ایالات متحده می‌باشد را خریداری کرد. Forecast دارای یک سیستم پیش‌بینی بلیط هواپیما است که روند و محدوده افزایش/کاهش قیمت بلیط خطوط هوایی را پیش‌بینی می‌کند. این سیستم در موتور جستجوی بینگ[2] مایکروسافت گنجانده شد. در سال ۲۰۱۲، این سیستم با دقت پیش‌بینی ۷۵ درصد توانست سودی معادل تقریباً ۵۰ دلار برای هر بلیط به ازای هر مسافر را فراهم کند [۳۷].

در حال حاضر داده‌ها تبدیل به یک عامل مهم تولیدی قابل مقایسه با دارایی‌های مادی و سرمایه انسانی شده‌اند. با توسعه و رشد سریع رسانه‌های اجتماعی، اینترنت اشیاء و کاربردهای چند رسانه‌ای، داده‌های بیشتری جمع آوری می‌شود که منجر به افزایش چشمگیر حجم داده‌ها از منابع مختلف با خصوصیات مختلف شده است. کلان داده‌ها دارای پتانسیل عظیم و در حال افزایش برای ایجاد ارزش برای کسب و کارها و مصرف‌کنندگان هستند.

II-معایب تحلیل داده

از جمله مشخصه‌ی کلان داده‌ها، ابعاد زیاد و اندازه بزرگ نمونه‌ها می‌باشد. این دو ویژگی سه چالش منحصر به فرد را به وجود می‌آورد [۴۳]:

- ابعاد زیاد، انباشتگی نویز، همبستگی‌های جعلی و همگن بودن اتفاقی (ضمنی) را به همراه دارد.
- ابعاد زیاد همراه با اندازه بزرگ نمونه‌ها، مسائلی مانند هزینه‌های محاسباتی سنگین و بی‌ثباتی الگوریتمی را در پی خواهد داشت.
- نمونه‌های داده در کلان داده‌ها معمولاً از منابع متعدد در زمان‌های مختلف و با استفاده از تکنولوژی‌های مختلف جمع‌آوری می‌شوند، این موارد باعث ایجاد ناهمگونی می‌شوند.

[1] Enrty
[2] Bing

ناهمگونی، مقیاس بزرگ، پیچیدگی و مشکلات مربوط به حفظ حریم خصوصی کلان داده‌ها برخی از موانعی هستند که تولید ارزش از داده‌ها را دچار مشکل می‌کنند [۴۴]. هم‌چنین باید توجه داشت که اکثر داده‌های امروزی ذاتاً دارای ساختار نیستند. به عنوان مثال، توییت‌ها و وبلاگ‌ها دارای متن‌هایی با ساختار ضعیف هستند. هر چند تصاویر و ویدیوها برای ذخیره‌سازی و نمایش، ساختاریافته شده‌اند، اما برای محتوای معنایی و جستجو اینگونه نیستند. تبدیل چنین محتواهایی به فرمت ساختاریافته برای پردازش‌ها و تحلیل‌های آتی، یک از اصلی‌ترین چالش‌های کلان داده‌ها و تحلیل آنها به شمار می‌رود [۴۵]. نرم‌افزارهای هوش تجاری سنتی، ابزارها و روش‌های موثری برای پردازش و تحلیل داده‌های بدون ساختار ارائه نمی‌کنند.

ارزش داده‌ها زمانی افزایش می‌یابد، که بتوانند با دیگر داده‌ها ارتباط برقرار کنند. بنابراین ادغام داده‌ها یکی از چالش‌ها برای تولید ارزش از آن‌ها است. از آنجایی که امروزه اکثر داده‌ها به طور مستقیم در قالب دیجیتال تولید می‌شوند، فرصت ایجاد ارتباط بین داده‌ها بیش از قبل فراهم است. تجزیه (تقسیم‌بندی)، سازماندهی، بازیابی و مدل‌سازی (بصری‌سازی) داده‌ها از دیگر چالش‌های اساسی در تحلیل کلان داده‌ها هستند [۴۶].

سوالات کلیدی چالش برانگیز در تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها عبارتند از:

- اگر حجم داده‌ها بسیار بزرگ و متنوع باشد و نحوه‌ی برخورد با آنها معلوم نباشد، چه کار باید کرد؟
- آیا تمام داده‌ها باید ذخیره شوند؟
- آیا تمام داده‌ها باید تحلیل شوند؟
- چگونه می‌توان داده‌های مهم را مشخص کرد؟
- چگونه باید از داده‌ها برای بدست آوردن بیشترین مزیت استفاده کرد؟

تشخیص نوع تجزیه و تحلیل بر روی حجم بالایی از اطلاعات که بدون ساختار، نیمه ساختاریافته یا ساختاریافته هستند، نیازمند بکارگیری مهارت‌های پیشرفته است. علاوه بر این، نوع تجزیه و تحلیل مورد نیاز برای انجام روی داده‌ها، به شدت بر نتایج حاصل از تصمیم‌گیری تأثیر می‌گذارد. تحلیل می‌تواند با استفاده از یک یا ترکیبی از چند تکنیک مختلف انجام شود. به طور کلی، چالش‌های تحلیل کلان داده‌ها را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد [۴۷] و [۴۸]:

- منابع داده‌ای گسترده و کیفیت داده‌ای ضعیف
- ذخیره‌سازی کارآمد کلان داده‌ها
- پردازش موثر داده‌های بدون ساختار و نیمه ساختاریافته
- پیچیدگی محاسباتی
- امنیت اطلاعات
- نیاز به تخصص‌های متعدد

۲-۱-۲-۲-۳- تحلیل افزوده[1]

تحلیل افزوده، موج بعدی انقلاب در بازار داده و تحلیل داده می‌باشد. این فناوری از تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به منظور خودکار نمودن فرایند آماده‌سازی داده، استخراج بینش از داده و به اشتراک‌گذاری آن استفاده می‌نماید. تحلیل افزوده، امکان جستجو و یافتن مهم‌ترین بخش از بینش اکتسابی از داده و یا تغییرات در کسب و کار را برای سطح گسترده‌تری از کاربران فراهم می‌آورد. این کار در کسری از زمان و با دانش داده‌ای و مهارت‌های یادگیری ماشین کم و بدون آگاهی از روابط

[1] Augmented Analytics

داده‌ای نیز می‌تواند صورت پذیرد. تحلیل افزوده شامل پردازش زبان طبیعی[1] و رابط‌های مکالمه‌ای است که به کاربران اجازه می‌دهد تا بدون نیاز به مهارت‌های پیشرفته، به تعامل با داده و بینش استخراج شده بپردازند [۴۹].

I-مزایای تحلیل افزوده

به طور کلی، تحلیل افزوده، زمان و پیچیدگی استخراج دانش از مجموعه‌های داده‌ای جدید (خصوصاً داده بدون ساختار) را کاهش می‌دهد. از جمله دیگر مزایای فناوری تحلیل افزوده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۵۰ و ۵۱]:

- دسترسی به تکنیک‌ها، الگوریتم‌ها و فرآیندهای تحلیلی برای سطح گسترده‌ای از کاربران با سطح دانش متوسط از علوم داده
- امکان مشاهده و اقدام در کسر کوتاهی از زمان
- شناخت بازار و شناسایی موقعیت‌های رقابتی
- معرفی محصولات جدید
- درک و شناسایی روندها و الگوها
- شناسایی موقعیت‌های جدید تجاری و برنامه‌ریزی برای سرمایه‌گذاری در کسب و کار

II-معایب تحلیل افزوده

ظهور فناوری تحلیل افزوده، تحول بزرگی در فرایند تجزیه و تحلیل داده به وجود آورده و موجب شده است تا سطح گسترده‌تری از کاربران غیرحرفه‌ای با استفاده از ابزارهای ساده، بصری و تعاملی به آماده‌سازی داده و سپس تحلیل آن بپردازند. با توجه به فراگیر شدن استفاده از ابزارهای تحلیل افزوده، موارد زیر می‌بایست در نظر گرفته شود:

- درک تاثیر این فناوری‌های جدید بر روی افراد و فرایندها
- برنامه‌ریزی برای رویکردهای جدید حاکمیتی در زمینه داده و تحلیل داده، از جمله مدل‌های تولید خودکار
- سرمایه‌گذاری در زمینه کسب دانش داده‌ای برای افراد سازمان به منظور بهره‌برداری هرچه بیشتر از بینش اکتسابی
- تدوین استراتژی به منظور بررسی تاثیر فناوری تحلیل افزوده بر روش‌های فعلی مدیریت داده، تحلیل داده و قابلیت‌های علم داده و یادگیری ماشین

در عین حال باید توجه داشت که تلاش برای بکارگیری فناوری تحلیل افزوده در سازمان ممکن است به دلایل زیر با مقاومت‌هایی همراه باشد:

- تصور اینکه ابزارهای تحلیل افزوده شفاف نبوده و یک رویکرد جعبه سیاه[2] در تصمیم‌گیری است.
- عدم اعتماد کاربران به پیشنهادات یا اطلاعات ارائه شده توسط ابزارهای تحلیل افزوده بدون درک فاکتورهای اساسی در آن زمینه
- تهدیدی برای امنیت شغلی در افراد با توجه به تجدیدنظر در workloadها و تعریف مجدد فرایندهای کاری
- مقاومت مدیران سطح بالا در برابر تغییرات و تمایل به استفاده از شهود و شیوه‌های سنتی در تصمیم‌گیری

۳-۱-۲-۲-۳- کاربردهای تحلیل کلان داده در صنعت برق

پیشرفت تکنولوژی‌های کاربردی صنعت برق و انرژی از جمله سنسورها، دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند و سیستم‌های توزیع شده امکانات جدیدی در ارتباط با پیش‌بینی تقاضا، شکل‌دهی الگوی مصرف مشترکین، جلوگیری از قطعی برق و غیره فراهم

[1] Natural Language Processing
[2] Black box

آورده‌اند. همزمان با این پیشرفت‌ها، حجم بی‌سابقه‌ای از داده‌ها با سرعت و پیچیدگی بالا نیز تولید می‌شود. به عنوان مثال تخمین زده شده است که تا سال ۲۰۱۷، ۶۸۰ میلیون کنتور هوشمند در سرتاسر جهان نصب شده‌اند که منجر به تولید ۲۸۰ پتابایت داده در سال خواهند شد. به منظور مدیریت و استفاده از حجم بالای داده، شرکت‌های توزیع می‌بایست قادر به ذخیره‌سازی این حجم داده و انجام تحلیل و آنالیزهای پیشرفته برای تبدیل آنها به اطلاعات ارزشمند باشند. از جمله منابع اصلی تولید داده در حوزه برق و انرژی می‌توان به مواردی نظیر کنتورهای هوشمند، حسگرها، دستگاه‌های کنترل، دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند (IED[1])، منابع انرژی پراکنده، دستگاه‌های مصرف‌کنندگان و داده‌های قبلی موجود اشاره نمود.

از جمله نتایج حاصل از اعمال تکنیک‌های داده کاوی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، شامل یادگیری با نظارت[2]، بدون نظارت[3]، نیمه نظارتی[4]، یادگیری تقویتی[5] و غیره بر روی داده‌های حوزه برق و انرژی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- شناسایی و حل سریع مشکلات معمول و غیر معمول شبکه برق
- بهینه‌سازی تولید برق در زمان واقعی
- عرضه انرژی قابل اعتماد و مقرون به صرفه
- کشف الگوهای مصرف برق
- پیش‌بینی دقیق تقاضای برق و پاسخ سریع
- توسعه مکانیزم‌های قیمت گذاری پویا
- مدیریت مصرف توسط مشترکان

به طور کلی نتایج حاصل از تحلیل کلان داده‌ها، امکان تصمیم‌گیری موثر و کارآمد برای تولیدکنندگان، اپراتورها، مشترکان و قانون‌گذارها در شبکه هوشمند را فراهم می‌کند. به بیان دیگر، استفاده از نتایج حاصل از تحلیل کلان داده‌ها روش‌های تولید انرژی و الگوی مصرف آن را تغییر می‌دهد [۵۲].

استفاده از تحلیل کلان داده‌های انرژی به معنای بهبود قابل توجه بهره‌وری و ایجاد فرصت برای کسب و کارهای جدید می‌باشد. تحلیل و سرویس‌های کلان داده‌ها، روش‌هایی را برای مصرف بهینه انرژی به وجود می‌آورند که در گذشته غیرممکن و غیرقابل تصور بودند. به عنوان مثال، نصب کنتورهای هوشمند به دلایلی مانند عدم نیاز به نیروی انسانی برای قرائت کنتور، عیب‌یابی از راه دور و مدیریت مصرف به صورت لحظه‌ای، می‌تواند هزینه سالیانه‌ی هر مشترک را بین ۴۰ تا ۷۰ دلار کاهش دهد [۵۳]. از طریق ابزارها و تکنیک‌های پیشرفته جمع‌آوری، پردازش، تحلیل و بصری‌سازی، می‌توان گرایشات و الگوهای جدید را کشف کرد، فرآیند کسب و کارهای موجود را برای افزایش سودآوری و بهره‌وری عملیاتی بهینه‌سازی کرد، ارزش‌های پنهان را آشکار کرد، و بینش بیشتری از کلان داده‌های انرژی بدست آورد. موسسه تحقیقاتی GTM[6] تخمین زده است که ارزش بازار جهانی تحلیل داده‌های شبکه توزیع در بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ از ۲۰ میلیارد دلار فراتر خواهد رفت و از ۱/۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۳ به ۳/۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ خواهد رسید [۵۴].

۲-۲-۲-۳- وب معنایی[7]

[1] Intelligent Electronic Devices
[2] Supervised Learning
[3] Unsupervised Learning
[4] Semi-Supervised Learning
[5] Reinforcement Learning
[6] GTM Research is market analysis and advisory firm on the transformation of the global electricity industry
[7] Semantic Web

وب به عنوان یک محیط اطلاعاتی طراحی شد و بر این هدف استوار بوده که هم وسیله‌ای برای تبادل اطلاعات بین افراد باشد وهم ماشین‌ها یا به عبارت دقیق‌تر کامپیوترها نیز بتوانند در این تبادل اطلاعات به ما کمک کنند. یکی از بزرگترین مشکلاتی که در راه رسیدن به این هدف وجود داشته این است که بیشتر اطلاعات درون وب برای درک انسانها طراحی شده است و نه برای کامپیوترها. این انسانها هستند که با خواندن صفحات به تجزیه و تحلیل آنها می‌پردازند و کامپیوترها فقط نقش جمع‌آوری کننده اطلاعات را دارند و هیچ درک و مفهومی از اطلاعات درون صفحات گردآوری شده ندارند. ایده وب معنایی در سال ۲۰۰۱ توسط آقای Tim Berners-Lee در نوشته‌ای در نشریه Scientific American به صورت رسمی به جهان معرفی شد. وب معنایی برای حل مشکل فوق پیشنهاد شده است. هدف اصلی وب معنایی تولید مکانیزمی است برای نمایش اطلاعات به گونه‌ای که برای کامپیوترها نیز قابل درک و معنا باشد، تا بتوانند در تجزیه و تحلیل اطلاعات به انسان کمک کنند. وب معنایی بر خلاف وب بر پایه ارایه اطلاعات بر اساس معنا می‌باشد به طوریکه اطلاعات توسط ماشین قابل پردازش باشند. وب معنایی مجموعه‌ای از زبان‌ها و ابزارها برای پردازش ماشینی اطلاعات ذخیره شده درون وب می‌باشد. اطلاعات ارایه شده در وب معنایی باید دارای پویایی کامل باشد تا بتوان از قابلیت‌های وب معنایی به طور کامل استفاده کرد. بنابراین ارایه معنایی داده‌ها و پویایی دو خصیصه اصلی وب معنایی می‌باشد. دراینجا است که اهمیت و تمایز وب معنایی با وب سنتی مشخص می‌شود [۵۷-۵۴].

در حال حاضر ساختار و محتوای وب به گونه‌ایی می‌باشد که تنها برای انسان‌ها قابل خواندن و درک می باشد. و نرم‌افزارهای کامپیوتری نمی‌توانند به صورت معنی‌داری آنها را پردازش کنند. کامپیوترها می‌توانند فقط لینک‌ها و طرح‌بندی و ساختار صفحات وب، مانند وجود لینک‌ها از صفحه‌ایی به صفحات دیگر یا سرآیند[1] یک صفحه و غیره را شناسایی و پردازش کنند. ولی به طور کلی هیچ راهی برای پردازش معنایی آنها وجود ندارد. وب معنایی ساختار معناداری را برای محتوای صفحات وب پیشنهاد می‌کند که در آن عامل‌های[2] نرم افزاری می‌توانند از صفحه‌ایی به صفحه دیگر مهاجرت کنند و وظایف مشخصی را برای کاربران انجام دهند و پاسخ‌های دقیق‌تری به کاربر برگردانند.

وب معنایی چیزی جدا از وب نمی باشد بلکه توسعه‌ای از وب موجود می‌باشد که اطلاعات درون آن بصورت معنی‌دار و واضح[3] می‌باشند و افراد و کامپیوترها قادر می‌باشند بصورت بهینه در آن کار کنند و با یکدیگر تعامل و همکاری داشته باشند. در آینده نزدیک عملکرد سیستم‌ها به گونه‌ایی می‌شود که آنها می‌توانند خیلی بهتر داده‌هایی را که در حال حاضر تنها قابل نمایش می باشند، پردازش و درک کنند. یکی از خصوصیات اصلی وب جهانی (WWW)[4]، جهانی بودن آن می باشد. یکی از نقاط قوت صفحات وب لینک‌های اَبرمتن[5] می‌باشد که هر صفحه‌ایی می‌تواند به هر صفحه‌ی دیگری لینک شود. با این اوصاف در فنآوری وب هیچ تمایزی بین اطلاعات آکادمیک و اقتصادی یا بین فرهنگ‌ها و زبان‌ها و ... وجود ندارد. وبی که امروزه توسعه پیدا کرده است بصورت داده‌هایی در قالب مستندات[6] می‌باشد و بجای اینکه این اطلاعات و داده‌ها بتوانند به‌گونه‌ای خودکار توسط ماشین‌ها پردازش شوند، تنها برای افراد قابل درک می‌باشند. همان گونه که گفته شد هدف وب معنایی قابلیت پردازش خودکار داده‌ها و اطلاعات توسط ماشین می باشد.

[1] Header
[2] Agents
[3] Well-defined
[4] World Wide Web
[5] Hypertext
[6] Document

۱-۲-۲-۲-۳- ارائه دانش

برای اینکه وب معنایی بتواند کار کند باید کامپیوترها به یک مجموعه ساخت یافته‌ای از اطلاعات و مجموعه‌ای از قوانین استنتاج دسترسی داشته باشند تا بتوانند با استفاده از آنها به صورت خودکار، استنباط و استدلال انجام دهند. قبل از توسعه وب معنایی، تحقیقاتی در زمینه سیستم‌هایی با قابلیت معنایی در حوزه هوش مصنوعی صورت پذیرفته است. سیستم‌های ارائه دانش عموماً بصورت متمرکز می‌باشند که در آنها تعریف یکسانی از مفاهیم رایجی همچون "پدر" و "ماشین" انجام شده است. اما اندازه و حوزه این قبیل سیستم‌ها به سرعت افزایش می‌یابد به طوری که مدیریت آنها سخت یا غیر ممکن می‌شود. همچنین در این سیستم‌ها معمولاً سوالات به گونه‌ای محدود می‌شوند که آنها یا بتوانند بصورت قابل اطمینانی پاسخ بدهند یا اینکه اصلاً نتوانند پاسخی بدهند. سیستم‌های ارائه دانش رایج، عموماً دارای یک مجموعه قوانین مشخص برای استنتاج درباره داده‌های خود می‌باشند. برای مثال در یک سیستم شجره نامه[1] که در یک پایگاه داده به صورت درخت‌های فامیلی قرار داده شده‌است، ممکن است قانونی به صورت روبرو موجود باشد:

’a wife of an uncle is an aunt’

در اوایل توسعه وب نظرها بر این بود که بدون داشتن یک پایگاه داده مرکزی و ساختار درختی نمی‌توان مطمئن شد که هر عنصری را بتوان به طور قطعی پیدا کرد. اما نقطه قدرت این گونه سیستم‌ها، ارائه مقدار زیادی از اطلاعات که با استفاده از موتورهای جستجو می‌شد به آنها دسترسی پیدا کرد، بود. وب معنایی در صدد پیدا کردن روشی می‌باشد که بتوان با کمک از آن داده‌ها و قوانین را نمایش داد و با استفاده از این قوانین بتوان برروی داده‌ها استدلال انجام داد و قوانین را از هر سیستم ارائه دانشی به داخل وب وارد نمود.

دو تکنولوژی مهم برای توسعه وب معنایی در حال حاضر موجود می باشد: XML[2] و RDF[3]. در XML هر کاربری می‌تواند تگ‌های خودش را، مانند <zip code> یا <alma mater> تولید کند. اسکریپت‌ها یا برنامه‌ها می توانند از این تگ‌ها استفاده کنند اما نویسنده یک اسکریپت هیچ اطلاعی در مورد مفهوم تگ تعریف شده توسط نویسنده صفحه ندارد. به طور خلاصه XML به کاربران اجازه می‌دهد که یک ساختار دلخواه را به مستندات خود اضافه کنند بدون اینکه چیزی درباره مفهوم این ساختارها بیان کنند.

درRDF مفاهیم به صورت مجموعه‌های سه‌تایی بیان می‌شوند. هر سه تایی مانند یک جمله، از Subject، Object و Verb تشکیل شده است. این سه تایی‌ها با استفاده از تگ‌های XML نوشته می‌شوند. در RDF هر عنصر مشخصی مانند افراد، صفحات وب و غیره دارای خصوصیات و مقادیر قطعی می‌باشند. به نظر می‌رسد که این ساختار یک راه طبیعی برای شرح مقادیر عظیمی از اطلاعات که توسط ماشین پردازش می‌شوند، باشد. Subject و Object هر کدام توسط URI [4] شناسانده می شوند و همانند یک لینک روی یک صفحه وب استفاده می‌شوند (یک URI یک موجودیت را توصیف یا تعریف می‌کند و نیازی به این نمی‌باشد که این کار با استفاده از موقعیت مکانی آن روی وب صورت پذیرد). URLها[5] نوعی رایج از URIها می‌باشند. Verbها توسط URIها شناسانده می‌شوند و طراح را قادر می‌سازند تا یک مفهوم جدید را با تعریف یک URI روی وب، تعریف کنند.

فرض کنید که یک سرویس را برای فرستادن کارت تبریک به دوستانمان در روز تولدشان اجاره می‌کنیم. متاسفانه این سرویس باید تمام آدرسهای موجود درون بانک اطلاعاتی ما را به بانک اطلاعاتی خودش منتقل کند، بدون این که اطلاعی از این

---

[1] Genealogy
[2] Extensible Markup Language
[3] Resource description Framework
[4] ؟؟؟
[5]

داشته باشد که بعضی از این آدرسها ممکن است که مربوط به آدرس مکانهایی مثل اداره پست باشد. پس ممکن است که تعدادی از پیام‌های تبریک به مکانهایی که مد نظر ما نمی‌باشد فرستاده شود. با استفاده از URIهای متفاوت برای هر مفهوم مشخص، این مشکل قابل حل خواهد بود. پس آدرسی که یک آدرس پست الکترونیکی می‌باشد، از آدرس یک خیابان قابل تشخیص خواهد بود. در RDF از URIها برای کد کردن اطلاعات درون مستندات استفاده می‌شود. URIها باعث می‌شوند تا مفاهیم لغات موجود در درون یک صفحه خلاصه شوند و تعریف یکسانی از هر عنصری که درون وب بوجود می‌آید، ارائه شود. فرض کنید به چندین پایگاه داده شامل اطلاعاتی درباره افراد دسترسی داریم که شامل آدرس این افراد می‌باشد. اگر بخواهیم افرادی را که در یک zipcode مشخص زندگی می‌کنند را پیدا کنیم باید بدانیم که کدام فیلدها در هر بانک اطلاعاتی، zipcode و نام افراد را در بر دارند. یک RDF می‌تواند مشخص کند که به طور مثال فیلد پنجم در بانک اطلاعاتی A یک فیلد از نوع zipcode می‌باشد که این کار را با استفاده از URIها انجام می‌دهد.

۲-۲-۲-۲-۳- هستان شناسی[1]

استفاده از مدل RDF و URIها برای حل مشکل ارایه شده در مثال قسمت قبل پایان کار و حل کامل مشکل نیست و ممکن است که دو پایگاه داده متفاوت شناسه‌های مختلفی را برای یک مفهوم مانند zipcode به کار ببرند. یک برنامه که قصد مقایسه یا ترکیب این دو پایگاه داده را دارد، باید بفهمد که این دو شناسه دارای مفهوم یکسانی می‌باشند. پس این برنامه باید بتواند راهی برای کشف این گونه معانی معمول در پایگاه داده‌هایی که با آنها مواجه است، داشته باشد. راه حل این مسئله مولفه‌ی اساسی سوم در وب معنایی یعنی همان طبقه‌بندی اطلاعات، که با نام هستان شناسی شناخته می‌شود، می‌باشد. در فلسفه، هستان شناسی عبارت است از تئوری درباره طبیعت موجودات و نوع چیزهایی که موجود می‌باشد. در هوش مصنوعی و وب، هستان شناسی عبارت است از سند یا فایلی که به طور رسمی ارتباط بین واژه‌ها را تعریف می‌کند [۵۸]. اغلب هستان شناسی‌های رایج برای وب دارای یک دسته‌بندی[2] و یک مجموعه قوانین استنتاج می‌باشند که دسته‌بندی کلاس‌هایی از اشیاء و روابط بین آنها را تعریف می‌کند. به طور مثال یک آدرس ممکن است که از نوع location و citycode تعریف شود یا فقط از نوع location تعریف شود. کلاس‌ها و زیر کلاس‌ها و روابط بین موجودیت‌ها، ابزار قدرتمندی برای استفاده در وب می‌باشند. می توان با دادن خصوصیت‌ها به کلاس‌ها و اجازه دادن به زیر کلاس‌ها برای به ارث بردن خصوصیات این کلاس‌ها، ارتباطات زیادی بین موجودیت‌ها را نمایش و ارائه داد. اگر کد شهر از نوع city باشد و شهرها دارای وب سایت باشند می توان این طور بحث نمود که این وب سایت با یک کد شهر همبسته می‌شود، حتی اگر هیچ پایگاه داده‌ایی یک کد شهر را به طور مستقیم به این وب سایت لینک نکند. مفهوم و معانی کدهای XML استفاده شده در یک صفحه وب می‌تواند توسط اشاره‌گرهایی از یک صفحه به یک هستان شناسی تعریف شوند.

۳-۲-۲-۲-۳- مزایا وب معنایی

هستان شناسی و مکانیزم‌های وب معنایی می‌توانند قابلیت‌های ماشین را در تفسیر اطلاعات مربوط به انسان‌ها و ابزارها به صورت قابل ملاحظه‌ای در حوزه‌ای که برای ماشین تعریف شده است بهبود بخشند. به علاوه قابلیت به اشتراک گذاری اطلاعات سطح بالا برای تفسیر ماشینی توسط هستان شناسی‌ها فراهم خواهد شد که می‌توان به مرور زمان با افزایش دقت هستان شناسی دقت تفسیر ماشینی را در حوزه مشخص شده افزایش داد. در ادامه یک مثال از موتورهای جستجو برای بررسی مزایای استفاده از تکنیک‌های وب معنایی آورده شده است. به طور مثال هستان شناسی‌ها می‌توانند دقت جستجو در وب را بهبود بخشند. به عبارت دیگر یک برنامه جستجو به جای این که از کلمات کلیدی مبهم برای جستجو استفاده کند، می‌تواند صفحات را بر مبنای مفهوم

[1] Ontology
[2] Taxonomy

آنها جستجو کند. در بیشتر کاربردهای پیشرفته، هستان شناسی‌ها برای مرتبط ساختن اطلاعات موجود روی یک صفحه به یک ساختار دانش و قوانین استنتاج استفاده می‌شوند [۵۹].

٤-۲-۲-۳- معایب وب معنایی

مشکلی که برای ایجاد یک وب پویا مبتنی بر فنآوری ذکر شده وجود دارد، مساله گسترش و همه‌گیرشدن استفاده از هستان شناسی می‌باشد. یکی از علتهایی که هنوز رشد چندانی در استفاده از هستان شناسی صورت نگرفته است، عدم آشنایی و تخصص کاربران در طراحی و پیاده‌سازی آن می‌باشد که به زمان زیادی نیاز دارد و در مواردی هم برای همه امکان پذیر نیست. برای اینکه این مساله تسریع شود، باید راه‌حلی پیدا شود که کاربران عادی نیازمند دست و پنجه نرم کردن با مساله طراحی هستان شناسی نباشند. به عبارت دیگر هستان شناسی بایستی توسط طراح ایجاد گردد و سپس خروجی طراحی در یک شبکه مانند اینترنت برای بقیه کاربران به اشتراک گذاشته شود. مسئله دیگری که ممکن است تکنیک‌های وب معنایی ایجاد کنند، حجم زیاد اطلاعاتی است که برای وب مفهومی ممکن است تولید شود. در عمل نگهداری و مدیریت حجم زیاد اطلاعات ممکن است چالش‌های جدی ایجاد کند [۶۰ و ۵۹].

۵-۲-۲-۳- کاربردها وب معنایی

مدیریت انرژی در شهرهای فعلی به سمت هوشمند سازی شبکه در حال تکامل است. مدیران شبکه انرژی همواره در تلاشند که کارآیی شبکه فعلی، پایداری و تقویت انرژی را از طریق فناوری اطلاعات و ارتباطات بهبود بخشند. تلاش برای بهبود بهره‌وری انرژی، بهینه‌سازی استفاده از منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر انرژی منجر به استفاده از فنآوری‌های متعددی از جمله وب معنایی شده است. سیستم‌های شبکه هوشمند در حوزه انرژی لازم است امکان تبادل، استخراج دانش و تصمیم گیری از حجم زیادی از داده‌های جمع آوری شده با نرخ های بالا را به صورت خودکار داشته باشند. به واسطه ناهمگنی اطلاعات موجود در شبکه در حوزه‌های مختلف تولید، توزیع و دیگر کاربردهای مربوط به شبکه انرژی و از طرف دیگر افزایش روز افزون این اطلاعات نیازمند استفاده از فنآوری‌های وب معنایی و توسعه هستان شناسی‌های مربوط به این حوزه‌ها خواهیم بود. در غیر این صورت تحلیل اطلاعات در این حوزه تبدیل به یک مسئله بسیار بغرنج در آینده نزدیک خواهد شد [۵۸ و ۶۰]. لازم به ذکر است که یکی از فنآوری‌های توانمند ساز در استفاده هر چه بهتر از اینترنت اشیاء، فنآوری وب معنایی است که قابلیت‌های تفسیر ماشینی را برای ابزارها فراهم می‌کند.

۳-۲-۲-۳- گراف دانش[1]

گراف دانش یک شبکه معنایی و یک سیستم مدیریت اطلاعات است که داده‌های مختلف را یکپارچه نموده و از گراف‌ها به منظور توصیف داده و دانش استفاده می‌نماید. این سیستم برای نخستین بار توسط گوگل در سال ۲۰۱۲، به منظور ارائه نتایج مرتبط و مفید با استفاده از تکنیک‌های جستجوی معنایی[2] معرفی گردید. گراف دانش گوگل از روابط میان کلمات و مفاهیم به منظور درک متن پرسش و اختصاص دادن معنای خاص به اهداف کاربر استفاده می‌کند. به عبارت دیگر، گراف دانش تمامی دانش را به منظور ایجاد یک گراف استخراج می‌نماید که در آن گره‌ها[3] نشانگر موجودیت‌ها و لبه‌ها[4] نشانگر روابط هستند. از آنجایی که در گراف دانش روابط منطقی گنجانده شده است، دقیق‌تر می‌توان منظور و هدف کاربر را درک و پاسخ‌های صحیح به درخواست‌های کاربر

[1] Knowledge Graphs
[2] Semantic Search
[3] Nodes
[4] Edges

ارائه داد. بدین منظور گراف دانش از یک روش برنامه‌نویسی شده به منظور مدل کردن دامنه دانش با کمک متخصصان این حوزه و نیز استفاده از پیوند داده‌ای و الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌پردازد [۶۳-۶۱].

۱-۳-۲-۲-۳- مزایا گراف دانش

از جمله مزایای گراف دانش می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۶۴]:

گراف دانش دارای مفاهیم معنایی بوده و از هستان شناسی به منظور توصیف معانی داده استفاده می‌نماید. در نتیجه تمامی داده‌ها به صورت توصیفی آورده شده و درک آن برای کاربران ساده خواهد بود.

گراف دانش هوشمند بوده و با استفاده از یک فرمول منطقی امکان استخراج اطلاعات جدید و تحلیل خودکار داده‌ها را فراهم می‌آورد.

با استفاده از گراف دانش، امکان بهبود داده با گسترش دامنه آن و با حفظ منشا و منبع اصلی وجود داشته و نیز امکان به روز رسانی‌های پویا وجود خواهد داشت.

۲-۳-۲-۲-۳- معایب گراف دانش

یکی از بزرگترین معایب گراف‌های دانش محدود بودن به چگونگی تعامل کاربران و عامل‌های نرم‌افزاری با آن می‌باشد. در واقع رابط‌های برنامه‌نویسی در گراف دانش، موجودیت‌های منطبق و منحصربفرد را به جای گرافی از موجودیت‌های به هم پیوسته برمی‌گرداند [۶۵].

۳-۳-۲-۲-۳- کاربردها گراف دانش

گراف دانش در صنعت برق و انرژی نیز کاربرد دارد. به عنوان مثال در سیستم خدمات‌رسانی به مشترکین، گراف دانش به کاربر در یافتن اطلاعات مورد نظر کمک می‌کند. هم‌چنین می‌توان با استفاده از سیستم خدمات‌رسانی مشترکین هوشمند، دقت پاسخ‌دهی را بهبود بخشید. از دیگر کاربردهای گراف دانش در صنعت برق می‌توان به بهبود در دقت بازیابی نواقص و مشکلات تجهیزات و نیز مدیریت آنها اشاره نمود. علاوه بر این می‌توان یک گراف دانش داده‌ای به منظور مدیریت و استفاده هوشمندانه از منابع کلان داده در حوزه برق و انرژی و برقراری همکاری‌پذیری با بکارگیری مفاهیم معنایی[1] ایجاد نمود [۶۳]. گراف دانش در تشخیص ناهنجاری سیستم برق نیز کاربرد دارد [۶۶].

٤-۲-۲-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری‌های مرتبط با حوزه داده

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
AutoGrid [۶۷]	تحلیل داده، کلان داده	آمریکا، هند	۲۰۱۱	چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	هدف اصلی در این پروژه ایجاد تعادل میان عرضه و تقاضای انرژی در زمان واقعی، افزایش بهره‌وری و ارزش تجهیزات انرژی و نیز ارائه خدمات جدید انرژی به

[1] Semantic Definitions

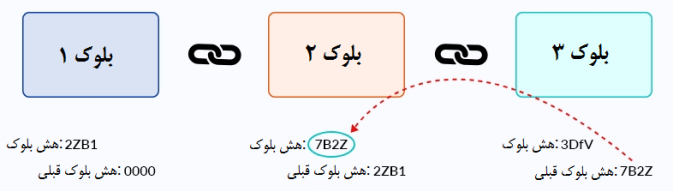
نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	مشترکین با استفاده از اطلاعات آنها می‌باشد.
SUNSEED [۶۸]	تحلیل داده، کلان داده	اتحادیه اروپا	۲۰۱۴- ۲۰۱۷	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	هدف اصلی در این پروژه بهبود مشاهده پذیری در شبکه‌های هوشمند توزیع با پیش‌بینی وضعیت شبکه با استفاده از اطلاعات موجود می‌باشد.
H2020 InterFlex project [۶۹]	تحلیل داده	اتحادیه اروپا	۲۰۱۷- ۲۰۱۹ ۲۲.۸ میلیون یورو	چالش ۳ - نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فن‌آوری اطلاعات نوین چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	هدف اصلی در این پروژه، بکارگیری داده‌های موجود به منظور استفاده بهینه از انرژی‌های تجدیدپذیر، پیش‌بینی بار و ... به منظور کاهش هزینه‌های مشترکین می‌باشد.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				چالش چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	
PowerOnt [۷۰]	وب معنایی	دانشگاه توربن ایتالیا	۲۰۱۴	چالش ۴- پاسخ تقاضای فعال	در این پروژه با گسترش هستان شناسی های موجود یک هستان شناسی برای تخمین مصرف خانه های هوشمند ارائه شده است.
BOnSAI [۷۱]	وب معنایی	دانشگاه ارسطویونان	۲۰۱۲	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود (ارائه هستان شناسی مناسب برای تفسیر اطلاعات خانه هوشمند)	در این پروژه با در نظر گرفتن هستان شناسی‌های موجود یک هستان شناسی با در نظر گرفتن پارامتر های متعدد مربوط به کاربران و خانه های هوشمند ارائه شده است که کاربردهای فراوانی به منظور تفسیر ماشینی در اینترنت اشیاء و ارتباطات ماشین با ماشین خواهد داشت.

جدول .Error! No text of specified style in document-۲۹ پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق

۳-۲-۳- بلاکچین

بلاکچین یکی از محبوب‌ترین و پرکاربردترین نوآوری‌های دهه اخیر محسوب می‌شود که توجهات اغلب صنایع و دانشگاهیان و دولت‌ها را به جود جلب کرده است. مفهوم بلاکچین برای اولین بار توسط ساتوشی ناکاموتو در سال ۲۰۰۸ به عنوان زیرساخت رمزارز بیت‌کوین مطرح شد. در واقع، بلاکچین یک پایگاه داده غیر متمرکز است که به طور خودکار از طریق شبکه‌های همتا به همتای توزیع شده مدیریت می‌شود. در بلاکچین هر رویدادی به عنوان یک تراکنش در نظر گرفته می‌شود و مجموعه‌ای از تراکنش‌ها یک بلوک را شکل می‌دهند. هر بلوک علاوه بر تراکنش‌ها (داده‌ها)، شامل هش مقادیر بلوک و هش بلوک قبلی است. هش کردن به معنی دریافت یک رشته ورودی با طول متغیر و تبدیل آن به رشته‌ای با طول ثابت است. بلوک‌های داده‌ای به ترتیب زمانی در یک ساختار داده‌ای خاص که در **Error! Reference source not found.** نشان داده شده است، به هم متصل م ی‌شوند. این اتصال از طریق هش بلوک قبلی انجام می‌شود. بلاکچین برای ایجاد دفتر کل توزیع شده غیرقابل تغییر از روش‌های رمزنگاری استفاده می‌کند.



شکل .Error! No text of specified style in document-**۱۴- نحوه ارتباط بلوک‌ها در بلاکچین**

زنجیره‌ای از تعداد زیادی بلوک‌های حاوی اطلاعات ساده‌ترین تعریف بلاکچین است. ویژگی اصلی این فناوری این است که تمام تغییرات در بلوک‌های ایجاد شده را پیگیری می‌کند تا هیچ بلوکی قابل حذف یا اصلاح نباشد. این امر باعث می‌شود فناوری بلاکچین به روشی بسیار امن و مطمئن برای انتقال دارایی، پول و املاک بدون نیاز به واسط شخص ثالث مانند دولت‌ها یا بانک‌ها تبدیل شود. هر تراکنشی که اتفاق می‌افتد، به تمامی کاربران شبکه ارسال می‌شود تا تایید شده و در بلاکچین گنجانده شوند. برای تایید یک تراکنش و اضافه کردن آن به بلاکچین، کاربران باید یک معمای ریاضی (هش) را حل کنند تا بلوک بعدی به بلاکچین اضافه شود. کاربری که بتواند اول از همه به طور صحیح معما را حل کند، می‌تواند تراکنش را به بلوک اضافه کرده و سپس بلوک را به بلاکچین اضافه کند. به فرآیند حل معما، استخراج[1] و به حل کننده آن استخراج‌گر گفته می‌شود که در قبال حل معما پاداشی که معمولا به صورت رمزارز[2] است، دریافت می‌کند.

استفاده از هش‌ها روش موثری را در تامین امنیت بلاکچین فراهم کرده‌اند. با این حال، هکرها به کمک رایانه‌های فوق سریع می‌توانند اطلاعات موجود در یک بلوک را تغییر دهند و سپس در مدت چند دقیقه هش بقیه بلوک‌ها در زنجیره را محاسبه کنند. برای غلبه بر این موضوع، الگوریتم‌های متعددی ایجاد شده‌اند که الگوریتم‌های اجماع[3] نامیده می‌شوند.

فرآیند اجماع در مرحله تایید تراکنش‌ها و قبل از اضافه شدن آنها به بلاکچین اتفاق می‌افتد. فرآیند اجماع در فواصل زمانی از پیش تعیین شده انجام می‌شود. این فواصل زمان شروع تراکنش تا اضافه شدن آن به بلاکچین را نشان می‌دهد. مدت زمان تأیید

[1] Mining
[2] Cryptocurrency
[3] Consensus

به اندازه بلوک، حجم تراکنش‌ها و الگوریتم‌های اجماع استفاده شده بستگی دارد. گواه اثبات کار، گواه اثبات سهام، گواه اثبات قدرت و تحمل‌پذیری خطای بیزانس کاربردی تعدادی از مهمترین و پرکاربردترین الگوریتم‌های اجماع هستند.

بلاکچین به دلیل غیرقابل تغییر بودن اطلاعاتش دارای پتانسیل قابل توجهی برای حذف واسطه‌ها، ایجاد شفافیت، اعتماد، امنیت و حفظ حریم خصوصی است، و می‌تواند مزایای بسیاری را برای صنعت برق و انرژی فراهم کند. در ادامه مزایا و معایب فناوری بلاکچین با جزئیات بیشتری بررسی می‌شوند. این مزایا و معایب شامل مزایا و معایب منحصر به بلاکچین به همراه مزایا و معایبی است که بلاکچین برای تکنولوژی‌های دیگر فراهم می‌کند. همچنین کاربردهای بلاکچین در صنعت برق با در نظر گرفتن چالش‌های مطرح شده در گزارش مرحله اول مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۳-۲-۳- مزایای بلاکچین

در این بخش مزایای بلاکچین به همراه توضیحات مربوطه مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مزایا عبارتند از:

- **شفافیت**

سیستم‌های بلاکچین شفاف‌تر از دفاتر ثبت و ضبط فعلی هستند. تراکنش‌های موجود در بلوک‌های بلاکچین برای هر شخصی بر روی شبکه قابل روئیت است و تراکنش‌ها هنگامی که وارد زنجیره بلوک شدند دیگر قابل حذف یا تغییر نیستند. در دفاتر ثبت موجود، یک شخص می‌تواند پایگاه داده را تغییر دهد و این تغییر را از چشم افراد دور نگه دارد. دزدی‌های کلان بیشماری به دلیل عدم شفاف بودن دفاتر فعلی اتفاق افتاده است. فناوری‌های بر پایه بلاکچین با قابل روئیت کردن تراکنش‌ها برای همه کامپیوترهای متصل به شبکه، شفافیت را برای همه افراد روی شبکه فراهم می‌کنند. اکثر کامپیوترهای متصل به بلاکچین باید تراکنش‌ها یا تغییرات در بلاکچین را تایید کنند تا از پنهان ماندن و دستکاری جلوگیری شود [۷۲].

این سناریو که یک شخص در سازمانی پولی را به سرقت ببرد یا ضرر شرکت را با دستکاری ورودی‌های دفاتر ثبت پنهان کند، در دفاتر توزیع شده بر پایه بلاکچین داری احتمال بسیار کمی است. حرکت به سوی بلاکچین در صنایع مختلف، موجب افزایش شفافیت می‌شود. در بلاکچین، می‌توان وضعیت تراکنش‌های اقتصادی را به صورت لحظه‌ای رصد کرد، در حالی که در سیستم‌های امروزی، وضعیت انتقال پس از پایان یافتن به اطلاع کاربر می‌رسد.

- **حذف واسطه‌ها**

همان‌طور که قبلا نیز اشاره شد، امروزه بیشتر تراکنش‌های صورت گرفته بین افراد، به واسطه‌هایی مانند بانک‌ها نیاز دارند تا امنیت و اطمینان را برای تراکنش‌ها فراهم نمایند. مزیت فناوری بلاکچین نسبت به سیستم‌های کنونی، قابلیت حذف واسطه‌هاست که به تراکنش‌ها اجازه می‌دهد مستقیما بین افراد انجام گرفته و نیاز به نهاد ثالث نداشته باشند. این ویژگی می‌تواند میلیاردها نفر از مردم دنیا را که در کشورهای مختلف زندگی می‌کنند و نمی‌توانند به دلیل ضعف دولت‌ها، نرخ بالای جرائم، تنظیم مقررات ضعیف شرکت‌ها، نگه‌داری دستی اطلاعات یا محدودیت قانونی، به واسطه‌ها اعتماد کنند را منتفع سازد. بلاکچین شفافیت و اعتماد را همراه با کاهش خطرات موجود در تراکنش‌ها، بدون نیاز به نهاد ثالث به عنوان واسطه در تراکنش‌ها، فراهم می‌آورد [۷۲].

- **تمرکز زدایی** [1]

تمرکز زدایی یکی از مولفه‌های کلیدی بلاکچین است که منجر به حذف واسطه‌ها می‌شود و به صورت همزمان شفافیت و اعتماد را افزایش می‌دهد و از نقطه تکی شکست ممانعت به عمل می‌آورد. بلاکچین‌ها به جای دفاتر ثبت که به طور خصوصی توسط موسسات مختلف مدیریت می‌شوند، در یک دفتر مشترک واحد نگه‌داری می‌شوند. با وجود بلاکچین، کنترل به یک موسسه

[1] Decentralization

خاص واگذار نمی‌شود و منجر به مدیریت سریع‌تر و آسان‌تر می‌گردد. ساختار غیرمتمرکز بلاکچین یک مزیت برای شرکت‌هایی است که ممکن است رقیب باشند ولی به عنوان بخشی از یک گروه صنعتی یا کنسرسیوم با یکدیگر کار کنند. یک شرکت ممکن است در مورد دادن اطلاعات یا اشتراک در یک پایگاه داده‌ای که مالکیت آن با شرکت رقیب است، نگران باشد. امروزه شرکت‌های رقیبی که با یکدیگر کار می‌کنند و همه داده‌ها در اختیار یک عضو است، به دلیل حفظ دسترسی و خصوصی بودن داده، می‌توانند درگیر قراردادهای قانونی طولانی مدت و توافقات بی‌نتیجه شوند. با این حال، با استفاده از بلاکچین، شرکت‌های رقیب می‌توانند از یک پایگاه داده به اشتراک گذاشته شده استفاده کنند که همه به طور کامل روی آن نظارت داشته باشند [۷۲].

پایگاه داده‌های متمرکز در معرض نفوذ، از دست دادن داده و خرابی هستند. در حالی که، همه کامپیوترهای روی شبکه بلاکچین یک کپی از اطلاعات (بلوک‌ها) را دارند که خطر از دست دادن داده را کاهش می‌دهد. برای دستکاری داده‌ها در بلاکچین، نفوذ به بیش از پنجاه درصد کامپیوترهای روی شبکه به طورهمزمان لازم است که تقریبا غیرممکن می‌باشد.

- **اعتماد**

همان‌طور که قبلا نیز اشاره شد، روش‌های امروزی برای تراکنش بین افراد، نیازمند اعتماد به یک واسط برای تسهیل تراکنش می‌باشد. بلاکچین اجازه می‌دهد تا نهادهای واسط حذف شوند در حالی که اعتماد و امنیت بین افراد درگیر در تراکنش همچنان باقی می‌ماند. در شبکه بلاکچین اعتماد جایگزین نهاد سوم (واسط) شده است. در حقیقت افزایش اعتماد در یک تراکنش است یک مزیت مهم غیر قابل اغماض است که به دلیل ساختار غیر متمرکز بلاکچین بوجود آمده است [۷۲].

- **امنیت**

به دلیل ساختار بلاکچین داده‌های اضافه شده به آن غیرقابل تغییر هستند و به دلیل وجود کلید خصوصی در تایید تراکنش‌ها افراد می‌توانند ناشناس باقی بمانند. همچنین هر بلوک روی بلاکچین می‌تواند به عقب و به سمت بلوک اولیه دنبال شود. غیرقابل تغییر بودن داده وارد شده، در همه بلوک‌های متصل به هم تا بلوک اول وجود دارد و باعث می‌شود راه آسانی برای دنبال کردن مسیر هر تراکنش روی بلاکچین ایجاد شود. در طول تاریخ، موارد بیشماری از دزدی و دستکاری داده اتفاق افتاده است. زمانی که یک دزدی انجام می‌شود، مسیری که منجر به ایجاد دزدی شده است تغییر داده می‌شود تا بررسی آن را سخت و زمان‌بر کند. این تغییرات می‌تواند آنچنان گسترده باشد که مسیریابی تراکنش‌ها و دزدی غیرممکن شود [۷۱].

در بلاکچین تراکنش‌های قدیمی نمی‌توانند تغییر داده شوند و یک مسیر واضح از آنچه اتفاق افتاده روی بلاکچین باقی می‌ماند. همان‌طور که در بحث تمرکز زدایی نیز بیان شد، تغییر یک تراکنش ثبت شده نیازمند کنترل بیش از پنجاه درصد کامپیوترهای روی شبکه به طور همزمان است که تقریبا غیر ممکن می‌باشد. در نتیجه اگر تغییری اتفاق بیفتد، توسط دیگر کامپیوترهایی که به شبکه متصل هستند، معلوم می‌شود. امنیت بلاکچین غیر قابل نفوذ نیست اما سیستم‌های فعلی قادر به شکستن لایه‌های امنیتی آن نیستند. این امر باعث می‌شود بسیاری از مسائل امنیتی در سیستم‌های معمولی حل شود. در حالی که دزدی به طور کامل نمی‌تواند حذف شود اما بلاکچین یک مسیر واضح به سمت عقب تا شروع تراکنش را فراهم می‌کند و اجازه می‌دهد تلاش برای دزدی به آسانی شناسایی شود.

- **کاربردهای بالقوه وسیع**

تقریبا هر چیز با ارزشی می‌تواند روی بلاکچین ذخیره شود. واژه "هر چیز با ارزش" الزاما به معنی ارزش اقتصادی نیست. آن چیز می‌تواند شامل نسخه‌ای از سند، یک هویت دیجیتالی، حق نشر، فایل دیجیتالی یا هر چیز که قابلیت ذخیره در یک پایگاه داده را داشته باشد، بشود. فناوری بلاکچین با اینکه یک فناوری جدید است اما با ابداعات اخیر نظیر پلتفرم اتریوم و قراردادهای هوشمند به آسانی در دسترس همه است. محدوده کاربری بلاکچین و فناوری‌های مبتنی بر آن نا محدود است و هر کسی می‌تواند برای

کاربرد خاص خود از بلاکچین استفاده کند. بلاکچین این پتانسیل را دارد که هر صنعتی را در دنیا متحول کند و شرکت‌های زیادی شبکه بلاکچین خود را بوجود آورده‌اند که بعدا به این موضوع به طور مفصل پرداخته خواهد شد [۷۱].

- **کاهش هزینه**

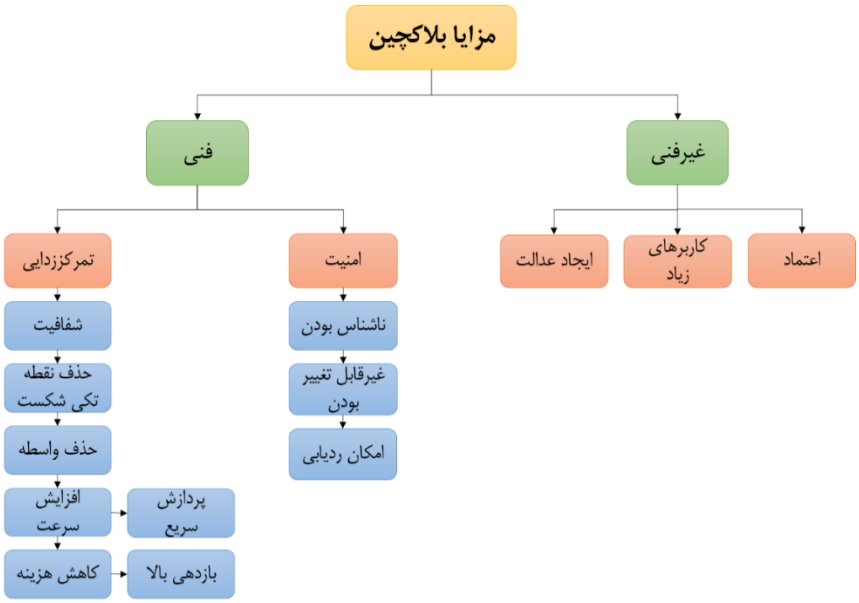
بلاکچین در بسیاری از صنایع می‌تواند با حذف واسطه‌هایی که در روند ثبت و انتقال دارایی درگیر هستند، هزینه را کاهش دهد. هر واسطه یا لایه در یک تراکنش به هزینه ثبت و انتقال اضافه می‌کند. در سیستم‌های فعلی، هنگام انتقال دارایی یا ثبت آن‌ها، دفاتر ثبت چندگانه‌ای یا پایگاه‌های داده‌ای وجود دارد که در هر سازمان نگه‌داری می‌شود. یک دفتر ثبت توزیع شده به همه اعضا اجازه می‌دهد تا دارایی‌ها را در یک دفتر به اشتراک گذاشته شده انتقال دهند که هزینه نگه‌داری چندین دفتر ثبت در هر سازمان را کاهش می‌دهد [۷۱].

نگه‌داری دفاتر ثبت و پایگاه داده هزینه‌بر و معمولا یک روند دستی است که جهت تایید صحت نیازمند افرادی با تجربه و دانش کافی به ازای هر دفتر می‌باشد. دفاتر توزیع شده مبتنی بر بلاکچین با جایگزین کردن دفاتر ثبت با یک دفتر به اشتراک گذاشته شده، با اتفاق افتادن یک تراکنش باعث ثبت و بررسی لحظه‌ای از طرف همه اعضای متصل به شبکه می‌گردد.

- **افزایش سرعت تراکنش**

سیستم‌های مبتنی بر بلاکچین نه تنها هزینه‌های تراکنش را کاهش می‌دهند بلکه سرعت را نیز به طور چشمگیری افزایش می‌دهند. با حذف واسطه‌ها و ثبت بر روی یک دفتر ثبت اشتراکی توزیع شده، دفاتر مبتنی بر بلاکچین می‌توانند تراکنش‌ها را بلافاصله ثبت نمایند. هنگام انتقال پول از یک حساب بانکی، ممکن است آن پول از حساب کم شده ولی با این حال، تا چندین روز بعد پول در حساب دیگر دریافت نشده باشد. به طور مشابه، هنگام خرید با کارت اعتباری، ممکن است تراکنش‌ها برای چندین روز تاخیر داشته باشند. برای حل این مشکلات، سیستم‌های بلاکچینی برای بالابردن سرعت تراکنش در حال توسعه هستند. با این حال استفاده از بلاکچین به این موارد محدود نبوده و هر نوع تراکنش یا انتقال با ارزش، می‌تواند از فناوری بلاکچین برای افزایش سرعت تراکنش‌ها استفاده نماید [۷۱]. البته این افزایش سرعت مربوط به تراکنش‌های بین قاره‌ای یا با واسطه‌های زیاد است وگرنه استفاده از بلاکچین برای تراکنش‌های روزمره می‌تواند باعث کندی و تاخیر نیز بشود که در این رابطه در بخش معایب بلاکچین و در قسمت عدم مقیاس‌پذیری و کندی بحث خواهد شد.

شکل **.No text of specified style in document!**–Error ۱۵ مزایای بلاکچین را در دو دسته فنی و غیرفنی دسته‌بندی و جمع‌بندی از مزایای مطرح شده در این بخش را ارائه می‌کند.



شکل **Error! No text of specified style in document.**-۱۵- دسته‌بندی مزایای بلاکچین

۲-۳-۲-۳- معایب بلاکچین

فناوری بلاکچین توسط بسیاری از افراد در حال حاضر به عنوان راه‌حل همه مشکلات در صنایع و جهان مطرح می‌شود. استارتاپ‌های[1] جدید بلاکچین و رمزارزها هر روزه برگزار می‌شود تا مشوقی برای انجام کارهای مختلف، از بهبود در سیستم‌های بانکی گرفته تا حذف فقر در جهان باشند. بسیاری از ادعاها یادآور اینترنت در روزهای ابتدایش است. در حالی که اینترنت واقعا دنیا را متحول کرد اما بسیاری از ادعاها اغراق‌آمیز بود، فواصل زمانی غیرواقعی بودند و بسیاری از استارتاپ‌ها که پیش‌بینی می‌شد موفق باشند، منجر به ورشکستگی شدند. در این بخش مهمترین چالش‌ها و معایب فناوری بلاکچین بررسی می‌شوند.

- **نبود حریم خصوصی**

بلاکچین‌های غیرمتمرکز حریم خصوصی ندارند که این موضوع استفاده همه جانبه از آن را مشکل می‌نماید. نه تنها اطلاعات خصوصی نیست بلکه در هر لحظه برای هر شخصی که از سیستم استفاده می‌کند قابل دسترسی است. تشخیص هویت یک حساب روی بلاکچین بیت کوین بعد از دریافت یک پرداخت از آن شخص، نسبتا آسان است. اگر یک فرد به یک مغازه رفته و یک پرداخت انجام دهد، صاحب مغازه قادر خواهد بود تراکنش را روی بلاکچین ببیند. اطلاعات داخل تراکنش کیف پولی که پول از آن فرستاده شده است را نشان می‌دهد. در نتیجه افراد می‌توانند آن حساب را بررسی کنند و این که آن شخص چقدر پول دارد و همه تراکنش‌های ورودی و خروجی او را مشاهده کنند. این ایده که یک بلاکچین غیرمتمرکز هر تراکنش را در شبکه‌های عمومی ثبت می‌کند برای بسیاری از افراد نگران‌کننده است [۷۲].

همچنین توجه به این نکته نیز لازم است که کامپیوترهایی که حجم بالایی از شبکه‌های بلاکچین را اجرا می‌کنند در کشورهایی مانند چین و روسیه قرار دارند که جرائم کامپیوتری بالا است و اطلاعات شخصی ممکن است علیه مردمی که در آنجا

[1] Startup

زندگی می‌کنند یا به آنجا مسافرت می‌نمایند، استفاده شود. البته بلاکچین‌های غیرمتمرکزی نیز هستند که حریم خصوصی بیشتری برای تراکنش‌ها فراهم می‌کنند یا افرادی که به اطلاعات دسترسی دارند را محدود می‌نمایند، اما بیت کوین، اتریوم و بسیاری از بزرگترین رمزارزهای بلاکچین به این صورت کار نمی‌کنند و در حال حاضر برنامه‌ای برای حریم خصوصی بیشتر برای تراکنش‌ها یا حساب‌ها ندارند.

- **مسایل امنیتی**

پول‌های بلاکچین مانند پول نقد است، اگر پول نقد از کیف پول یک فرد دزدیده شد دیگر از بین رفته است. سیستم‌های مبتنی بر بلاکچین از رمزنگاری و کدگذاری پیشرفته‌ای که از رمزهای اینترنتی یا اعداد کد دسترسی، امنیت بیشتری دارند، استفاده می‌کنند. با این حال اقدامات امنیتی بیشتر بعضی مواقع منجر به ایجاد شکاف‌های امنیتی شده و باعث کاهش امنیت می‌شود.

موارد نمونه بیشماری از استفاده رمزارزها وجود دارد که شخصی کلید خصوصیش را فراموش کرده و نمی‌تواند به پولش دسترسی داشته باشد. این موارد معمولا هنگامی رخ می‌دهد که شخصی رمزارز خاصی را به قیمت پایینی می‌خرد و توجه زیادی به آن ندارد. بعدا متوجه می‌شود که آن پول ارزش پیدا کرده و سرمایه‌گذاری کوچک اولیه الآن هزاران دلار می‌ارزد و سعی می‌کند دوباره به آن دسترسی پیدا کند [۷۲]. سرمایه‌گذاری روی بیت کوین با قیمت ۵۰ دلار در سال ۲۰۰۹، هشت سال بعد بیش از یک میلیون دلار می‌ارزد، در نتیجه می‌توان دریافت که چگونه با سرمایه‌گذاری کوچک اولیه می‌توان به سرمایه برزگی دست یافت. یک نمونه منتشر شده مربوط به جیمز هاولز[1] در انگلستان است که لپتاپش را که حاوی ۷۵۰۰ بیت کوین بود دور انداخت و به قیمت امروز بیش از ۱۵ میلیون دلار ارزش دارد.

به دلیل شفافیت در بلاکچین، اگر افراد کلید عمومی خود را داشته باشند، می‌توانند حسابشان را ببینند و این که چقدر ارزش دارد اما به آن دسترسی ندارند. این مثال معادل این است که بانک بتواند به شخصی بگوید که چقدر در حسابش پول دارد ولی آن فرد راهی برای دسترسی به آن پول نداشته باشد. با حساب‌های بانکی قدیمی، اگر فردی رمز اینترنتی بانک، کارت اعتباری یا شماره حساب بانکی خود را از دست می‌داد، می‌توانست به بانک رفته و با احراز هویت خود دوباره به آن دسترسی داشته باشد. اما چنین کاری با رمزارزهای غیرمتمرکز بر پایه بلاکچین امکان پذیر نیست. تا به حال میلیاردها دلار از رمزارزها به وسیله هک کردن، کلاهبرداری یا امنیت پایین در چند سال گذشته دزدیده شده‌اند. همچنین اگر کسی به کارت اعتباری فردی دسترسی داشته و پول از آن برداشت کند، آن شخص می‌تواند با بانک تماس گرفته تا کارت اعتباری خود را بسوزاند، در نتیجه پول بیشتری از حساب آن شخص برداشت نمی‌شود. حتی ممکن است بانک بتواند تراکنش برعکس را در مواقعی که دزدی شده انجام داده یا آن پرداخت را رهگیری نماید. ولی با سیستم‌های مبتنی بر بلاکچین امکان تغییر در تراکنش یا برعکس نمودن آن وجود ندارد و نهاد واسطی نیز نیست که اگر دزدی در حساب فردی اتفاق افتاد به او کمک کند. اگر پولی به یک حساب اشتباه واریز شود، آن پول برای همیشه از دست رفته است. همچنین اگر کسی به کلید خصوصی فرد دیگری دست پیدا کند، می‌تواند همه پول موجود در حساب (کیف پول[2]) او را خارج کند و راهی نیز وجود ندارد که تراکنش را برعکس کرد یا خسارت را جبران نمود [۷۲].

یکی از متداول‌ترین سوالات پرسیده شده درباره سیستم‌های مبتنی بر بلاکچین در مورد نحوه بازیابی رمزهای فراموش شده یا گم شده است. جواب سوال این است که در این خصوص نمی‌توان کاری انجام داد. توصیه به افراد هنگامی که یک کلید خصوصی روی بلاکچین ایجاد می‌کنند این است که آن را جایی یادداشت نمایند. به این ترتیب همه این رمزنگاری‌ها و امنیت پیشرفته باعث

[1] James Howells
[2] Wallet

می‌شود که افراد کلید خصوصی خود را جایی نوشته و آن را در خانه یا در کامپیوتر خود نگه دارند که در مقابل روش‌های حفاظتی قدیمی، امنیت را کاهش می‌دهند.

هنگام پیاده‌سازی مستقیم سیستم‌های مبتنی بر بلاکچین، بسیاری از روش‌های امنیتی که بلاکچین را ایمن‌تر می‌کند، قبول آن را سخت‌تر می‌نماید. کیف پول‌های بلاکچین مبتنی بر وب نیز بسیار مورد کاربرد هستند که در آن‌جا افراد رمزارزها را در یک شرکت واسطی ذخیره می‌کنند. در این صورت مزایای امنیتی بلاکچین مانند کلید خصوصی فدای رمزهای قدیمی می‌شوند تا بتوان در صورت فراموشی آن‌ها را بازیابی نمود.

- **نبود کنترل مرکزی**

سیستم‌های مبتنی بر بلاکچین به گونه‌ای طراحی شده‌اند که با شرکت‌های واسطه جایگزین شده و مسئولیت و کنترل را به اشخاصی که در تراکنش‌ها درگیر هستند واگذار می‌کنند. این کنترل بر عهده اکثریت افراد در شبکه قرار داده می‌شود که مزایا و معایبی را برای کنترل بلاکچین ایجاد می‌کند.

طبیعت غیرمتمرکز بودن بلاکچین‌ها، به معنی این است که اکثر کاربران شبکه باید با تراکنشی موافق باشند تا آن تراکنش در بلاکچین ثبت شود. در مورد شبکه و نرم‌افزارهای قدیمی، اگر سازمانی می‌خواست تغییری بدهد، می‌توانست آن را بعد از تایید قسمت‌های مربوطه در آن سازمان، اعمال کند. در مورد یک شبکه غیرمتمرکز مانند بیت‌کوین، تغییرات باید مورد موافقت اکثریت افراد شبکه باشد که ممکن است بیش از ۵۰ درصد یا حتی ۷۰ و ۸۰ درصد شبکه باشد [۷۲].

عدم توافق باعث شده که رمزارزها و شبکه‌های بلاکچین دیگری ایجاد شوند که از لحاظ تغییرات تکنولوژی سریع‌تر و کارآمدتر از بیت‌کوین باشند. عدم توافق باعث شده که شبکه بیت‌کوین به دلیل زمان‌های تراکنش و تایید کند و به دلیل مشکل مقیاس‌پذیری دچار رکود شود. فناوری مانند نرم‌افزار به طور پیوسته در طول زمان تغییر می‌کند. شبکه‌های غیرمتمرکز بلاکچین هنگامی که به توافق اکثریت دست پیدا نکنند ممکن است باعث تقسیم در جهت تغییرات شوند. حتی اگر توافق حداکثری ایجاد شود، هنوز تعداد زیادی از افراد شبکه با تغییرات داده شده موافق نیستند. همچنین شبکه‌های غیرمتمرکز می‌توانند برای سازمان‌هایی که از آن استفاده می‌کنند خطرناک باشند. یک شرکت ممکن است یک تجارت یا نرم‌افزار را روی شبکه ایجاد کند در حالی که کنترلی بر روی تغییراتی که ممکن است تجارت یا نرم‌افزار را تغییر دهد ندارد.

- **خطر حمله ۵۱ درصد**

در ادامه مشکلاتی که مطرح شد، اگر شخصی بتواند بیش از ۵۰ درصد کامپیوترهای شبکه بلاکچین را کنترل کند، می‌تواند تراکنش‌های روی بلاکچین را نیز تحت کنترل درآورد. یک کاربر خرابکار که بیش از ۵۰ درصد کامپیوترهای شبکه بلاکچین را کنترل می‌کند به عنوان "حمله ۵۱" درصد شناخته می‌شود. با پیاده‌کردن این کنترل روی شبکه رمزارز، این شخص می‌تواند از تایید تراکنش‌های جدید جلوگیری کند یا تراکنش‌ها را برگرداند و منجر به خرج شدن مجدد کوین‌ها شود [۷۲].

از آنجایی که کنترل بخش زیادی از شبکه دشوار است، حمله ۵۱ درصد روی شبکه بلاکچین تنها یک بحث تئوری است. با این حال، مزرعه‌های استخراج[1] بزرگی در چین و روسیه و دیگر نقاط دنیا وجود دارد که مقدار زیادی از توان محاسباتی شبکه‌های بلاکچین را کنترل می‌کنند. اگر این مزرعه‌های بزرگ استخراج با یکدیگر همکاری کنند، به طور بالقوه می‌توانند شبکه‌های بلاکچین را بدست بگیرند و آن‌ها را در جهت منافع خود دستکاری کنند.

- **تکنولوژی جدید تایید نشده**

[1] Mining Farms

سیستم‌های مبتنی بر بلاکچین فناوری جدید تایید نشده‌ای هستند که به طور خاص برای رمزارزها مورد استفاده قرار گرفته‌اند و هنوز خلاءای از کاربردهای موثری در بلاکچین وجود دارد. این فناوری جدید است و پتانسیل‌های بسیاری دارد ولی بیشتر کاربردهای آن هنوز بالقوه و تئوری هستند. تنها به خاطر این که این فناوری ممکن است در خیلی موارد بهتر از سیستم‌های موجود باشد، به این معنی نیست که مردم آن را نسبت به سیستم‌های موجود ترجیح می‌دهند [۷۲].

- **هزینه**

الگوریتم اثبات انجام کار که بسیاری از بلاکچین‌ها از آن استفاده می‌کنند نیازمند توان و منابع محاسباتی زیادی برای اضافه کردن بلوک به شبکه است. این اثبات به صورت جواب یک معما است که به بلوک ضمیمه شده تا شبکه تایید کند که صحیح می‌باشد. حل این معما به مقدار زیادی توان محاسباتی و الکتریکی نیاز دارد. پروفسور جان کوجیگین[1] از دانشگاه کوینزلند[2] حساب کرده است که در هر نیم ساعت شبکه بیت‌کوین به اندازه‌ی مصرف متوسط خانگی ایالات متحده آمریکا در یک سال، برق مصرف می‌کند. متوسط مصرف خانگی ایالات متحده آمریکا در هر سال بین ۱۰۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ کیلو وات ساعت است. ارزش این مقدار انرژی حدود ۱۰۰۰ دلار است که تنها منجر به تولید ۴ بیت‌کوین می‌شود [۷۲].

به دلیل هزینه‌های بالای برق برای اجرای کامپیوترها روی شبکه‌های بلاکچینی که از الگوریتم اثبات کار استفاده می‌کنند، برای کشورهایی که در آن‌ها برق ارزان است یا سازمان‌هایی که با شرکت‌های انرژی مبادلات خاصی دارند مزیت دارد. همان‌طور که معماها روی بلاکچین بیت‌کوین سخت‌تر می‌شوند، هزینه و مصرف برای اجرای یک بلاکچین با الگوریتم اثبات کار روی یک مقیاس وسیع، افزایش می‌یابد.

- **عدم مقیاس‌پذیری**

با نرخ مصرف انرژی فعلی، هزینه‌های برق اجرای یک بلاکچین که از الگوریتم اثبات کار استفاده می‌کند برای پردازش تعداد بالای تراکنش‌های کارت‌های اعتباری مانند ویزا و مسترکارت[3]، بسیار بالا بوده و در حال تبدیل شدن به یک کار غیرممکن است. این یکی از پارامترهایی است که مقیاس پذیری شبکه‌های بلاکچین را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

هر ده دقیقه یک بلوک به بلاکچین بیت‌کوین اضافه می‌شود. در حال حاضر هر بلوک حدودا ۲۰۰۰ تراکنش را شامل می‌شود که بدین معناست که شبکه بیت‌کوین هر ثانیه ۳ تراکنش را پردازش می‌کند. به دلیل محدودیت در اندازه بلوک، شبکه بیت‌کوین تنها قادر است حدودا ۷ تراکنش را در هر ثانیه پردازش کند. شرکت ویزا به همراه شرکت IMB تست‌هایی را انجام داده است که نشان می‌دهد شبکه ویزا قادر به پردازش بیش از ۲۰۰۰ تراکنش در یک ثانیه می‌باشد [۷۲].

اگر شخصی به یک مغازه رفته و از کارت اعتباری خود که به اندازه کافی موجودی ندارد برای خرید استفاده کند، سیستم کارت اعتباری، تراکنش را مردود اعلام می‌نماید. اما بلاکچین بیت‌کوین چنین مکانیسمی ندارد. یک تراکنش روی شبکه بیت کوین به اندازه حداقل ۱۰ دقیقه طول می‌کشد تا به بلاکچین اضافه شود و ممکن است قبل از تایید تراکنش، به اندازه ایجاد چند بلوک هم صبر شود تا اطمینان حاصل گردد که تراکنش تغییر نخواهد کرد. حال اگر شخصی به یک مغازه رفته و بخواهد با بیت‌کوین پرداخت را انجام دهد، صاحب مغازه شاید به اندازه یک ساعت باید منتظر بماند تا تراکنش با اضافه شدن چندین بلوک بالای بلوک حاوی تراکنش مورد نظر، تایید شود.

شبکه‌های بلاکچینی که بسیار سریع‌تر از بیت کوین هستند نیز وجود دارند. با این حال، هیچکدام عمومیت و مقبولیت بیت‌کوین به عنوان نوعی از پرداخت را ندارند. حتی بلاکچین‌ها و رمزارزهای با زمان تایید سریع‌تر نیز ظرفیت مقیاس‌پذیری در

[1] John Quiggin
[2] Queensland
[3] Master Card

سطح ویزا یا مسترکارت را ندارند. در نتیجه به دلیل مشکلات مقیاس‌پذیری، پیاده‌سازی بلاکچین در مقیاس وسیع قابل انجام نیست و باید به مرور زمان این رشد صورت گیرد.

- **مقاوم نبودن در برابر محاسبات کوانتومی**

در هسته بلاکچین دو نوع رمزنگاری وجود دارد که عبارتند از هش‌ها و کلید عمومی که برای امضای تراکنش‌ها به کار می‌روند. زمانی که بلاکچین شروع به کار کرد، به نظر نمی‌رسید محاسبات کوانتومی بتواند خطری برای آن ایجاد کند ولی با پیشرفت‌های اخیری که در این زمینه صورت گرفته وضعیت تغییر کرده است. در بیشتر بلاکچین‌ها از الگوریتم SHA-256 استفاده می‌شود که یک کامپیوتر کوانتومی به 2128 عملیات محاسباتی برای شکستن قفل آن نیاز دارد که این امر باعث می‌شود الگوریتم SHA-256 نسبت به محاسبات کوانتومی مقاوم باشد. با این حال به نظر می‌رسد که قفل الگوریتم مورد استفاده در کلید عمومی که در بیشتر موارد الگوریتم ECDSA می‌باشد توسط یک کامپیوتر کوانتومی بزرگ خواهد شکست و به این ترتیب امنیت بیشتر بلاکچین‌ها به خطر می‌افتد [۷۳].

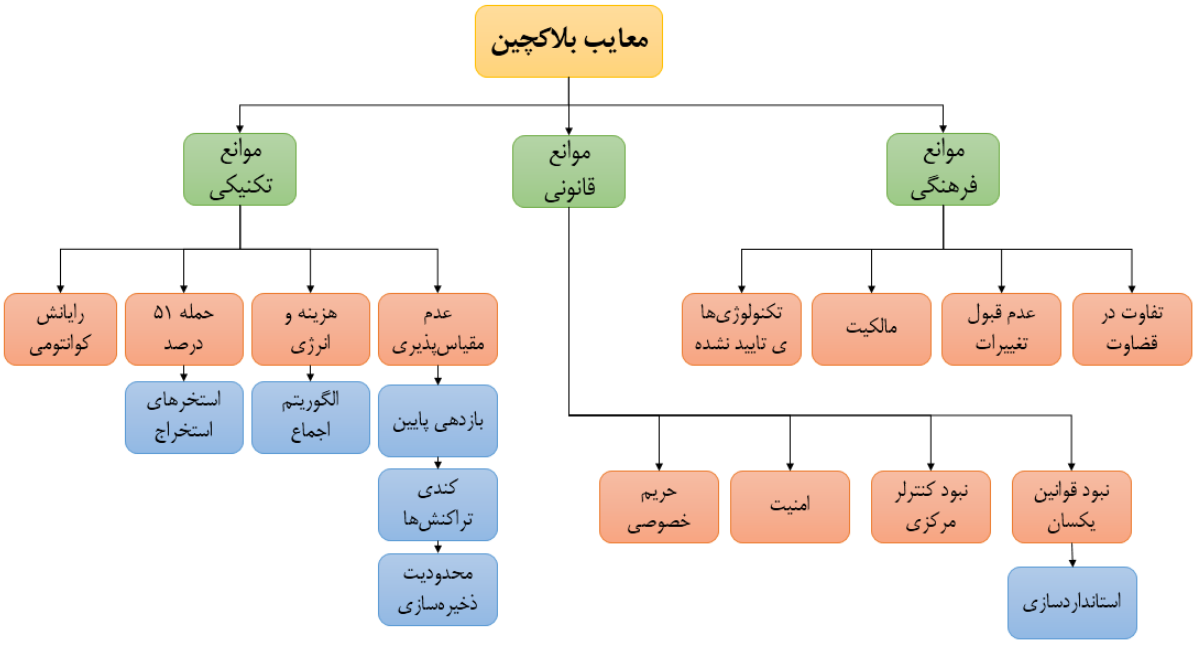
از آنجا که امروزه تلاش زیادی برای معرفی بلاکچین‌های مختلف انجام می‌شود و قرار است تا طی سال‌های آینده این بلاکچین‌ها به عنوان بستر بسیاری از فعالیت‌ها قرار گیرند، تلاش زیادی نیز برای دست یافتن به رمزنگاری مقاوم در برابر محاسبات کوانتومی درجریان است.

- **نبود تعامل بین بلاکچین‌ها و قوانین**

امروزه کاربردهای مبتنی بر بلاکچین با سرعت زیادی در حال رشد هستند که منجر به پیاده‌سازی بلاکچین‌هایی با مشخصات و ویژگی‌های مختلف می‌شود. یک مساله مهم که اینجا می‌تواند به وجود آید بحث تعامل بلاکچین‌های مختلف با یکدیگر است. به نظر می‌رسد برای رسیدن به این هدف استانداردها و قوانینی باید وضع شود که کاربران در مورد آن‌ها درک و قضاوت یکسانی داشته باشند.

همیشه در مقابل ایجاد تغییرات، مقاومت و کندی وجود دارد. از آنجا که اکثر دفاتر ثبت و موسسات مالی بزرگ دولتی یا وابسته به دولت هستند، انتقال همه آن‌ها به بستر بلاکچین کاری بزرگ و هزینه‌بری است و از طرفی بلاکچین موجب حذف بسیاری از وظایف و کاربری‌های این موسسات و سازمان‌ها خواهد شد. در نتیجه مقاومت در مقابل به‌کارگیری بلاکچین بیشتر هم می‌شود. این کار با انجام پروژه‌هایی با مقیاس کوچک در جاهای مختلف دنیا شروع شده است و این پروژه‌ها توانسته‌اند تعامل خوبی با شرکت‌های مختلف برقرار کنند. اما به دلیل خطرهایی که وجود دارد و ممکن است این بلاکچین‌ها برای موارد خلاف قانون به کار روند یا در آن‌ها خرابکاری و دستکاری انجام شود، دولت‌ها فعلا نمی‌توانند آن‌ها را در مقیاس‌های بسیار بزرگ پیاده‌کنند [۷۴].

امروزه شرایط به گونه‌ای است که مردم و بسیاری از موسسات مالی و سازمان‌ها، تابع قوانین و مقررات کشورها هستند و تا زمانی که دولت‌ها اجازه استفاده از بلاکچین و رمزارزهای مبتنی بر آن‌ها را ندهند، این پدیده به سرعت فراگیر نخواهد شد. در نهایت باید به این موضوع اشاره نمود که با وجود ویژگی‌های مثبت و بالقوه بلاکچین، بعضی از نتایجی که برای به کارگیری بلاکچین‌ها ذکر می‌شود مانند از بین رفتن دولت‌ها، از بین رفتن بانک‌ها، از بین رفتن فقر و غیره می‌تواند تنها شایعه و بزرگنمایی از کاربردهای بلاکچین باشد و نمی‌توان گفت این اتفاقات در زمان نزدیکی رخ خواهند داد [۷۲]. شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۶ معایب بلاکچین را در سه دسته تکنیکی، قانونی و فرهنگی دسته‌بندی می‌کند که جمع‌بندی از معایب مطرح شده در این بخش را ارائه می‌کند.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۶– دسته‌بندی معایب بلاکچین**

۳-۳-۲-۳- کاربردهای فناوری بلاکچین در صنعت برق

گستره برنامه‌های کاربردی بالقوه بلاکچین در بخش انرژی بسیار وسیع است و می‌تواند تاثیر بسیار زیادی بر روی فرآیندها و پلتفرم‌های این بخش داشته باشد. به عنوان مثال، بلاکچین می‌تواند هزینه‌ها را کاهش دهد و مدل‌های کسب و کار و تجاری جدیدی را فراهم کند؛ پیچیدگی، امنیت داده‌ها و مالکیت در شبکه‌ها را بهتر مدیریت کند؛ در بازار انرژی از مشتریان تولیدکننده[1] به عنوان عوامل ایجادکننده جوامع انرژی استفاده کند؛ شفافیت و اعتماد سیستم بازار انرژی را افزایش دهد؛ مسئولیت‌پذیری را ضمن حفظ الزامات حریم خصوصی تضمین کند؛ تجارت همتا به همتای مستقیم را به منظور حمایت از عملکرد بدون نوسان شبکه برق افزایش دهد؛ و پاسخگویی به تقاضاها را بهتر مدیریت کرده و چارچوب موثری را برای فرآیندهای صدور صورتحساب مصرف و عملیات انتقال انرژی ارائه دهد [۷۵]. تکنولوژی بلاکچین همچنین قادر است برای صدور گواهی مبدأ، به ویژه برای تولید انرژی سبز و منابع انرژی تجدیدپذیر، توسعه الگوهای تراکنش‌های انرژی همتا به همتا و ایجاد طرح‌های مدیریت انرژی در وسایل نقلیه الکتریکی استفاده شود. همچنین لازم به ذکر است که بلاکچین به عنوان یک فراهم کننده جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای و کربنی در بخش انرژی در نظر گرفته شده است، که باعث تسهیل حرکت به سمت منابع انرژی غیرمتمرکز شده است [۷۳]. به صورت کلی می‌توان کاربردهای بلاکچین در صنعت برق را به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

۱. عملیات شرکت‌های انرژی

a. صدور صورت‌حساب،کنترل خودکار، پردازش تراکنش، کاربردهای شبکه هوشمند و انتقال داده، اشتراک منابع (سخت‌افزار)، رقابت (سوئیچینگ انرژی) و شفافیت

[1] prosumers

۲. توسعه e-mobility به عنوان سرویس
   a. ذخیره انرژی
۳. برنامه‌های کاربردی پاسخگویی به تقاضا
۴. مدیریت و بهره‌وری انرژی
   a. نظارت و تحلیل لحظه‌ای انرژی در حال استفاده (تولید، انتقال و توزیع)
   b. دیجیتالی کردن و پلتفرم‌های اینترنت اشیاء (مصرف‌کننده- خانه هوشمند)
۵. بازار تجارت انتشار گازهای سمی
   a. گواهینامه تضمین مبدا (GoO)
۶. بازار برق
   a. بازار برق همتا به همتا (خرده‌فروشی)
      i. مدل‌های منطقه‌ای و ریزشبکه‌ها
      ii. حل مشکل عدم تعادل
      iii. نیروگاه‌های مجازی
   b. بازار برق تجارت به تجارت (عمده‌فروشی)
۷. ادغام سیستم انرژی چندگانه
۸. امنیت و حریم خصوصی کابران و داده‌ها،
   a. مالکیت و مدیریت اسناد و دارایی‌ها

٤-۳-۲-۳- چالش‌های قابل رفع توسط فناوری بلاکچین در صنعت برق

جدول **No text of specified style in document.** !Error-۳۰چالش‌های موجود در صنعت برق را که در گزارش مرحله اول مشخص شده‌اند و می‌توان با بلاکچین مرتفع کرد، به همراه یک پروژه موجود (جهت نمونه) در این زمینه نشان می‌دهد.

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	توضیح
eDREAM	اتحادیه اروپا	۲۰۱۸/۱/۱ تا ۲۰۲۰/۱۲/۳۱ ۳،۸۲۲،۱۲۵ یورو	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	این پروژه با استفاده از ثبت اطلاعات عرضه و تقاضا در بلاکچین و استفاده از قراردادهای هوشمند برای ثبت و اجرای تراکنش‌ها و تحلیل این کلان داده‌ها چارچوبی برای پاسخگویی به تقاضا ارائه می‌کند.
PROSUME	سویس	۲۰۱۶/۹/۱ تا ۲۰۲۰/۹/۳۰	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی	ارائه پلتفرم غیرمتمرکزی را برای ایجاد شبکه منعطف خودروهای الکتریکی و جمع‌آوری داده‌های آنها

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	توضیح
			شبکه قدرتبا در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT	
Filament	آمریکا	۲۰۱۷/۷/۱ تا ۲۰۱۸/۱۲/۳۱ ۶ میلیون دلار	چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	داده‌های مربوط به دارایی‌ها را از طریق شبکه اینترنت اشیاء جمع‌آوری و با ثبت آنها در بلاکچین، امکان کاربردهای مختلف مانند اشتراک‌گذاری خودرو، تعمیر و نگهداری دارایی‌ها و مدیریت آنها را فراهم می‌کند.
Poseidon	سویس	۲۰۱۷/۱/۱ تا ۲۰۲۰/۱۲/۳۱ حدود ۲ میلیون یورو	چالش ۸ – رفع چالش عدم سرمایه گذاری ذینفعان با ایجاد عاملهای انگیزشی در جهت بهبود پذیرش عمومی و مشارکت سهامداران در ارتقاء زیرساخت شبکه برق	در حال ایجاد پلتفرم مبتنی بر بلاکچین Stellar[1] است که از قراردادهای هوشمند برای تجارت و ردیابی اعتبارات کربنی استفاده کند.
Swytch	کره جنوبی	از سال ۲۰۱۷ شروع شده است	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	از اینترنت اشیاء و بلاکچین در کنار هم برای ایجاد پایداری در شبکه برق استفاده می‌کند به طوری که داده‌های مربوط به تولید انرژی‌های سبز و تجدیدپذیر را در بلاکچین ثبت می‌کند و از روش‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی برای ایجاد سیاست‌های پایدار استفاده می‌کند.
SealedGRID	یونان	۲۰۱۸/۱/۱ تا ۲۰۲۱/۱۲/۳۱ ۱،۰۸۰،۰۰۰ یورو	چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	طراحی، تحلیل و پیاده‌سازی یک پلتفرم امنیتی مقیاس‌پذیر، قابل اعتماد و تعاملی مبتنی بر بلاکچین برای شبکه هوشمند
Bittwatt	رومانی	۲۰۱۷/۶/۱ تا ۲۰۲۲/۶/۳۰ ۲۵ میلیون دلار	چالش ۱۲– بازار	امکان یافتن بهترین تامین‌کنندگان را در شرایط مختلف برای مصرف‌کنندگان هوشمند فراهم می‌کند، و بازار غیرمتمرکزی و شفاف، و رقابتی بر پایه بلاکچین را ایجاد می‌کند.

[1] پلتفرمی متن‌باز و توزیع شده برای پرداخت‌های همتا به همتا

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	توضیح
Public Solar Roofs Program	شیلی	از سال ۲۰۱۵ به مدت ۳ سال ۱۳ میلیون دلار	۱- چالش مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	هدف اصلی ارائه بستری برای تکامل بازار فتوولتائیک خورشیدی برای مصارف شخصی و فروش آن در بازارهای محلی است.
Share & Charge	آلمان	۲۰۱۷/۵/۱ تا ۲۰۲۰/۱۲/۳۱	۱- چالش مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	امکان تراکنش‌های همتا به همتا بین رانندگان خودروهای الکتریکی و صاحبان زیرساخت‌های شارژ خصوصی را بر روی بلاکچین اتریوم و قراردادهای هوشمند فراهم می‌کند.

جدول .Error! No text of specified style in document-**۳۰ پروژه‌های نمونه بلاکچین برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق**

٤-۲-۳- فناوری‌های پردازش سیگنال

با هوشمندسازی شبکه برق‌رسانی پیچیدگی‌های فراوانی به آن افزوده می‌شود. با توجه به این که سیستم‌های سنتی برق‌رسانی به اندازه کافی بزرگ و چالش‌برانگیز هستند، می‌توان متصور بود که پایش، کنترل، حفاظت، ... در این شبکه جدید چقدر مساله‌آفرین خواهد بود. جهت رویارویی با این چالش‌ها، پردازش سیگنال، ابزارهای پرقدرتی را در اختیار طراحان و مهندسین قرار می‌دهد و می‌تواند در حوزه‌های مختلف صنعت برق نقش ایفا کند: قرائت هوشمند، خودروهای برقی، کیفیت توان، تشخیص خطا، روش‌های اندازه‌گیری مدرن (Modern Instrumentation) و کنترل.

در ادامه ابتدا به روش‌های موجود جهت پردازش سیگنال معرفی می‌شوند و سپس کاربردهای مختلف این روش‌ها در صنعت برق بیان خواهند شد.

۱-٤-۲-۳- روش‌های پردازش سیگنال

ابزارها و روش‌های مؤثری جهت پردازش سیگنال وجود دارند که تاکنون در صنعت برق بکار گرفته شده‌اند و به شرح زیر می‌باشند:

۱. Autoregressive Moving Average (ARMA) [۷۶]
۲. Likelihood Ratio[۷۳]
۳. Mutual Information Ratio [۷۸]
۴. فیلتر کالمن (Kalman Filter) [۷۹]
۵. نظریه بازی (Game Theory) [۸۰]
۶. پردازش تصویر [۸۱]
۷. تکنیک‌های متکی بر گرادیان
۸. ICA (independent component analysis) [۸۲]
۹. استفاده از موجک (Wavelet) [۸۳]
۱۰. شبکه‌های عصبی

۱۱. تبدیل فوریه
۱۲. تخمین طیف (Spectral Analysis)
۱۳. تحلیل سیگنال‌های non-stationary
۱۴. تبدیل فوریه برای زمان‌های کوتاه (STFT: Short time Fourier transform)
۱۵. تشخیص الگو (Pattern Recognition)

۲-٤-۲-۳-کاربردهای پردازش سیگنال در صنعت برق

تکنیک‌های پردازش سیگنال کاربردهای فراوانی در صنعت برق دارند که در زیر به آنها اشاره می‌شود [۸۴]:

۱. کنتورهای هوشمند [۸۵، ۸۶]
   a. انجام اندازه‌گیری در حضور نویز بالا
   b. ایجاد حریم خصوصی داده‌های کنتورها
۲. استفاده در PLC ها: PLC مبتنی بر کالمن فیلتر [۸۷]
۳. کیفیت توان [۸۸،۸۹،۹۰]
   a. مدیریت بار
   b. ارتقاء کیفیت توان با استفاده از موجک‌ها
۴. تشخیص جزیره‌ها (Islanding Detection) [۹۱،۹۲]
   a. با استفاده از سیستم‌های فازی
   b. استفاده از موجک‌ها
۵. تشخیص خطا (Fault Detection) [۹۳،۹۴]
   a. با استفاده از زمان معکوس الکترومغناطیسی
   b. با استفاده از شبکه‌های سنسوری
   c. با استفاده از پارامتر سوسپتانس[1] بار
۶. خودروهای برقی[۹۵،۹۶]
   a. شارژ کنترل‌شده خودروها
۷. ابزارهای مدرن (Modern Instrumentation) [۹۷،۱۰۰]
   a. پایش هوشمند (Intelligent Monitoring)
   b. فشرده‌سازی سیگنال‌ها
   c. تخمین فرکانس
   d. مدیریت انرژی با استفاده از DSP

۳-٤-۲-۳- مزایا و معایب بکارگیری روش‌های پردازش سیگنال در صنعت برق

افزایش دقت، بهره‌وری، ضریب اطمینان و امنیت در سامانه‌های مختلف صنعت برق همگی از مزایای بکارگیری روش‌های پردازش سیگنال می‌باشند. از طرفی بکارگیری این روش‌ها تماماً نیازمند افزودن واحدهای پردازشی (نرم‌افزاری و سخت‌افزاری) به

[1] Susceptance

سیستم هستند و بالطبع آن، بسته به نوع فناوری و دامنه بکارگیری آنها مشکلات طراحی، نصب، هزینه و نگهداری را در پی خواهند داشت.

٤-٤-٢-٣- حوزه های مختلف کاربردی پردازش سیگنال

بر اساس دسته‌بندی اولیه‌ای که در این پروژه صورت گرفت، سه حوزه برای بررسی بیشتر در نظر گرفته شده که عبارتند از: ۱) پردازش تصویر. ۲) بهبود تخمین حالت سیستم. ۳) استفاده در سیستم‌های Cyber-Physical (CPS). در بخش‌های آتی به معرفی هریک از این حوزه‌ها و بررسی پروژه‌های صورت گرفته بر روی آنها پرداخته می‌شود.

١-٤-٤-٢-٣- پردازش تصویر

اصولاً تمامی بازرس‌هایی که اکنون توسط نیروی انسانی و با چشم (مسلح و یا غیرمسلح) صورت می‌گیرد، قابلیت خودکارسازی و انجام توسط پردازش تصویر را دارد. مواردی زیر را می‌توان در این راستا معرفی نمود:

۱. پایش خطوط انتقال برق توسط پهپاد و با استفاده از پردازش تصویر
۲. پایش سازه‌های استفاده شده در دکل‌های برق توسط پردازش تصویر
۳. پایش صفحات تبدیل‌کننده انرژی خورشیدی در مزارع نیروگاه‌های خورشیدی
۴. پایش وضعیت ریزگردها (به خصوص در نواحی که تجهیزات برق‌رسانی مستقر هستند) با استفاده از پردازشِ تصاویرِ جوی

لازم به توضیح است که تصاویر مورد استفاده جهت پردازش منحصر به طیف فرکانسی قابل رؤیت با چشم نیست و می‌تواند سایر طیف‌ها را نیز شامل شود؛ به عنوان مثال با استفاده از عکس‌برداری در طیف مادون قرمز، امکان رصد تجهیزات معیوب که به دلیل سوء عملکرد، دمای قسمتی از آنها بالا رفته است ایجاد می‌شود.

٢-٤-٤-٢-٣- بهبود تخمین حالت سیستم (State estimation)

تخمین حالت سیستم به صورت سنتی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از سنسورهای مختلف در SCADA و سپس انجام پردازش‌های ابتدایی (نظیر درون‌یابی)، صورت می‌گیرد. با معرفی PMUها و فراگیرشدن آنها (که به صورت روزافزون در ایستگاه‌های توزیع استفاده می‌شوند)، امکان دسترسی به داده‌ای بسیار بیشتری (فرای آنچه که قبلاً توسط SCADA گردآوری شده بودند) پدیدار شده است. با ادغام مناسب این دو مجموعه از داده‌ها، کیفیتِ تخمینِ حالتِ سیستم ارتقاء خواهد یافت و این امر با استفاده از روش‌های پردازش سیگنال محقق می‌شود.

٣-٤-٤-٢-٣- سیستم های امنیت سایبری (CPS)[1]

بررسی و تحلیل سیستم‌های CPS در مواقعی موضوعیت می‌یابند که یک پروسه فیزیکی با یک سامانه کنترلی متشکل از ادوات پردازشی دیجیتال (کامپیوترها)، شبکه(ها) و سنسورهای دیجیتالی ادغام شوند. نوعاً این سیستم‌های مرکب بسیار پیچیده بوده و بررسی تأثیراتِ ویژگی‌هایِ بخش‌هایِ دیجیتالی بر آنها روش‌های خاصی را می‌طلبد. بخش‌های مختلفی در صنعت برق (همچون بخشهای کنترلی نیروگاها) واجد اینگونه سامانه‌ها هستند و بدین منظور شایسته است که به آنها پرداخته شود.

٥-٤-٢-٣- بررسی پروژه‌های انجام شده در زمینه پردازش سیگنال

جدول **No text of specified style in document.** !Error-۳۱ پروژه های مختلف پردازش سیگنال انجام شده و ارتباط آن را با چالش ها نمایش می دهد.

[1] Cyber Physical Systems

جدول **.Error! No text of specified style in document**-۳۱- پروژه‌های انجام شده در زمینه پردازش سیگنال و ارتباط آنها با چالش ها

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
GRIDSOL	SP	EU Commission	2016-2019 3.4 M€	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ - توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرتبا در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT • چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	- تأمین برق ایمن، پاک و کارآمد با ترکیب منابع انرژی تجدیدپذیر اصلی و فناوری تحت سیستم کنترل پیشرفته به نام Dynamic Output Manager of Energy (DOME) جهت تأمین برق پایدار و کمک به ثبات شبکه - در بخشی از این پروژه که مرتبط با فناوری‌های CPS می‌شود، مدلسازی سیستمی (از فناوری‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و ذخیره‌ساز انرژی) صورت گرفته و روش‌های کنترلی پیشرفته جهت ادغام تعداد کثیری از منابع انرژی تجدیدپذیر در سیستم‌های متعارف انرژی رسانی ارائه شده‌اند.
ARROWHEAD	SP	EU Commission	2013-2017, 65 M€	چالش ۱ و ۲ چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	-بهبود کارآیی و انعطاف پذیری در مقیاس جهانی با استفاده از اتوماسیون برای پنج کاربرد: تولید (ساخت، فرآیند، انرژی)، ساختمان‌ها و زیرساخت‌های هوشمند، خودروهای برقی و بازار مجازی انرژی -در بخشی از این پروژه با استفاده از تکنیکهای پردازش سیگنال در خصوص استخراج ویژگی‌ها (Features extraction) مبادرت به کنترل یک واحد تولید لوله می‌نماید.
OSMOSE	SP	EU Comm.	2018-2021 65 M€	چالش ۱ و۲ چالش ۱۱- ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها	-ایجاد انعطاف‌پذیری برای ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر ، از طریق یک رویکرد جامع برای برقراری هم‌افزایی در بین نیازها و انعطاف‌پذیری منابع -در قسمتی از این پروژه با استفاده از روشهای پردازشی یک کنترل‌کننده

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				چالش ۳ – نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فن‌آوری اطلاعات نوین چالش ۱۲– بازار	باتری برای پشتیبانی از سرویس‌های مختلف ارائه شده است.
SWAR MGRID	SP-CPS	Germany	2015-2018 4.2 M€	چالش ۱ و چالش ۲	در این پروژه یک ابزار شبیه سازی توسعه یافته است که شبیه‌سازی شبکه‌های توزیع را با مقدار زیادی از منابع انرژی توزیع شده (DER) امکان پذیر می‌کند. هر DERدر شبکه توزیع به عنوان "Swarm Particle" شبیه‌سازی می‌شود. این ذرات از طریق ارتباطات و نیز رفتار ذاتیِ خود در تصمیم‌گیری، خودشان را سازمان‌دهی می‌کنند. روش‌های کلاسیک در هنگام شبیه‌سازی چنین سیستم‌های سایبر–فیزیکی بزرگ و پیچیده، با مشکل مواجه می‌شوند و ایشان تمهیدات محاسباتی در این خصوص را پیاده‌سازی نموده‌اند.
PEGASE	SP- S.S.	Pan European	2008-2012 13.6 M€	چالش ۱ و چالش ۲	– PEGASE یک پروژه چهار ساله است که در خصوص شبکه‌های انتقال ولتاژ بالا (و فوق العاده بالا) در اروپا و توسط کنسرسیومی متشکل از ۲۰ شریک شامل TSOها ، شرکت های تخصصی و مراکز تحقیقاتی پیشرو در تجزیه و تحلیل سیستم‌های قدرت و ریاضیات کاربردی انجام شده است. – در بخشی از این پروژه، توسعه الگوریتم‌های پیشرفته جهت ارتقاء عملکرد تخمین حالت سیستم مورد توجه قرار گرفته است.

۵-۲-۳- مقدمه‌ای بر اینترنت اشیاء

ایده اینترنت اشیا برای نخستین بار در سال ۱۹۹۹ توسط آقای کوین اشتون[1] در شرکت Procter & Gambel مطرح شد. مقصود او از این عبارت، جهانی بود که در آن هر چیزی، از جمله اشیا دارای هویت دیجیتال شوند تا بتوان آنها را با استفاده از رایانه‌های مرکزی یا تلفن‌های هوشمند کنترل و مدیریت کرد. در سال ۲۰۱۰ اتحادیه IERC[2] تعریفی در مورد اشیاء در اینترنت اشیا ارائه داده است. به این صورت که یک شیء در اینترنت اشیا دارای ماهیتی فیزیکی یا مجازی است که توانایی شناسایی شدن توسط حسگرها را دارد. انتظار ما از این اشیا این است که محیط پیرامون خود را حس کنند و با اشیاء دیگر، کامپیوترها و انسان‌ها به تبادل اطلاعات بپردازند و نسبت به داده‌های دریافتی واکنش نشان دهند. هر شیء باید مجهز به سیستمی باشد که توانایی تحلیل و ارتباط را داشته باشد تا بتواند در مفهوم اینترنت اشیا قرار گیرد.

در واقع اینترنت اشیا مفهومی محاسباتی است برای توصیف آینده‌ای نه چندان دور که در آن اشیاء فیزیکی به شبکه جهانی اینترنت متصل می‌شوند و با اشیاء دیگر ارتباط برقرار می‌کنند. در این فناوری به هر شیء یک شناسه منحصربه‌فرد (ID) و یک آدرس اینترنتی مخصوص (IP) تعلق می‌گیرد که توسط آن بتواند داده‌های خود را به مرکز پایگاه داده ارسال نماید. اینترنت اشیا شامل شبکه‌ای گسترده از اشیاء فیزیکی، قطعات الکترونیکی، نرم‌افزار، حسگرها و اتصالات است تا با استفاده از این مجموعه با دستگاه‌های دیگر تبادل اطلاعات انجام دهند و اهداف اینترنت اشیا در راستای تسهیل زندگی روزمره بشر محقق گردد.

تعامل میان اشیاء می‌تواند از طریق فناوری‌های ارتباطی محلی بی‌سیم و سیمی نظیر NFC،RFID ، WiFi ، Bluethooth، Zigbee و M-bus صورت پذیرد. حسگرها همچنین قادر به برقراری ارتباط از طریق اتصال منطقه‌ای گسترده همانند GSM، GPRS ، 3G و LTE هستند.

اینترنت اشیا بستر دریافت، ثبت و ارسال اطلاعات به‌روز و لحظه‌ای برای استفاده، تحلیل و بهبود محصولات و خدمات، برای استفاده مصرف‌کنندگان است. به‌عنوان‌مثال، با کمک اینترنت اشیا، حرکات فیزیکی و تغییرات داخلی بدن یک ورزشکار مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد. وضعیت جریان آب یک رودخانه اطلاع‌رسانی می‌شود. شناسایی یک جعبه کالا در قفسه مخصوص یک سوپرمارکت، شناسایی خودرو گم‌شده در یک پارکینگ بزرگ انجام می‌گیرد. خالی شدن بنزین در باک بنزین هوشمند یک خودروی سواری گزارش می‌شود. دریافت اطلاعات از اینکه دانش‌آموز به مدرسه رسیده است. جالب آنکه در فرآیند ارسال داده‌ها در اینترنت اشیا نیازی به تعامل انسان با انسان یا «انسان با رایانه» نخواهد بود و داده‌ها بر اساس تنظیمات انجام‌شده و در زمان‌های مشخص و به‌صورت خودکار، معمولاً به‌صورت دائم و لحظه‌ای، ارسال می‌گردند [۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳].

۱-۵-۲-۳- مزایای اینترنت اشیاء

ازجمله کاربردهای اینترنت اشیا در شهر هوشمند می‌باشد، شهر هوشمند شهری است که معیارهای زندگی هوشمند از قبیل حمل‌ونقل هوشمند، خانه‌های هوشمند، انرژی‌های تجدید پذیر و شهروند هوشمند را داشته باشد. برخی از مواردی که در یک شهر هوشمند به‌وسیله اینترنت اشیا باعث بهبود سطح زندگی می‌شود در ادامه ارائه شده است:

- ابنیه و تأسیسات هوشمند: با استفاده از حسگررها و جمع‌آوری اطلاعات می‌توان از سالم بودن ساختمان‌ها اطمینان حاصل کرد؛ و در هنگام وقوع زلزله با تشخیص به‌موقع آن جلو بسیاری از اتفاقات ناگوار را گرفت.
- گره‌های ترافیکی و مشکل پیدا کردن پارکینگ: با استفاده از نظارت بر تردد وسایل نقلیه و مشخص بودن آن‌ها در سطح شهر امکان برطرف کردن گره‌های ترافیکی ممکن است. در جاده‌ها با توجه به مجهز بودن بزرگراه‌ها به

[1] Kevin Ashton
[2] IoT European Research Cluster

سنسورهای آب و هوایی و لغزنده بودن جاده‌ها هشدارهای ضروری به راننده‌ها داده می‌شود؛ و همچنین می‌توان با توجه به دانستن موقعیت خودروها در سطح شهر پارکینگ‌های خالی موجود را مشخص کرد.

- روشنایی معابر: با استفاده از اینترنت اشیا می‌توان وضعیت عبور و مرور افراد در ساعات مختلف شب را بررسی کرد و در مواقعی از شب که در معابر رفت و آمدی وجود ندارد میزان روشنایی معابر را کاهش داد. این کار باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی خواهد شد.
- کشاورزی و محیط‌زیست هوشمند: با گسترش جوامع بشری در طول سال‌های اخیر لطمات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست وارد شده است. امید است با توسعه اینترنت اشیا بتوان تا حدودی این آسیب‌های وارده را جبران کرد. حسگرهای هوشمند زیست‌محیطی موجود در رودخانه‌ها و دریاها می‌توانند در کسری از زمان ورود مواد آلاینده به رودخانه‌ها را اطلاع دهند و مانع از آلودگی بیشتر رودخانه‌ها و دریاها شود و یا با استفاده از سنسورهای رطوبتی میزان آب دهی به باغات و مزارع را کنترل کرد و از هدر رفت بیشتر آب جلوگیری کرد.
- خانه‌های هوشمند: یکی از موارد کاربرد اینترنت اشیا در خانه‌های هوشمند آینده می‌باشد. با استفاده از این فناوری امکان کنترل از راه دور لوازم داخل خانه مهیا می‌شود و با استفاده از سیستم‌های امنیتی می‌توان از راه دور از ایمن بودن خانه‌ها اطمینان حاصل کرد و با کنترل دما، نور و رطوبت داخل خانه احساس راحتی بیشتری کرد.
- حوزه سلامت و بهداشت: ازجمله مباحثی که در حال حاضر با استفاده از اینترنت اشیا در حال انجام می‌باشد نظارت بر علائم حیاتی بیماران و سالمندان در طول روز است. پزشکان می‌توانند بیماران خود را در خارج از مراکز درمانی زیر نظر داشته باشند. در آینده با استفاده از پوشاک هوشمند گام‌های بزرگی در حوزه سلامت برداشته خواهد شد [۱۰۴].

۲-۵-۲-۳- چالش‌های اینترنت اشیا

اینترنت اشیا نیز مانند بسیاری دیگر از مفاهیم و تکنولوژی‌های جدید با چالش‌هایی همراه است. مباحثی مانند رعایت حریم خصوصی، تهیه استانداردها، کنترل و مدیریت حجم داده‌ها و غیره از جمله این چالش‌ها هستند. در ادامه تعدادی از این چالش‌ها شرح داده شده است.

- آدرس‌های اینترنتی: با توجه به‌پیش‌بینی‌های انجام‌شده تا سال ۲۰۲۰ تعداد اشیا متصل به اینترنت حدود ۲۵ تا ۵۰ میلیارد است [۱۰۵] درحالی‌که پروتکل IPV4 تنها قابلیت آدرس‌دهی ۴ میلیارد را دارد برای این منظور باید پروتکل IPV6 که قابلیت ادرس دهی در حدود 10^{38} را دارد جایگزین آن شود.
- استاندارد اینترنت اشیا: یکی از مباحث مهم در اینترنت اشیا قابلیت همکارپذیری[1] بین اجزا مختلف می‌باشد. در حال حاضر شرکت‌های بزرگ در حال ساخت تجهیزات مختلف اینترنت اشیا هستند که تنها قادر هستند با تجهیزات همان شرکت کار کند که این یکی از مشکلات این حوزه می‌باشد. یکی از راه‌کارهای برطرف کردن این مشکل تعیین استانداردی مشترک است به‌طوری‌که تجهیزات ساخته شده از شرکت‌های مختلف قابلیت همکاری با دیگر تجهیزات را داشته باشند. در حال حاضر استانداردی یکپارچه در این حوزه وجود ندارد و یکی از دلایل آن این است که سازمان‌های مختلفی در حوزه اینترنت اشیا دخالت دارند.
- تأمین انرژی منبع تغذیه: بسیاری از تجهیزات مورد استفاده در اینترنت اشیا امکان اتصال به برق شهر را ندارند و این‌یکی از مشکلات اساسی حوزه اینترنت اشیا می‌باشد. استفاده از قطعات الکترونیکی با حداقل انرژی مصرفی و

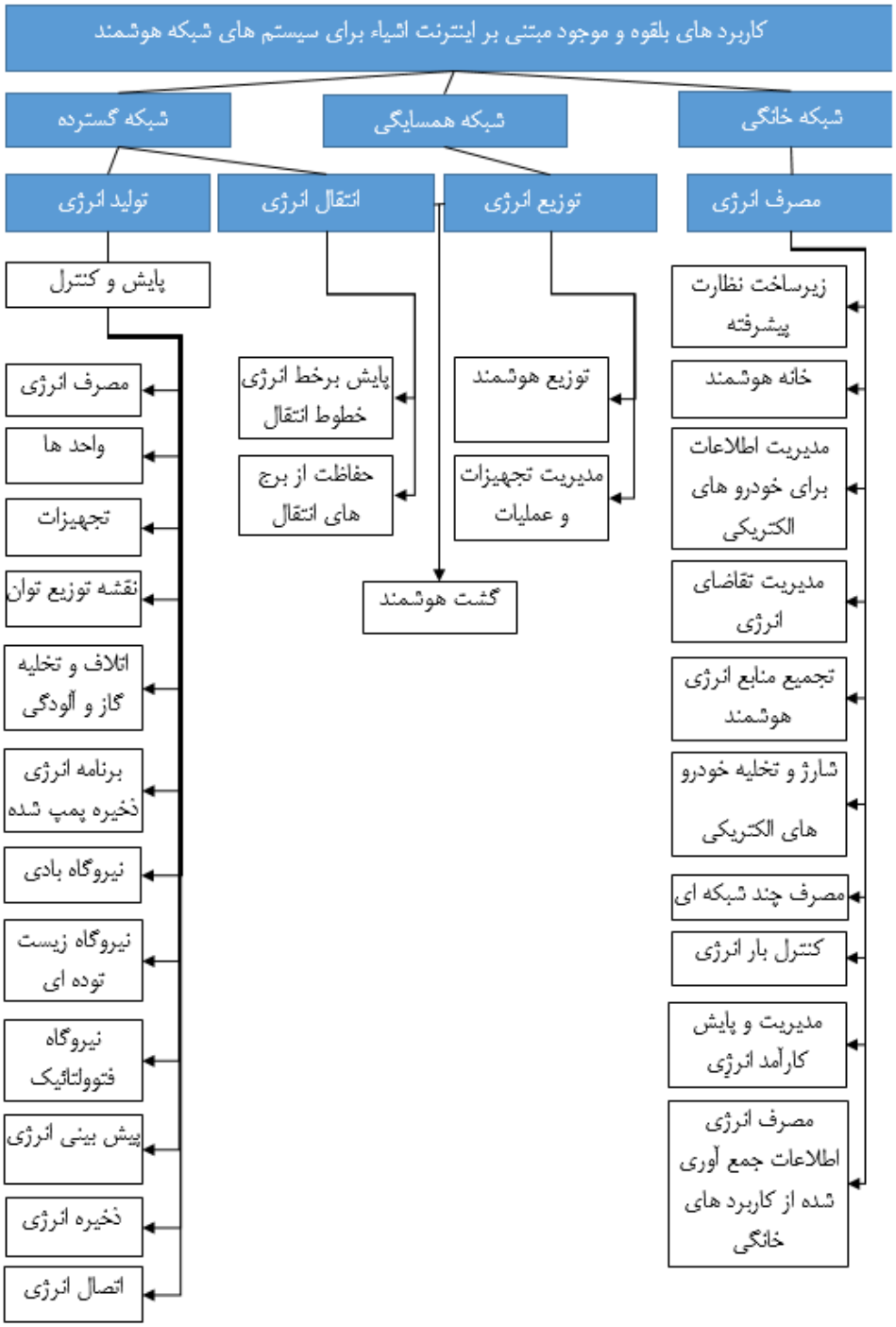
[1] Interoperatability

باطری‌های سبک با طول عمر بالا یکی از موضوعاتی است که در بسیاری از مراکز در حال تحقیق روی آن‌ها می‌باشد.

- امنیت اطلاعات و حریم خصوصی: اینترنت اشیا به یکی از مباحث مهم امنیت اطلاعات تبدیل شده است و توجه بسیاری از شرکت‌های برجسته فناوری و سازمان‌های دولتی در سراسر جهان را به خود جلب کرده است. هک کردن کنتورهای برق شهر و قطع هم‌زمان برق یک بخش از کشور می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری به وجود آورد. هک کردن لباس‌های هوشمند باعث فاش شدن بیماری افراد خواهد شد. هک شدن اطلاعات در حوزه اینترنت اشیا تنها به دارایی و اموال مربوط نمی‌شود بلکه باعث به خطر افتادن سلامتی و جان افراد نیز می‌شود [۱۰۵].

۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیاء در صنعت برق و انرژی

شکل **.style in document**-۳۲کاربردهای اینترنت اشیاء در شبکه هوشمند برق را نشان می‌دهند [۱۰۶]. و جدول Error! **No text of specified style in document.**-۱۷ Error! **No text of specified**



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۷ – کاربرد های شبکه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء [۱۰۶]**

زیر حوزه شبکه هوشمند	حوزه شبکه هوشمند	کاربرد
انتقال انرژی۱	شبکه گسترده۲	حفاظت از برج های انتقال
انتقال انرژی	شبکه گسترده	پایش خطوط انتقال
توزیع انرژی۳	شبکه همسایگی۴	گشت هوشمند
مصرف انرژی۵	شبکه خانگی۶	خانه هوشمند
مصرف انرژی	شبکه خانگی	سیستم مدیریت اطلاعات برای خودرو های الکتریکی
مصرف انرژی	شبکه خانگی	خواندن از راه دور خودکار
مصرف انرژی	شبکه خانگی	منابع انرژی توزیع شده
مصرف انرژی	شبکه خانگی	مدیریت تقاضای انرژی

جدول .Error! No text of specified style in document-**۳۲** **کاربردهای شبکه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء**

[۱۰۶]

همانطورکه در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۷ مشخص شده است، کاربردهای اینترنت اشیاء در صنعت برق در قالب سه بخش کاربردها در شبکه HAN، NAN و WAN دسته‌بندی شده‌اند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند [۱۰۶].

۱-۳-۵-۲-۳- کاربرد های اینترنت اشیا در Home Area Networks(HANs)

در این حوزه به منظور بهبود مصرف انرژی۷ راه حل‌هایی پیشنهاد شده که برخی از آنها در ادامه توضیح داده می‌شوند.

- **خانه‌های هوشمند**[8]: اینترنت اشیا نقش انکارناپذیری بر کنترل لوازم خانگی دارد. کنترل بیشتر، امکان صرفه‌جویی انرژی را فراهم می‌کند. تعامل خانه‌های هوشمند با شبکه برق می‌تواند باعث صرفه جویی‌های سراسری در کل شبکه شود. به عنوان مثال در خانه هوشمند می‌توان با جابجا کردن زمان اوج مصرف هر خانه از زمانی که اوج مصرف در شبکه برق رخ می‌دهد، بار شبکه را کاهش داد. ابعاد دیگری مانند ابعاد امنیتی نیز می‌تواند بهبود یابد. از سوی دیگر امکان بررسی مصرف لوازم خانگی یک خانه هوشمند از طریق تعامل با شبکه برق نیز وجود دارد.
- **سیستم مدیریت اطلاعات برای وسایل نقلیه برقی**[9] اینترنت اشیا تأثیر وسیعی بر تولید، توزیع و نظارت بر شارژ خودروهای برقی دارد. از سوی دیگر این فناوری می‌تواند در جهت کمک به کاربران برای یافتن منابع انرژی الکتریکی کمک کند که می‌توان با در نظر گرفتن تأخیر و تعداد کاربران سیستم در جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی و زمان تلف شده کاربران نیز اقدام نمود.

---

[1] Power Transmission
[2] Wide Area Networks (WANs)
[3] Power Distribution
[4] Neighborhood Area Networks (NANs)
[5] Power Consumption
[6] Home Area Networks (HANs)
[7] Energy Consumption
[8] Smart Home
[9] Information Management System for Electric Vehicles

- **زیرساخت اندازه‌گیری پیشرفته (AMI[1]):** یکی از مشکلات جمع‌آوری و نظارت به اطلاعات مصرف‌کنندگان، عدم دقت و برخط نبودن روش‌های موجود است. به کمک اینترنت اشیا اندازه‌گیری برخط و از راه دور میزان برق مصرفی امکان‌پذیر است که از طریق کنتورهای هوشمند نیز هم اکنون در حال انجام است.
- **ادغام منابع انرژی پراکنده (DERs[2]):** تولیدکنندگان انرژی‌های تجدیدپذیر مانند سلول‌های خورشیدی، سلول-های فتوولتائیک و توربین‌های بادی به تدریج با هم ادغام می‌شوند. این منابع اخیراً در شبکه برق مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند و می‌توانند باعث کاهش گازهای گلخانه‌ای شوند. اینترنت اشیاء با تعبیه حسگرهای متعدد امکان رصد منابع انرژی تجدیدپذیر که می‌تواند با منشاء آب و هوا نیز باشند را بیش از پیش فراهم می‌کند و امکان مدیریت مقرون‌به‌صرفه این انرژی‌ها را فراهم می‌سازد.
- **مدیریت تقاضای برق[3]:** اینترنت اشیا امکان مدیریت مسائل مربوط به تقاضای برق را فراهم می‌کند. اینترنت اشیاء با استفاده از تعامل ابزارهای نصب شده در خانه‌های هوشمند و شبکه هوشمند برق می‌تواند انواع روش‌های بهینه‌سازی را در سطح مشتریان شبکه اجرا نماید. بهینه‌سازی در سطح مشتریان، امکان حفظ حریم خصوصی کاربران را نیز به هنگام بهینه‌سازی را فراهم خواهد آورد [۱۰۶].

۲-۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیا در Neighborhood Area Network (NANs)

در این حوزه به منظور بهبود توزیع انرژی[4] راه‌حل‌هایی پیشنهاد شده که برخی از آنها در ادامه توضیح داده شده اند.

- **توزیع هوشمند[5]:** شبکه توزیع هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء باعث افزایش قابلیت اطمینان شبکه، بهبود کیفیت، سازگاری، تعامل بهتر، انعطاف‌پذیری و بهبود کارایی خواهد شد. مؤلفه‌های اینترنت اشیاء امکان رصد اختلالات و مشکلات شبکه برق را با استفاده از طیف وسیع حسگرها (دما، رطوبت و...) در حوزه توزیع به صورت برخط ایجاد خواهند کرد در نتیجه امکان ایمن‌سازی شبکه توزیع مقدور خواهد بود.
- **گشت هوشمند[6]:** گشت‌زنی در تولید، انتقال و توزیع برق در گذشته یک کار غیراتوماتیک بوده است که یک فرآیند زمانبر و پرخطا محسوب می‌شود و باید در دوره‌های زمانی مشخص انجام شود. تجهیزات اینترنت اشیاء نوید یک فرآیند گشت‌زنی هوشمند و برخط را با بهبود ثبات، کارایی و قابلیت اطمینان خواهد داد که به واسطه استفاده از موقعیت‌یاب‌ها فرآیند نظارت را بهبود می‌دهد و به واسطه استفاده از حسگرها بررسی‌های محیطی را بهبود می‌بخشد [۱۰۶].

۳-۳-۵-۲-۳- کاربردهای اینترنت اشیا در Wide Area Network (WANs)

در این حوزه به منظور بهبود تولید و انتقال انرژی راه‌حل‌هایی پیشنهاد شده که برخی از آنها در ادامه ارائه شده‌اند.

- **محافظت از برج انتقال[7]:** محافظت از برج‌های انتقال یک مسئله مهم محسوب می‌شود. سرقت و تخریب قطعات ناشی از بلایای طبیعی و شرارت‌های انسانی ممکن است باعث اختلال در عملکرد برج انتقال شود که باعث

[1] Advanced Metering Infrastructure
[2] Distributed Energy Resources
[3] Power Demand Management
[4] Energy Distribution
[5] Smart Distribution
[6] Smart Patrol
[7] Transmission Tower Protection

ایجاد مشکلات محلی و سراسری می‌شود. اینترنت اشیاء به واسطه نصب حسگرهای متعدد نظارتی (دما، لرزش، سرقت و...) امکان پیاده‌سازی مکانیزم‌های امنیتی بیشتر را خواهد داد. امکان ایجاد سیستم‌های هشدار به کاربران نیز در صورت تخریب برج و یا خطرات محیط زیستی نیز وجود دارد.

- **نظارتِ برخط خطوط انتقال نیرو[1]:** نظارت برخط خطوط انتقال نیرو یکی از کاربردهایی است که توسط اینترنت اشیاء دچار تغییرات و تحولات وسیعی شده است. بلایای طبیعی و سوانحی که بر روی خطوط انتقال رخ می‌دهد را می‌توان توسط حسگرهای اینترنت اشیاء به سرعت شناسایی کرد و در ادامه امکان تعمیر و نگهداری نیز به سرعت فراهم خواهد شد [۱۰۶].

٤-٥-٢-٣- چالش های مرتفع شده توسط فناوری اینترنت اشیا

در این بخش بر اساس کاربردهای مختلف فناوری اینترنت اشیا به بیان پروژه‌هایی پرداخته خواهد شد که در رفع چالش های صنعت برق و انرژی موثر خواهند بود. این پروژه ها در قالب جدول Error! **No text of specified style in document.**-۳۳ بیان شده اند.

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
سنسور هوشمند چندکاره [۱۰۷]	آلمان/Genius	۲۰۱۲	چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	این سنسور دارای مجموعه ای از چند سنسور شامل سنسور دود، سنسور تشخیص حرکت، سنسور شدت نور می باشد که بر اساس سناریوهای تعریف شده برای آن به صورت هوشمند فرامینی را برای تجهیزات مختلف از طریق فرستنده امواج مادون قرمز ارسال می‌کند.
کلید هوشمند روشنایی [۱۰۸]	Switchmate	۲۰۱۷	چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	این تجهیز مانند یک درپوش بر روی کلیدهای برق سنتی نصب شده و کاربر قادر به کنترل کلید برق از طریق اپلیکیشن نصب شده روی گوشی هوشمند خود خواهد بود. همچنین این تجهیز دارای سنسور تشخیص حرکت می باشد که به محض ورود شخص به اتاق چراغ را روشن می‌کند و به محض خروج چراغ را خاموش می کند.
کنتورهای برق، آب و گاز هوشمند [۱۰۹]	آلمان / elster	۲۰۱۱	چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	استفاده از کنتور هوشمند یکی از نیازهای اساسی شبکه هوشمند می باشد. در بسیاری از کشورها هوشمند سازی کنتورهای برق، روش قرائت از

[1] Online Monitoring of Power Transmission Lines

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
			چالش ۶ – تعامل و اتصال شبکه برق با دیگر شبکه‌های انرژی چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	راه دور را جایگزین روشهای قدیمی نموده اند.این کنتور ها قادر به محاسبه میزان مصرف برق به صورت لحظه ای بوده و میتواند این اطلاعات را در خود ذخیره و از طریق مدیای ارتباطی و تجهیزات نصب شده روی کنتور اطلاعات را به مرکز کنترل ارسال نماید. این اطلاعات معمولاً در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه ای و یا ۱ ساعته ثبت شده و حداقل روزی یکبار به سیستم مرکزی جهت نظارت، کنترل و صدور صورتحساب ارسال میشود. کنتور هوشمند همچنین قادر است این اطلاعات را تجزیه و تحلیل نموده و از آنها یک گزارش کامل تهیه نماید. شرکت الستر آلمان یکی از شرکتها در زمینه ساخت کنتورهای برق، آب و گاز میباشد. که در ده سال اخیر، بیش از ۲۰۰ میلیون دستگاه اندازه گیری تولید کرده است. شرکت الستر محصولات و خدمات خود را در بیش از ۱۳۰ کشور جهان در زمینه های مختلف آب، برق، گاز و تولیدات چند منظورهای برای کاربردهای مسکونی،تجاری، صنعتی، انتقال و توزیع ارائه میکند.
ایستگاه شارژ خودرو برقی [۱۱۰]	آمریکا/Chargepoint	۲۰۱۷	چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	با ارائه گزارش‌های لحظه‌ای، راننده را از میزان شارژ باتری باقی‌مانده مطلع می‌کند. این کار به‌وسیله برنامه کاربردی نصب شده روی خودرو و هم‌چنین تلفن همراه راننده صورت می‌گیرد. هم‌چنین این برنامه کاربردی نزدیک‌ترین ایستگاه شارژ الکتریکی را به راننده معرفی می‌کند تا در کمترین زمان ممکن باتری ماشین خود را شارژ نماید.
Cleantech [۱۱۱]	آمریکا	۲۰۱۷	چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های	در شهر سندیه گو، دولت طرحی به نام Cleantech به‌منظور ایجاد

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
			ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	شهری هوشمند و پاک بر مبنای انرژی‌های پاک انجام داده است. در این پروژه، از انواع فناوری‌های اینترنت اشیا جهت دستیابی به شهر هوشمند استفاده شده است. برای اجرای این طرح در سراسر شهر وای فای رایگان، ال ای دی‌های هوشمند، ۵۸ ایستگاه شارژ عمومی، ۷۲ ایستگاه شارژ سریع مخصوص مناطق شلوغ تعبیه شده است. جهت کاهش آلودگی تمام امکانات از انرژی خورشیدی استفاده میشود.
پروژه Drive charge & [۱۱۲]	نروژ/Fortum	۲۰۱۶	چالش ۱۱- ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	پروژه Charge & Drive یک سیستم کامل را برای شارژ سریع خودروهای الکتریکی با روش پرداخت آسان از طریق پیامک، تگ RFID یا برنامه وب ارائه می‌دهد. علاوه‌براین، سرویس نظارت و بهره‌برداری از ایستگاه‌های شارژ برای بهبود دسترسی و افزایش کارایی اجازه می‌دهد تا آن‌ها را از راه دور مدیریت و کنترل کنند. این سرویس همچنین اطلاعاتی راجع به مکان شارژرها را به رانندگان خودروهای برقی ارائه می‌دهد.
بزرگراه برقی [۱۱۳]	آلمان/Siemens	۲۰۱۲	چالش ۱۱- ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	در این طرح کامیون‌های برقی/دیزلی در حال حرکت، جریان الکتریکی لازم جهت حرکت خود را، به‌واسطه تجهیزات مخصوصی که بر روی سقف آن‌ها تعبیه‌شده از طریق خطوط هوایی انتقال برق دریافت می‌کنند. در طول این مدت تمام جزییات از طریق بستر اینترنت برای راننده و مرکز کنترل قابل مشاهده می باشد.
پیاده‌رو هوشمند مولد انرژی [۱۱۴]	انگلستان/Pavegen	۲۰۱۷	چالش ۱۱- ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها	شرکت فناوری Pavegen نخستین پیاده‌رو هوشمند انگلستان را در شهر لندن ایجاد کرده است. این پروژه قادر است اطلاعات دقیق از مقدار توان تولیدی و حجم عبور و

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
			چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	مرور افراد را به مرکز کنترل ارسال نماید. مقدار برق تولیدی توسط این پیاده‌رو از طریق برنامه‌ای که روی گوشی موبایل نصب می‌شود قابل مشاهده است. انرژی تولید شده توسط این پیاده‌رو برای تأمین انرژی چراغ‌های روشنایی استفاده می‌شود. هر یک از پنلهای به کار رفته در این پروژه با ابعاد ۵۰۰ میلیمتر مربع قادر به تولید ۵ وات انرژی الکتریکی می‌باشند.
SmartPole Street lighting [۱۱۵]	آمریکا/ Philips, Ericsson	۲۰۱۵	چالش ۱۱- ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	دو شرکت فیلیپس و اریکسون به طور مشترک برای نخستین بار تعداد ۱۰۰ تیر چراغ برق مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در شهر لوس‌آنجلس آمریکا نصب کرده‌اند. مهمترین کاربرد این تیرهای چراغ برق تأمین روشنایی معابر می‌باشدکه با توجه به اعمال سناریوهای مختلف روشنایی باعث صرفه‌جویی در مصرف برق می شود. ویژگی دیگر این تیرهای چراغبرق قرارگیری آنتن‌های 4G بر روی آنها می‌باشد. در راستای این پروژه با استفاده از فناوری موبایل، نظارت و کنترل روشنایی معابر برخی از مناطق شهر لوس‌آنجلس انجام می‌شود.
کیت اندازه‌گیری هوشمند TI [۱۱۶]	Texas Instrument آمریکا	محصول	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	میکروکنترلرهای کنتورهای هوشمند نیاز دارند تا از قابلیت‌های پیشرفته نرم‌افزاری شامل پاسخگویی به تغییرات قیمت و پاسخ تقاضای پویا، قابلیت قطع و وصل شدن به صورت بی‌سیم، امنیت شبکه و به‌روزرسانی از راه دور پشتیبانی کنند تا تکنسین‌ها موظف نباشند هر دفعه به کنتورها مراجعه کنند. در این زمینه TI یک کیت اندازه‌گیری هوشمند بر پایه MSP430F6679 SoC ارائه داده است که با حافظه بالاتر و anti

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				tampering protection -، ویژگی‌های گفته شده را دارا می‌باشد
GE APM/SRP [۱۱۷]	منطقه فینیکس، آریزونا، آمریکا	محصول	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT	در این پروژه ۱۲ نیروگاه از انواع برق‌آبی، بادی، خورشیدی، گازی، گرمایش از زیر پوسته زمین، هسته‌ای و زغال‌سنگی استفاده شده است. از اهداف این پروژه، دسترسی به داده‌های همه نیروگاه‌هایشان برای مدیریت خاموشی و همچنین گسترده کردن کنترل تجهیزات در سطح انتقال و توزیع است. در این پروژه با استفاده از محصول APM شرکت GE، و کنترل دما، بار، فشار، لرزه و شرایط محیطی مزایای زیر به ارمغان آمد: – با تحلیل داده‌ها قبل از بروز مشکل از بروز آن جلوگیری شد. – باعث افزایش کارایی سیستم شد. – باعث صرفه‌جویی ۰.۵ میلیون دلاری سالانه شد
ابزار مدیریت شبکه توزیع‌شده شرکت GE [۱۱۷]	شرکت تولیدکننده: General Electrics محل اجرا: شرکت PG&E آمریکا	محصول	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT چالش ۳ – نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فن‌آوری اطلاعات نوین چالش ۱۱- ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها	حوزه فعالیت شرکت PG&E تولید انرژی از منابع پراکنده شامل سلول‌های خورشیدی و باتری‌هایی است که در سطح شبکه برای ذخیره‌سازی استفاده می‌شوند. این شرکت با بهره گیری از ابزار مدیریت شبکه توزیع‌شده شرکت GE ، توانسته است محیطی امن و کارا را برای شبکه توزیع‌شده فراهم کند. این ابزار با بهره‌گیری و تحلیل داده‌هایی که از منابع تولید پراکنده و تجهیزات ذخیره‌سازی بدست می‌آورد، ابزارها را کنترل و پیشنهاداتی را برای بهبود عملکرد کل سیستم پیشنهاد می‌دهد.

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
ابزارهایHistorian و iFix شرکت GE [۱۱۷]	شرکت تولیدکننده: General Electrics محل اجرا: دانشگاه کرنل، ایتاکا، نیویورک، آمریکا	محصول	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	مزایایی که این ابزارها در این پروژه ایجاد کرده‌اند: مدیریت زمان واقعی تجهیزات در کل سطح دانشگاه با تحلیل داده‌ها پیشنهادهایی را برای بهبود مصرف انرژی و کاهش زمان عیب‌یابی و از کار افتادگی تجهیزات ارائه می‌دهد. با کنترل دوربین‌های نظارتی، پمپ‌ها، تجهیزات الکتریکی و سنسورهای فشار باعث بهبود عملکرد تجهیزاتی می‌شود که از دریاچه آب خنک کنار دانشگاه برای صرفه‌جویی در انرژی استفاده می‌کنند. – با بررسی اطلاعات بدست آمده از تجهیزات متصل به SCADA مانند PLCها که در تولید برق نیروگاه واقع در دانشگاه استفاده می‌شود، تحلیل‌هایی را به صورت زمان واقعی از طریق پرتال وب در اختیار عموم از جمله اساتید دانشگاه و دانشجویان قرار می‌دهد تا آن‌ها نیز بتوانند در بهبود کارایی سیستم پیشنهاداتی را ارائه کنند. – با تحلیل داده‌ها، نمودارها و گزارش‌هایی را از وضعیت کارایی تأسیسات دانشگاه ارائه می‌کند که در وب و موبایل قابل رؤیت هستند.
IBM Maximo [۱۱۹، ۱۲۰]	شرکت تولیدکننده: IBM محل اجرا: اداره برق تنسی ، آمریکا	محصول	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	با استفاده از این ابزار این شرکت توانست اعمال پیشگیرانه‌ای در مراقبت از تجهیزات انجام دهد، همچنین با انتقال داده کنتورهای هوشمند به Maximo توانست کنترل را به صورت شرطی انجام دهد (مثلاً با مشخص کردن محدوده مجاز پارامترهای برق، در صورت خروج از محدوده عملیات مناسب را انجام دهد). در بخش مرتبط با مستندات مرتبط با تکمیل کار (مانند دستورعمل‌ها، نقشه‌های مهندسی،

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				داده‌های مربوط به خرید و تعمیرات تجهیزات، راهنماهای مرتبط با ایمنی کار و غیره)، می‌توان از پورتال اصلی شرکت به تمامی این موارد دسترسی داشت. با یکپارچگی اطلاعات مرتبط با تجهیزات، تکنسین‌ها می‌توانند در صورت خرابی یک تجهیز، به راحتی یک رکورد سرویس را در سیستم ثبت کنند، شرایط گارانتی قطعه را و وجود آن قطعه در انبار را بررسی کنند.
City of Mannheim [۱۱۹، ۱۲۰]	شرکت‌های IBM و MVV Energie AG، محل اجرا، منهیم، آلمان	۲۰۱۳	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	این شرکت با همکاری با سرویس IBM Business Global، مدلی به نام City of Mannheim را ارائه داده است. در این مدل تکنولوژی‌ها و پروسه‌های مرتبط با زیرساختی تعریف شده‌اند تا از روابط جدیدی بین ژنراتورها، توزیع‌کننده‌ها و مصرف‌کنندگان ایجاد کنند. یکی از Use Caseهای راهکار این شرکت این است که مشترکین می‌توانند قیمت برق را به صورت زمان واقعی در خانه خود ببینند. همچنین با گزارش‌ها، تحلیل‌ها و الگوریتم‌های جدید، مشترکین قادر خواهند بود بهینه‌سازی‌های بهتری را اعمال کنند. به عنوان مثال وسایل سرمایشی مانند یخچال به نحوی تغییر می‌کنند که می‌توانند در ساعت غیر پیک، بیشتر کار کنند و سرمای بیشتری را ذخیره کنند تا در ساعات اوج مصرف، کمتر کار کنند. این مدل به نام ذخیره‌سازی توزیع شده سرمایی شناخته می‌شود.
ساخت نمونه اولیه مدیریت انرژی خانه[۱۲۱]	امریکا (دانشگاه میزوری)	۲۰۱۵	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	هدف از این نمونه اولیه فعال کردن کاربر به شکلی بوده است که بطور پویا وسایل را در دو مکان کنترل و مدیریت کند. نمونه اولیه این پروژه سرور را قادر می‌سازد که خط مشی انرژی را به شکلی فعال کند که می‌تواند باعث کنترل فرایند خاموش یا

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				روشن کردن وسایل برقی در دو مکان پس از تشخیص تغییرات در موقعیت مکانی کاربر باشد. این مکانیزم به کاربران کمک می‌کند که امکان پیاده سازی سیاست‌هایی که باعث صرفه جویی در انرژی میشود را بدون زحمت زیاد داشته باشند.
ساخت نمونه اولیه برای ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر و غیر قابل تجدید در خانه [۱۲۲]	هندوستان(موسسه ملی تحقیقاتی)	۲۰۱۴	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱۱- ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها	هدف این پروژه ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر و غیر تجدیدپذیر با توجه به شرایط مصرف‌کنندگان است. کنتورهای هوشمند به منابع انرژی تجدیدپذیر و غیر تجدیدپذیر متصل هستند. این کنتورها با اتصال یکپارچه با ابزارهای اینترنت اشیاء امکان تغییر نوع منبع مصرفی توسط خانه‌ها (از غیر تجدید پذیر به تجدید پذیر و برعکس) را با توجه به شرایط برخطی که بر شبکه هوشمند برق تاثیر دارد را تامین می‌کند.
ساخت نمونه اولیه سیستم نظارت بر لوازم خانگی [۱۲۳]	ایتالیا(دانشگاه پیزا)	۲۰۱۵	چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	هدف این پروژه استفاده از ابزارهای اینترنت اشیاء در تعامل با خانه‌های هوشمند است. این پروژه نه تنها قابلیت اندازه گیری از راه دور را ایجاد می‌کند بلکه بستری برای تحلیل و کاوش داده‌ها و تصمیم گیری مبتنی بر آنها را نیز ایجاد می‌کند که این امر می‌تواند باعث بهبود فرآیندهای تصمیم گیری سنتی شود.

جدول .Error! No text of specified style in document-۳۳ پروژه ها و چالش های مرتفع شده توسط فناوری اینترنت اشیا

۶-۲-۳- محاسبات رایانش ابری

عبارت «رایانش ابری[1]» از ترکیب دو کلمه رایانش و ابر ایجاد شده است. ابر در اینجا استعاره از شبکه یا طیفی از شبکه‌های وسیع مانند اینترنت است که کاربر معمولی از پشت صحنه و آنچه در پی آن اتفاق می‌افتد اطلاع دقیقی ندارد (مانند ابر). رایانش ترجمه کلمه Computing است که در بعضی متون به جای رایانش از محاسبات و پردازش استفاده شده است [۱۴۰].

[1] Cloud Computing

برای درک مفهوم رایانش ابری تعاریف بسیار زیادی وجود دارد:

یک ابر، در حقیقت سری گسترده از رایانه هایی است که به یکدیگر متصل شده‌اند و بعنوان یک اکوسیستم واحد به فعالیت می‌پردازند. ابرها به گونه‌ای پیکربندی می‌شوند تا یک یا چند نوع سرویس به‌خصوص (نظیر ذخیره‌ی داده، تحویل محتوا، یا اپلیکیشن‌ها) را به‌گونه‌ای ارائه کنند که کاربران بتوانند از راه دور به این سرویس‌ها دسترسی داشته باشند. تصور کنید که یک فضای ذخیره‌سازی بر روی یک سرور اجاره کرده‌اید. اگر این سرور به صورت واحد و بدون هیچ ارتباطی با سایر سرورها وظیفه‌ی نگهداری و پردازش داده‌های شما را بر عهده داشته باشد ممکن است بارها و بارها بنا بر دلایل مختلفی از به‌روزرسانی سیستم‌عامل گرفته تا مشکل سخت‌افزاری با نقصان مواجه شود. حال اگر مجموعه وسیعی از رایانه ها را به گونه‌ای سازمان‌دهی کنیم که بار پردازشی و ذخیره‌سازی در بین آن‌ها سرشکن شده و بصورت پویا تقسیم شود نتیجه چه خواهد شد؟ مسلماً پایداری بی‌نظیر یکی از خصیصه‌های اصلی این اقدام خواهد بود؛ و این همان ابر است.

رایانش ابری فناوری است که در آن زیرساخت‌ها، سکوها و نرم‌افزارهای کاربردی به عنوان سرویس‌هایی تحت یک مدل پرداخت برمبنای استفاده، برای کاربران ابر فراهم می‌شوند. رایانش ابری به برنامه‌ها و سرویس‌هایی اشاره دارد که در یک شبکه‌ی توزیع‌شده اجرا می‌شوند و از منابع مجازی استفاده می‌نمایند، همچنین از طریق پروتکل‌های رایج اینترنت و استانداردهای شبکه قابل دسترس هستند.

مؤسسه ملی استاندارد و فناوری ایالات متحده رایانش ابری را این‌گونه تعریف می‌کند: «رایانش ابری مدلی برای ارائه سرویس به صورت سریع و در لحظه از منابع پردازشی و قابل تنظیم بر بستر شبکه است، که توسط سرویس‌دهنده ایجاد و با حداقل نیاز به مدیریت منابع، توسط سرویس‌گیرنده دریافت می‌شود».

۱-۶-۲-۳- مزایای رایانش ابری

یکی از مهمترین مزایا، انعطاف‌پذیری رایانش ابری است که به کاربران اجازه می‌دهد در هر زمان به تناسب نیاز خود منابعی را خریداری کنند؛ همین مسئله به کاربران کمک می‌کند تا از هزینه‌های اضافی برای منابعی که نیاز چندانی به آن‌ها ندارند خلاص شوند. یکی از مثال‌های قابل توجه در این زمینه، سرویس جریان‌سازی ویدئوی[1] Netflix است؛ این شرکت از سرویس‌های ابری شرکت Amazon استفاده می‌کند. Netflix در ساعات اوج استفاده‌ی تماشاگران از سرویس خود، منابع ابری بیشتری را مورد استفاده قرار می‌دهد و در ساعات دیگر از منابع کمتری بهره‌برداری می‌کند. تصور کنید به جای استفاده از سرویس‌های Amazon، Netflix از مراکز داده اختصاصی خود استفاده می‌کرد؛ نه تنها این شرکت مجبور بود هزینه‌ی زیادی برای ایجاد و نگهداری از این مراکز داده صرف کند، بلکه همچنین در ساعات کاهش تعداد تماشاگران، بخش زیادی از توانایی این مراکز داده بلااستفاده می‌ماند.

تطبیق‌پذیری نیز مزیت دیگر رایانش ابری است که به سرویس‌هایی نظیر Netflix و ActiveVideo اجازه می‌دهد محتوای خود را در دستگاه‌های متخلف نظیر رایانه‌های شخصی، تلفن‌های همراه و... ارائه دهند.

علاوه بر انعطاف‌پذیری، ارائه‌ی ابزارهای تحلیلی یکی از برتری‌های رایانش ابری است. یکی از کسب‌وکارهایی که با کمک رایانش ابری بهره‌وری خود را افزایش داده، وب سایت Etsy است که به خرید و فروش کالاهای دست‌ساز می‌پردازد. به لطف فناوری ابری، Etsy می‌تواند داده‌های مربوط به خرید و فروش کالاهای خود را تحلیل و پیشنهادات متناسب را به کاربرانش ارائه کند.

رایانش ابری پیچیدگی استفاده از خدمات را نیز کاهش می‌دهد، از آنجا که کاربران تنها با محصول نهایی سر و کار دارند، نیازی به فراگرفتن دانش فنی چندانی نخواهند داشت. برای مثال سرویس Cloud Print از شرکت زیراکس، به کاربران اجازه

[1] Video Streaming

می‌دهد بدون نیاز به آشنایی با دستگاه‌های چاپ و روش‌های آماده‌سازی اسناد چاپی، بتوانند اسناد مورد نظرشان را به چاپ برسانند. به کمک سرویس‌های ابری، پیچیدگی‌های فنی از دید کاربر پنهان شده و استفاده از خدمات آسان می‌شود.

دستیارهای هوشمندی نظیر Alexa و Siri نیز به سرویس‌های ابری وابسته‌اند؛ این دستیارهای هوشمند می‌توانند مسئولیت‌هایی نظیر ارسال پیام، برقراری تماس و برنامه‌ریزی جلسات را انجام دهند. چنین امکاناتی می‌توانند باعث افزایش بهره‌وری در محیط‌های تجاری شوند. در نهایت باید گفت، استفاده از انواع مختلف خدمات ابری و ترکیب کردن آن‌ها، نه تنها کسب و کار را آسان می‌کند، بلکه همچنین ارائه‌ی مدل‌های تجاری جدید را برای اهالی دنیای کسب و کار ممکن می‌سازد.

۲-٦-۲-۳- معایب رایانش ابری

یکی از نگرانی‌های موجود در ارتباط با به‌کارگیری رایانش ابری، احتمال حملات سایبری است. قطعا راه‌هایی برای مبارزه و پیشگیری از چنین حملاتی وجود خواهد داشت، اما نمی‌توان اطمینان حاصل کرد که چنین حملاتی تحت هیچ شرایطی به وقوع نخواهند پیوست. با توجه به اینکه امنیت اطلاعات از اهمیت بالایی برخوردار است، در حال حاضر، یکی از دلایل برخورد محتاطانه با رایانش ابری، نگرانی‌های امنیتی است. شبکه‌های اینترنتی همچون رگ‌های حیاتی در پیکر رایانش ابری هستند؛ کارشناسان امنیت شبکه همواره در تلاش‌اند امنیت این شبکه‌ها را افزایش دهند، اما نبرد میان خرابکاران اینترنتی و این کارشناسان نبردی پایان‌ناپذیر است.

بکارگیری رایانش ابری معایب دیگری نیز به همراه دارد که در ادامه بیان می‌شوند:

- زیرساخت: جهت دسترسی به فضای رایانش ابری نیاز به امکانات زیرساختی مناسب و مطمئن اینترنت و پهنای باند است.
- مکان داده‌ها: از آنجا که سرورهای ابری در کشورها یا مناطق مختلف توزیع شده است، این امکان وجود دارد که مکان داده ها نیز در نقاط مختلف و در کشورهای مختلف توزیع شده باشد. البته می‌توان در قرارداد با ارائه کننده خدمات ابری، به این توافق رسید که مکان داده‌ها مشخص و شفاف شود.
- اختلاط یا نشت داده‌ها: ممکن است در یک سرور با تکنیک مجازی‌سازی، انواع مختلف داده‌های مشتریان مختلف یک ارائه‌دهنده خدمت وجود داشته باشد که گاهی ترس از نشت یا اختلاط داده‌ها را ایجاد می‌کند، اما ارائه دهندگان خدمات ابری با پروتکل‌های امنیتی جهت حفظ محرمانگی این مشکل را از بین می‌برند.
- توافقنامه ناقص و غیرشفاف: در یک توافقنامه ناقص و غیرشفاف، هزاران راه برای فرار ارائه‌دهندگان خدمت از پاسخگویی و جوابگویی وجود دارد. بهتر است از ابتدا تمامی موارد و انتظارات بطور شفاف در توافقنامه خدمات مشخص شده و به تأیید طرفین رسیده باشد.
- وابستگی به برنامه های کاربردی ارائه دهنده خدمات ابری
- سازگاری: مهم است که برنامه‌ها و معماری ارائه شده در ابر با الزامات و نیازمندی‌های یک سازمان سازگار باشد.
- بازیابی در بلایای طبیعی و غیرطبیعی: ممکن است در اثر وقوع حوادث در نقاط مختلف، مقداری از داده‌ها که در فضای پراکنده ابری ذخیره شده است، ازبین برود.

۳-٦-۲-۳- کاربردهای رایانش ابری در صنعت برق و انرژی

با توجه به رشد روزافزون تقاضای انرژی و لزوم پاسخگویی مناسب به آن، مدیریت هوشمندانه انرژی از منابع تولیدی مختلف از اهمیت بسزایی برخوردار است. شبکه هوشمند، با ایجاد قابلیت پایش مداوم، برقراری ارتباطات زمان‌واقعی، کنترل و پاسخگویی سریع و مناسب به هر نوع پیشامد در شبکه، امکان مدیریت هوشمندانه سیستم را فراهم می‌سازد. چالش اصلی شبکه های هوشمند، مدیریت انواع مختلف اجزای موجود در شبکه، ایجاد ارتباط ایمن و کارا با آنها، دریافت و پردازش حجم عظیم داده‌ها به‌صورت

زمان‌واقعی و پاسخگویی سریع در شرایط نرمال و بحرانی است. رایانش ابری فناوری نوینی است که با دارا بودن ویژگی‌های ذاتی مانند انعطاف‌پذیری، مقیاس‌پذیری، قابلیت دسترسی ایمن و ساده از تمام نقاط و صرفه اقتصادی، کمک شایانی به شبکه هوشمند در برطرف‌سازی این چالش‌ها می‌نماید.

با توجه به مرور کارهای انجام شده در زمینه کاربرد رایانش ابری در شبکه هوشمند می‌توان کاربرد رایانش ابری در شبکه هوشمند را به صورت زیر طبقه‌بندی نمود که در ادامه به توصیف هر یک از آن ها خواهیم پرداخت:

- مدیریت انرژی

شبکه‌های برق موجود، نیازمند توازن بهینه عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی بین مشتریان و تولیدکنندگان هستند. شبکه هوشمند می‌تواند به این نیاز پاسخ دهد. چنین ویژگی‌هایی در شبکه هوشمند با یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف مدیریت انرژی از قبیل مدیریت انرژی خانه هوشمند (HEM[1])، مدیریت سمت تقاضا (DSM[2]) و مدیریت انرژی ساختمان (BEMS[3]) به وجود می‌آید که البته خوشبختانه فناوری رایانش ابری برای پیاده‌سازی تمامی موارد فوق راهکار ارائه می‌نماید. در راستای نیل به اهداف مورد انتظار در شبکه هوشمند، موضوعاتی همچون مدیریت سیستم توزیع، بهینه‌سازی Volt/VAR، قرائت هوشمند توسط AMI[4] و مدیریت حجم زیادی از اطلاعات مصرف، می‌توانند در قالب نرم‌افزار به عنوان خدمت (SaaS[5]) در معماری رایانش ابری مورد استفاده قرار گیرند. از طرف دیگر، یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های شبکه هوشمند، کنترل مصرف برق در سمت مشتری با بکارگیری روش‌های بهینه‌سازی گوناگون است. در این راستا، بسترسازی اندازه‌گیری هوشمند و نیز ریزشبکه کمک شایانی به مدیریت سمت تقاضا خواهد نمود.

- مدیریت اطلاعات

مدیریت اطلاعات جنبه مهمی از معماری شبکه هوشمند است. در یک شهر مجهز به شبکه الکتریکی هوشمند، میلیون‌ها کنتور هوشمند در مکان‌های گسترده‌ای توزیع و بکار گرفته می‌شوند. کنتورهای هوشمند هوشمند جهت برقراری ارتباطات زمان‌واقعی با تجهیزات و نهادها، حجم عظیمی از داده‌ها را تولید می‌کنند. برای سر و کار داشتن با چنین حجم عظیمی از داده‌ها به یک رویه مدیریت داده صحیح که زیرمجموعه ای از یک رویه مناسب مدیریت اطلاعات است نیاز است. با توجه به وجود اجتناب‌ناپذیر حجم عظیم اطلاعات، استفاده از انباره‌های سنتی داده‌ها، مشکلات فراوانی در جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات ایجاد می نماید. درحالی که با استفاده از معماری رایانش ابری و استفاده از انبار داده ابری می‌توان از طریق روش‌های مجازی‌سازی، مشکلات ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های زمان‌واقعی را حل نموده و با استفاده از برنامه‌های کاربردی داده‌کاوی و استفاده از ابزارهای هوش تجاری، داده‌ها را بدون نگرانی از افزایش حجم آن، پردازش نموده و به اطلاعات و سپس دانش تبدیل نمود. در این راستا، معرفی رایانش ابری و تأکید بر معماری ابر ترکیبی[6] بسیار مفید است.

- امنیت

یکی از مسائل مهم در شبکه های هوشمند، بحث امنیت سیستم اندازه‌گیری هوشمند و چگونگی مدیریت و تبادل داده‌های آن خواهد بود که به طور مستقیم فعالیت‌های حیاتی این سیستم را تحت شعاع خود قرار می‌دهد. بنابراین می‌توان

[1] Home Energy Management
[2] Demand Side Management
[3] Building Energy Management System
[4] Advanced Metering Infrastructure
[5] Software as a Service
[6] Hybrid

با سرمایه‌گذاری منطقی در امنیت اطلاعات و پیاده‌سازی یک سیستم مدیریت امنیت اطلاعات منسجم و درنظرگرفتن سازوکارهای امنیتی مناسب از مزایای افزایش قابلیت اطمینان سیستم، تداوم فعالیت شبکه، کاهش تهدیدات امنیتی و اثرات آن‌ها و افزایش رضایت‌مندی مشترکین در کنار مزایای دیگر سیستم اندازه‌گیری هوشمند بهره برد. سه موضوع اساسی در امنیت شبکه هوشمند شامل نشت داده، مدیریت داده و حفظ حریم خصوصی است. نشت داده می‌تواند به‌صورت عمدی با فاش شدن اطلاعات توسط کاربر یا به‌صورت غیرعمدی توسط حملات سایبری رخ دهد. در پایش زمان واقعی، تصمیم گرفتن درباره این مسئله که کدام داده باید ذخیره شده و کدام داده باید حذف شود یکی از مهمترین چالش‌های مطرح است که البته با طراحی سیستم فیلترینگ مناسب قابل مدیریت است. معماری رایانش ابری بر اساس تعریف پروتکل‌های مختلف امنیتی می‌تواند با شناسایی تهدیدها، ایجاد رویه‌های حفاظت حریم خصوصی، رویه‌های تعریف مجوزها، سطوح دسترسی، اختیارات و مقابله با حمله‌های سایبری، امنیت را در کلیه سطوح برقرار نماید.

٤-٦-٢-٣- چالش‌های مرتفع شده توسط رایانش ابری

جدول **style in document.** Error! **No text of specified** ۳۴-Error! **No text of specified style in document.** ۳۵- چالش‌های موجود در صنعت برق را که در گزارش مرحله اول مشخص شده‌اند و می‌توان با فناوری رایانش ابری مرتفع کرد، به همراه پروژه‌های انجام شده و محصولات تولید شده در این زمینه نشان می‌دهد.

نام پروژه	دانش فناوری	شرکت/ کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
Flex4Grid	رایانش ابری، شبکه هوشمند	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, فنلاند	€ 3 120 203,09 2015-2018	چالش ۱۲- بازار چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	این برنامه یک چارچوب داده و خدمات باز ایجاد می‌کند که امکان مدیریت انعطاف‌پذیر تقاضا و تولید، استفاده از محاسبات ابری برای مدیریت شبکه برق و زیرساخت باز DSO برای خدمات جمع‌آوری را فراهم می‌سازد. این سیستم دارای مشخصه‌های زیر است: یک سرویس ابری داده با رابط ناشناس و امنیت پیشرفته و مکانیسم‌های حفظ حریم خصوصی برای تبادل داده‌ها و مدیریت خدمات انعطاف پذیری تولید و تقاضا یک مدل تجاری برای تسریع در استقرار عمده‌ترین نوآوری‌های آن عبارتند از:

نام پروژه	دانش فناوری	شرکت/ کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					باز کردن بازار برای تازه‌واردان با ارائه سرویس‌های شخص‌ثالث مدیریت داده‌های ابری و خدمات انرژی که امنیت و حفظ حریم‌خصوصی را حفظ می‌کنند خدمات مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌های مشترک و چند سطحی قابل اجرا برای شبکه‌های هوشمند استفاده از روش همکاری در تولید برای ورود کاربران نهایی به فرآیند ایجاد ارزش
SecureCloud	رایانش ابری، شبکه هوشمند	Technische Universitaet Dresden آلمان	€ 2 285 377 2016-2018	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۱۰ - برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	این پروژه بر اطمینان از پردازش محرمانه و قابل اعتماد داده‌های بزرگ تمرکز دارد. برای کوچک نگه داشتن پایگاه محاسباتی قابل اعتماد، در این پروژه از مفهوم میکروسرویس استفاده شده است، به این معنا که فقط منطق برنامه کاربردی که داده‌ها را پردازش می‌کند (به عنوان مثال، عملگرها) محافظت می‌شود، در حالی که عملکردهای دیگر برنامه (به عنوان مثال تغییر و ذخیره داده‌های رمزگذاری شده) خارج از پایه محاسبات قابل اعتماد است. با نظارت بر میکروسرویس‌ها، می‌توان سرویس‌هایی که بر روی رایانه های در معرض خطر اجرا می‌شوند را restart کرد. در این پروژه این رویکرد در زمینه شبکه های هوشمند ارزیابی می‌شود. به

نام پروژه	دانش فناوری	شرکت/ کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					این منظور لازم است این رویکرد در زیرساخت‌های محاسباتی توزیع شده فیزیکی که دارای امنیت فیزیکی پایینی هستند و مدیران شبکه آنها قابل اعتماد نیستند، اجرا شود. به منظور اجرای پایلوت لازم است حجم زیادی از داده‌ها پردازش شود و در پردازش این داده‌ها از بارگذاری جزئی درون ابر استفاده شود. به این ترتیب SecureCloud، نشان خواهد داد که چگونه این کار با روشی مطمئن انجام می‌شود حتی اگر ابرها غیرقابل اعتماد باشند.
INVADE	رایانش ابری شبکه هوشمند، انرژی‌های تجدیدپذیر	Smart Innovation Norway As نروژ	€ 16 305 987,50 2017-2019	چالش ۷– رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن معیارهای طراحی جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT	برای فعال کردن سهم بیشتر منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه هوشمند و به دست آوردن کشش در بازار، باید برخی از موانع مهم برطرف شود. کمبودهای ذیل وجود دارد: ۱) انعطاف‌پذیری و سیستم‌های مدیریت باتری ۲) اکتشاف راه‌حل‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مبتنی بر مشارکت فعال کاربر نهایی ۳) ادغام کارآمد بخش ذخیره سازی انرژی و حمل و نقل (EV) ۴) مدل‌های تجاری جدید که از تعداد فزاینده‌ای از بازیگران مختلف در شبکه حمایت کنند INVADE این چالش‌ها را با پیشنهاد یک مبتنی بر

نام پروژه	دانش فناوری	شرکت/ کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱۲– بازار چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	ابر برای مدیریت انعطاف‌پذیری برطرف می‌سازد. این پروژه اجزای مختلفی را شامل می‌شود: سیستم مدیریت انعطاف‌پذیری، فناوری‌های ذخیره انرژی، وسایل نقلیه برقی و مدل‌های جدید تجاری. این مؤلفه‌ها با فناوری‌های پیشرفته مبتنی بر ابر برای ارائه پلتفرم INVADE پایه‌گذاری شده است.

جدول .Error! No text of specified style in document–**۳۴– پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق**

نام محصول	دانش فناوری	شرکت/ کشور	چالش	شرح مختصری محصول
Microgrid Short Circuit Analytics	رایانش ابری، شبکه هوشمند	Xendee San Diego, CA USA	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	با توجه به لزوم تحلیل جریان خطاها در مدل‌های تحویل انرژی همتا به همتا در ریزشبکه‌ها، نسل جدیدی از فناوری‌های برنامه‌ریزی و تحلیل سیستم‌های قدرت مورد نیاز است. راهکارهای جدید ارائه شده توسط Xendee حاصل استفاده از فناوری‌های شبیه‌سازی ارائه شده در پژوهشگاه انرژی الکتریکی (EPRI) است و نمایانگر بیش از دو دهه تحقیق و توسعه در شبکه‌های هوشمند و تجزیه و تحلیل ریزشبکه می‌باشد. راهکارهای مبتنی بر رایانش ابری ارائه شده در این بخش، به مهندسین طراحی این امکان را می‌دهد تا مدل‌سازی شبکه و شبیه‌سازی

نام محصول	دانش فناوری	شرکت/ کشور	چالش	شرح مختصری محصول
				مدار کوتاه را بر روی توپولوژی‌های مختلف انجام دهند.
Next Generation Design Tools for Smart Grid and Microgrid Applications	رایانش ابری، شبکه هوشمند	Xendee San Diego, CA USA	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه T10– استفاده از سرویس‌های ذخیره‌سازی D2 – بهره‌وری انرژی از طریق یکپارچگی با خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها	Xendee مجموعه‌ای از کلاس‌های ابری ایمن را برای برنامه‌های وب توسعه داده است که مورد استفاده طراحان و مهندسان سیستم‌های قدرت می‌باشد. ابزار مدل‌سازی دیاگرام‌های تک خط شبکه هوشمند و ریزشبکه ارائه شده توسط Xendee، فناوری‌های اتوماسیون طراحی را یکپارچه می‌کند تا پاسخگوی نیازهای طراحی مهندسی شبکه هوشمند و ریزشبکه باشد.
Next Generation Analytics for Smart Grid and Microgrid Applications	رایانش ابری، شبکه هوشمند	Xendee San Diego, CA USA	T1 – چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکهT15– ادغام شبکه – بازار T17– طراحی بازار انعطاف‌پذیر چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و	پلتفرم رایانش ابری Xendee توسط OpenDSS که ابزار اصلی تحقیقات EPRI برای تجزیه و تحلیل نسل بعدی سیستم توزیع است، پشتیبانی می‌شود. OpenDSS یک ابزار قابل گسترش برای شبیه‌سازی سیستم‌های قدرت است که از بسیاری از انواع جدید روش‌های تحلیل که برای پاسخگویی به نیازهای آینده شبکه هوشمند، نوسازی شبکه و تحقیقات انرژی تجدیدپذیر ایجاد شده‌اند، پشتیبانی می‌کند. برای کمک به دستیابی به اهداف مالی نسل بعدی سیستم‌های توزیع برق، Xendee مجموعه‌ای از کلاس‌های خصوصی و تجاری برنامه‌های وب ابری را برای مدیران پروژه و مهندسین ایجاد کرده است. این برنامه‌های وب

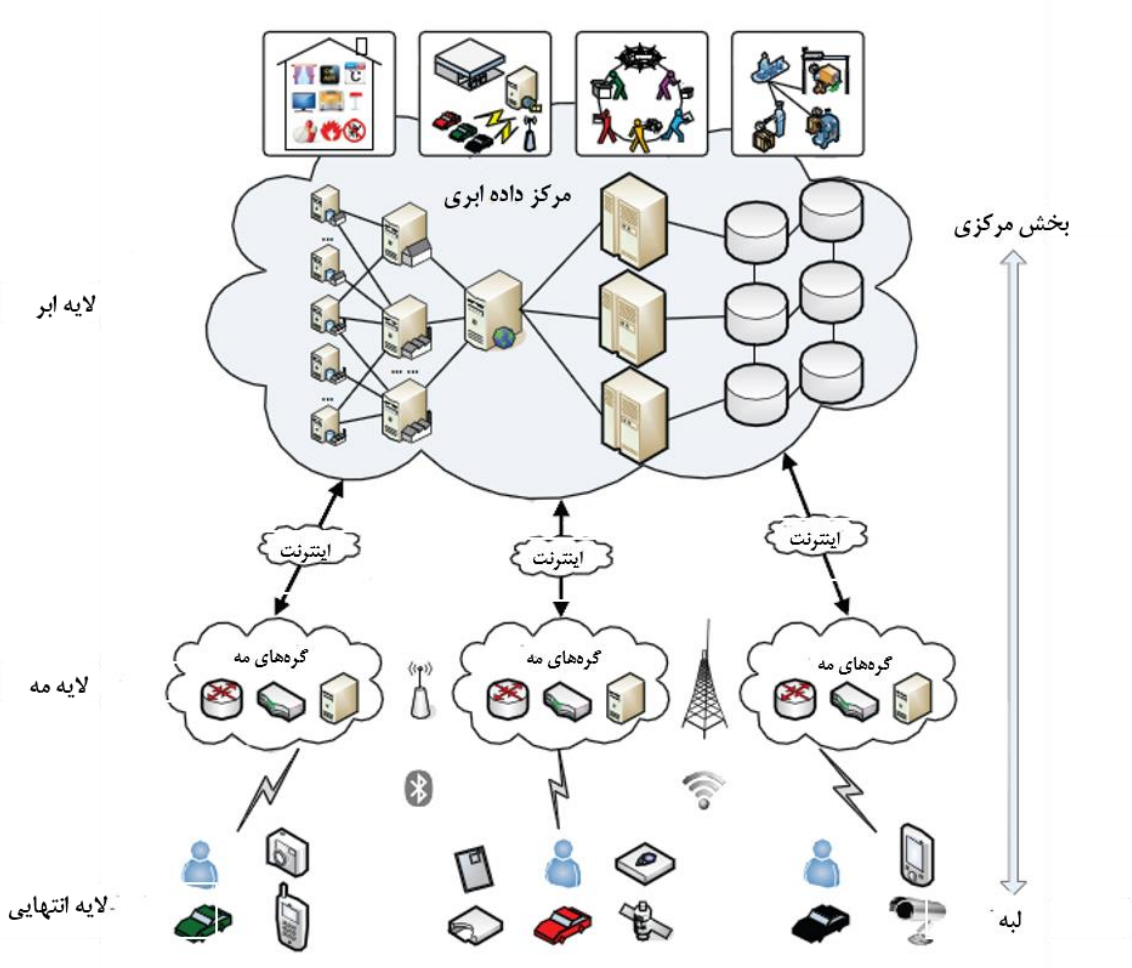
نام محصول	دانش فناوری	شرکت/ کشور	چالش	شرح مختصری محصول
			فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها چالش ۶ – تعامل و اتصال شبکه برق با دیگر شبکه‌های انرژی	راه‌حل‌های ایمن و قابل اعتمادی ارائه می‌دهند که قادر به برطرف کردن نیازهای ارتباطی و همکاری در تقریباً هر نوع پروژه مهندسی توزیع انرژی، صرف نظر از پیچیدگی هستند.
سرویس‌های ابری آمازون شامل: •Amazon Kinesis Data Stream •Amazon Simple Storage Service •Amazon Elastic MapReduc	رایانش ابری، شبکه هوشمند	Amazon, GE Power	چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱۲– بازار چالش ۶ – تعامل و اتصال شبکه برق با دیگر شبکه‌های انرژی چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها چالش ۵ – بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	شرکت General Electrices از خدمات ابری AWS شرکت Amazon برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های نیروگاه‌ها و مشتریان آنها استفاده کرده است و پس از بکارگیری این سرویس‌ها نتایج زیر حاصل شده است: ثبت ۵۰۰۰۰۰ پرونده در هر ثانیه – پردازش داده‌های مصرف نیروگاه‌ها از ۲۰ میلیارد تگ سنسور – کمک به مشتریان تا مسائل را سریعتر حل کرده و میلیون ها نفر را نجات دهند – مقیاس‌پذیری بیشتر – کمک به نیروگاه‌ها جهت جلوگیری از خرابی تجهیزات گران قیمت
سرویس‌های ابری آمازون شامل:•	رایانش ابری، شبکه هوشمند	Amazon, Siemens	چالش ۵	شرکت Siemens از خدمات ابری AWS شرکت Amazon برای نظارت

نام محصول	دانش فناوری	شرکت/ کشور	چالش	شرح مختصری محصول
Amazon DynamoDB • Amazon Simple Queue Service • Amazon Simple Storage Service • AWS Lambda			چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT چالش ۲	بر تجهیزات نیروگاهی و کارکرد آنها استفاده کرده است و پس از بکارگیری این سرویس‌ها نتایج زیر حاصل شده است: ایجاد پلتفرم و برنامه بدون سرور در سه ماه کاهش ۹۰ درصدی هشدارهای نیروگاه‌ها کاهش ۸۵ درصدی هزینه‌های زیرساختی –عدم رخ دادن خرابی برنامه‌ریزی‌نشده در سال اول
سرویس‌های ابری آمازون شامل: • Amazon EC2 • Amazon RDS • Amazon Simple Storage Service	رایانش ابری، شبکه هوشمند	Amazon, Centrica	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، چالش ۱۲– بازار چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۵ — بهینه‌سازی استفاده از دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکهچالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	شرکت Centrica که در زمینه خانه‌های هوشمند فعال است. از خدمات ابری AWS برای مواجهه با چالش تغییرات سریع در نیازمندی‌های کاربران و تغییرات سریع در فناوری‌ها استفاده می‌کند. ابر AWS یک بستر میزبانی مداوم و همواره در دسترس برای خدمات خانگی ارائه می‌دهد. با استفاده از این خدمات ابری می‌توان به طیف وسیعی از محیطها برای تست محصول دسترسی داشت در حالی که فقط هزینه‌ای برای منابع IT به هر میزان که مصرف می‌شوند پرداخت کرد. همچنین برخی از مشکلات رایج در پیکربندی سیستم‌عامل و طراحی معماری حذف می‌شود. علاوه‌براین، حفظ چارچوب مشترک و مناسب برای توسعه محصول در بین همه تیم‌ها، در سطح بین المللی، آسان‌تر می‌گردد.

جدول .Error! No text of specified style in document-**۳۵- نمونه محصولات و خدمات ارائه شده برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق**

۷-۲-۳- رایانش مه

رایانش مه[1] یک الگوی پردازشی است که سعی دارد قابلیت‌های رایانش ابری را در لبه‌های شبکه گسترش دهد. این فناوری، پردازش، ارتباطات، فرامین کنترلی و قابلیت‌های ذخیره‌سازی را در لبه‌ی شبکه فراهم می‌کند. رایانش مه از لحاظ معماری تفاوت‌هایی با پلتفرم‌های غیرمتمرکز[2] دارد. معماری سلسله مراتبی رایانش مه از سه لایه مطابق شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۸تشکیل شده است:



شکل .Error! No text of specified style in document-**۱۸- معماری سلسله‌مراتبی رایانش مه [۱۴۱]**

- لایه انتهایی[3]

[1] Fog Computing
[2] Decentralized Platform
[3] Terminal Layer

این لایه نزدیک‌ترین لایه به دستگاه‌های انتهایی و محیط فیزیکی بوده و شامل انواع مختلفی از دستگاه‌های اینترنت اشیا از جمله حسگرها، گوشی‌های تلفن همراه، وسایل نقلیه هوشمند، کارت‌های هوشمند و غیره است. بطور کلی این دستگاه‌ها از لحاظ جغرافیایی توزیع شده هستند و وظیفه جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از محیط فیزیکی را برعهده دارند. این لایه پس از جمع‌آوری داده‌ها، آنها را برای پردازش و ذخیره‌سازی به لایه‌ی بالایی ارسال می‌کند.

- لایه مه[1]

این لایه در لبه‌ی شبکه قرار گرفته و از تعداد زیادی از گره‌های موجود در مه که به طور کلی شامل مسیریاب‌ها[2]، دروازه‌ها[3]، سوییچ‌ها و نقاط دسترسی[4] هستند، تشکیل شده است. این گره‌ها به طور گسترده بین دستگاه‌های انتهایی و ابر توزیع شده‌اند. گره‌های مه می‌توانند در یک مکان مشخص بطور ایستا قرار بگیرند یا بطور متحرک روی یک حامل[5] نصب شوند. دستگاه‌های انتهایی به راحتی می‌توانند با این گره‌ها ارتباط برقرار کرده و خدمت مورد نظر خود را دریافت کنند. گره‌های موجود در مه قابلیت پردازش، تبادل و ذخیره‌سازی موقت داده‌های جمع‌آوری شده از محیط را دارند. از این رو می‌توان کاربردهای حساس به تأخیر و یا کاربردهایی که نیاز به تصمیم‌گیری‌های بلادرنگ دارند را در لایه مه پیاده‌سازی کرد. علاوه‌براین گره‌های موجود در مه از طریق شبکه IP به ابر متصل هستند و مسئولیت تعامل و همکاری با ابر به منظور فراهم کردن منابع پردازشی و ذخیره‌سازی قوی‌تر را بر عهده دارند.

- لایه ابر[6]

لایه ابر از چندین سرویس‌دهنده و تجهیزات ذخیره‌سازی با کارایی بالا تشکیل شده است و خدمات مختلفی را برای کاربردهای مختلف از جمله خانه‌های هوشمند، حمل و نقل هوشمند، کارخانه‌های هوشمند و غیره ارائه می‌کند. این لایه همچنین منابع پردازشی و ذخیره‌سازی قدرتمندی را در اختیار دارد تا قابلیت انجام وظیفه‌های پردازشی و تحلیلی سنگین و ذخیره‌سازی دائمی حجم عظیمی از داده‌ها را داشته باشد. البته برخلاف معماری قدیمی رایانش ابری، تمامی وظایف برای پردازش، به ابر ارسال نمی‌شوند و بنابر حجم تقاضا ماژول‌های موجود در ابر مطابق با استراتژی‌های مدیریت و زمان‌بندی طوری کنترل می‌شوند که بیشترین بهره‌وری را داشته باشند [۱۴۱].

۱-۷-۲-۳- مقایسه رایانش مه با رایانش ابری

رایانش ابری برای ارائه سرویس‌های پردازشی و ذخیره‌سازی مقیاس‌پذیر و مبتنی بر تقاضا به برنامه‌های کاربردی مختلف پیشنهاد شده است. این الگو از تعداد زیادی از منابع حقیقی و مجازی در یک مرکز داده‌ی متمرکز و مقیاس بزرگ تشکیل شده است. این منابع، که وظیفه‌ی ارائه سرویس‌های پردازشی، ذخیره‌سازی، ارتباطات و ... را برعهده دارند، به راحتی، با سرعت تقریباً بالا و با سربار مدیریتی نسبتاً پایین می‌توان به وظایف گوناگون تخصیص داد. ازآنجایی‌که قدرت پردازشی منابع در ابرها نسبت به منابع موجود در لبه‌ی شبکه قابل توجه است، انتقال وظایف پردازشی به ابر بسیار کارآمد خواهد بود. درجدول Error! **No text of specified style in document.**-۳۶ مقایسه‌ای بین ویژگی‌های رایانش ابری و رایانش مه ارائه شده است. با توجه به این جدول تحرک‌پذیری در هر دو الگو قابل پشتیبانی است اما به دلیل اینکه در رایانش مه فاصله تا دستگاه‌های انتهایی خیلی کم

[1] Fog Layer
[2] Router
[3] Gateway
[4] Access Point
[5] carrier
[6] Cloud Layer

است (یک یا حداکثر چند گام شبکه[1])، این الگو در مقایسه با رایانش ابری که پشتیبانی محدودی دارد، کاملاً می‌تواند از تحرک‌پذیری پشتیبانی کند. نکته قابل ذکر این است که با وجود اینکه در رایانش ابری تأخیر بیشتر از رایانش مه است اما هر دو الگوی پردازشی قابلیت تعاملات بلادرنگ با دستگاه‌های انتهایی را دارند [۱۴۱].

ویژگی	رایانش مه	رایانش ابری
تأخیر	کم	زیاد
تعاملات بلادرنگ	دارد	دارد
پشتیبانی از تحرک‌پذیری	دارد	محدود
آگاهی از موقعیت	دارد	جزئی دارد
تعداد گره‌های سرویس‌دهنده	زیاد	کم
توزیع جغرافیایی	غیرمتمرکز و توزیع‌شده	متمرکز
فاصله تا دستگاه انتهایی	نزدیک (یک یا تعداد کمی گام شبکه)	زیاد (چند گام شبکه)
موقعیت سرویس	در لبه شبکه محلی	اینترنت
محیط کاری	فضای باز (خیابان‌ها، ایستگاه‌های پایه و غیره) یا فضای داخلی (خانه‌ها، فروشگاه‌ها و غیره)	ساختمان‌های اختصاصی مراکز داده با سیستم‌های تهویه هوا
نحوه برقراری ارتباط	اتصالات بی‌سیم (WLAN، Wi-Fi، ZigBee ،3G/4G و ...) یا اتصالات سیمی	شبکه مبتنی بر IP
وابستگی به کیفیت هسته شبکه	کم	زیاد
هزینه های پهنای باند	کم	زیاد
قابلیت‌های محاسباتی و ذخیره‌سازی	کم	زیاد
مصرف انرژی	کم	زیاد (بخصوص برای سیستم‌های تهویه هوا و خنک‌کننده)

جدول .Error! No text of specified style in document-۳۶ **- مقایس رایانش مه و رایانش ابری [۱۴۱]**

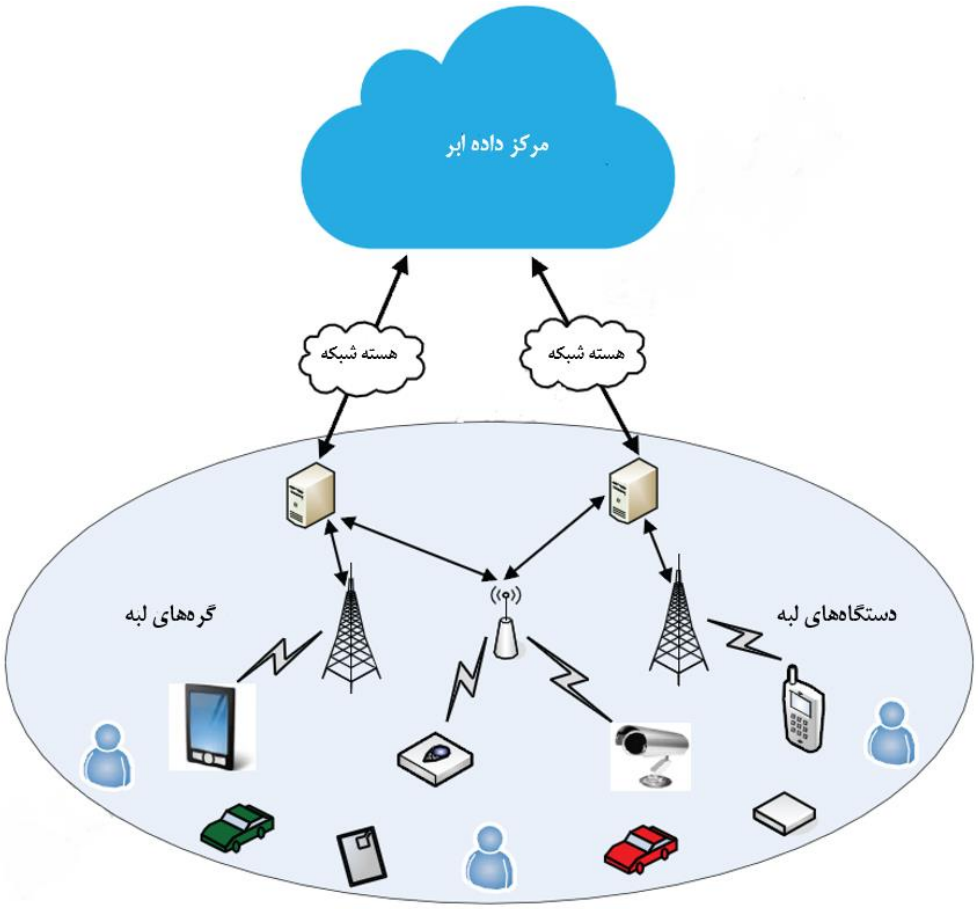
۲-۷-۲-۳- مقایسه رایانش مه با محاسبات لبه

محاسبات لبه[2] یکی دیگر از الگوهای پردازشی است که سرویس‌های ابری را به دستگاه‌های موجود در لبه گسترش می‌دهد. این الگوی پردازشی شامل فناوری‌هایی است که امکان انجام محاسبات و ذخیره‌سازی روی دستگاه‌های موجود در لبه ی شبکه را فراهم می‌آورند. معماری محاسبات لبه در شکل **.No text of specified style in document** !Error-۱۹ ارائه شده است.

در این معماری به منظور کاهش تأخیر و ترافیک شبکه بین دستگاه‌های انتهایی و مراکز ابر، گره‌های موجود در لبه که قابلیت‌های پردازشی دارند، تعداد زیادی از وظایف پردازشی و محاسباتی از جمله پردازش داده‌ها، ذخیره‌سازی موقت، مدیریت دستگاه‌ها، تصمیم‌گیری و حفاظت از حریم خصوصی، را انجام می دهند. در محاسبات لبه، دستگاه‌های موجود در لبه می‌توانند از طیف تقریباً گسترده‌ای از دستگاه‌ها (به طور مثال حسگرهای هوشمند، تلفن‌های همراه هوشمند، وسایل نقلیه هوشمند و حتی یک

[1] Network Hop
[2] Edge Computing

سرویس‌دهنده‌ی لبه[1]) باشند. این دستگاه‌ها می‌توانند بصورت محلی به هم متصل شده و با هم ارتباط برقرار کنند و یک شبکه لبه[2] را تشکیل دهند. علاوه‌براین دستگاه‌های لبه از طریق هسته شبکه[3] به مرکز داده ابر متصل می‌شوند.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۹– معماری محاسبات لبه [۱۴۱]**

رایانش مه از جهت اینکه به دستگاه‌های انتهایی نزدیک است، شباهت‌هایی با محاسبات لبه دارد، گرچه قطعاً تفاوت‌هایی بین این دو الگو وجود دارد. در جدول **No text of specified style in document.** !Error–۳۷و جدول **No text of specified style in document.** !Error–۳۸ به‌ترتیب شباهت‌ها و تفاوت‌های رایانش مه و محاسبات لبه بررسی شده است.

همان‌طور که درجدول **No text of specified style in document.** !Error–۳۷مشاهده می‌شود، معماری هر دو الگوی پردازشی سلسله مراتبی، غیرمتمرکز و توزیع‌شده است که با معماری رایانش ابری تفاوت دارد. محاسبات لبه، در دستگاه‌های انتهایی واقع شده است اما رایانش مه با فاصله‌ی کمی از دستگاه‌ها قرار گرفته است که این فاصله یک یا حداکثر چند گام شبکه است. منابع پردازشی، ذخیره‌سازی و ارتباطاتِ هر دو الگوی پردازشی در مقایسه با رایانش ابری محدود است اما محاسبات لبه منابع محدودتری نسبت به رایانش مه دارد.

[1] Edge Server
[2] Edge Network
[3] Core Network

یکی از مهم‌ترین تفاوت‌های رایانش مه و محاسبات لبه، در نوع دستگاه‌های مورد استفاده است. از آنجایی‌که دستگاه‌های موجود در محاسبات لبه غالباً دارای منابع محدود (مثل باتری یا حافظه ذخیره‌سازی محدود) هستند، از این رو در زمانی که نیاز است چندین کاربرد اینترنت اشیاء مدیریت شوند، محدودیت منابع محاسبات لبه باعث ایجاد مشکلاتی مانند رقابت برای دسترسی به منابع و افزایش تأخیر پردازش می‌شود [۱۴۱].

ویژگی	رایانش مه	محاسیات لبه
معماری	سلسله‌مراتبی، غیرمتمرکز، توزیع‌شده	سلسله‌مراتبی، غیرمتمرکز، توزیع‌شده
نزدیکی به دستگاه‌های انتهایی	نزدیک به دستگاه‌های انتهایی است	در دستگاه‌های انتهایی واقع شده است
تأخیر	کم	کم
هزینه‌های پهنای باند	کم	کم
منابع	محدود	محدودتر
قابلیت‌های محاسباتی و ذخیره‌سازی	محدود	محدودتر
پشتیبانی از تحرک‌پذیری	دارد	دارد
مقیاس‌پذیری	زیاد	زیاد
خدمات	مجازی‌سازی	مجازی‌سازی

جدول .Error! No text of specified style in document-**۳۷**- **شباهت‌های رایانش مه و محاسبات لبه [۱۴۱]**

ویژگی	رایانش مه	محاسیات لبه
موقعیت جمع آوری داده‌ها، پردازش و ذخیره‌سازی	هسته شبکه و نزدیک به لبه شبکه، دستگاه‌های موجود در هسته و لبه شبکه	لبه شبکه، دستگاه‌های موجود در لبه
قابلیت مدیریت چندین کاربرد اینترنت اشیا	دارد	ندارد
مشکل رقابت منابع	اندک	جدی
تمرکز اصلی	در سطح زیرساخت	در سطح اشیاء

جدول .Error! No text of specified style in document-**۳۸**- **تفاوت‌های رایانش مه و محاسبات لبه [۱۴۱]**

۳-۷-۲-۳- مزایا و ویژگی‌های رایانش مه

یکی از ویژگی‌های اصلی رایانش مه، نزدیک بودن منابع پردازشی مه به دستگاه‌های انتهایی است که خود یکی از نکات برجسته در مقایسه با الگوهای پردازشی مانند رایانش ابری می‌باشد و مزیت‌های فراوانی را به همراه دارد. اما رایانش مه ویژگی‌های دیگری نیز دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهیم کرد [۱۴۱]:

- تعاملات بلادرنگ و با تأخیر کم

از آنجایی‌که گره‌های موجود در مه به دستگاه‌های انتهایی نزدیک هستند، این امکان وجود دارد که داده‌های حاصل از حسگرها و دستگاه‌ها را جمع‌آوری کرده و در لبه‌ی شبکه عملیات پردازش، تحلیل و ذخیره‌سازی را انجام دهند. در نتیجه بسیاری از تأخیرهای ناشی از تبادل داده‌ها از بین رفته و تعاملات با تأخیر بسیار کمی انجام می‌پذیرد.

- ذخیره پهنای باند

همان‌طورکه پیشتر به آن اشاره شد رایانش مه بسیاری از قابلیت‌های رایانش ابری را در لبه‌های شبکه توسعه داده است. در نتیجه بسیاری از وظایف از جمله پیش‌پردازش داده‌ها، حذف افزونگی بین داده‌ها، پاک‌سازی و فیلتر کردن داده‌ها و استخراج اطلاعات ارزشمند از آن، در لبه‌ی شبکه انجام شده و تنها بخش کوچکی از داده‌های جمع‌آوری شده به ابر منتقل می‌شوند که در نتیجه‌ی آن پهنای باند کمتری مصرف می‌شود.

- پشتیبانی از تحرک‌پذیری

در سناریوهای مطرح در رایانش مه، تعداد دستگاه‌های متحرک (مانند تلفن‌های همراه هوشمند، وسایل نقلیه هوشمند، ساعت‌های هوشمند و ...) زیاد است، در نتیجه جابجایی مکانی در لایه‌ی انتهایی بیشتر است. البته تجهیزاتی مانند دوربین‌های نظارتی و کنترل ترافیک نیز وجود دارند که بصورت ایستا در یک مکان ثابت نصب شده‌اند.

- توزیع جغرافیایی و تحلیل غیرمتمرکز داده‌ها

در مقایسه با معماری متمرکز رایانش ابری، رایانش مه بطور قابل قبولی از ساختار غیرمتمرکز پشتیبانی می‌کند. در رایانش ابری داده‌های کاربران در مراکز داده‌ای که فاصله‌ی نسبتاً زیادی با کاربر دارند، ذخیره و تحلیل می‌شوند، در حالی‌که ساختار غیرمتمرکز و توزیع‌شده‌ی رایانش مه این امکان را فراهم می‌کند که داده‌های کاربران با فاصله‌ی نسبتاً کمی از دستگاه‌های انتهایی ذخیره شده و تحلیل‌های مورد نیاز انجام شود و در صورتی که نیاز به تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر و پردازش‌های سنگین‌تری بود به مراکز داده ارسال شوند.

- ناهمگونی

از آنجایی‌که در لایه انتهایی دستگاه‌هایی که به گره‌های موجود در مه متصل می‌شوند تنوع بسیار زیادی دارند (از جمله سخت‌افزارهای مختلف، سیستم‌عامل‌های مختلف و نرم‌افزارهای مختلف)، لازم است الگوی پردازشی طوری باشد که بتواند تمامی این دستگاه‌ها را پشتیبانی کرده و سرویس دهد. این مسئله با ایجاد تنوع در گره‌های موجود در مه برطرف می‌شود. همانطور که دستگاه‌های مختلفی وجود دارد، گره‌های موجود در مه نیز از انواع مختلفی انتخاب و راه‌اندازی می‌شوند تا پاسخگوی دستگاه‌های مختلف باشند.

- قابلیت همکاری

با توجه به ذات ناهمگون گره‌های موجود در مه و همچنین دستگاه‌های انتهایی و اینکه هر کدام از آن ها متعلق به یک تأمین‌کننده متفاوت است و در محیط‌های مختلفی توسعه داده شده‌اند، پردازش مبتنی بر مه باید قابلیت همکاری و تعامل با تأمین‌کنندگان مختلف را داشته باشد تا امکان ارائه سرویس به دامنه‌ی وسیعی از دستگاه‌ها را داشته باشد.

- امنیت داده‌ها و حریم خصوصی

از آنجایی‌که رایانش مه خدمات و سرویس‌های خود را نزدیک به کاربران انتهایی ارائه می‌دهد، مزیت‌هایی را در خصوص امنیت داده‌ها و حریم خصوصی ایجاد می‌کند. اول اینکه امکان رمزنگاری و ایزوله کردن داده‌ها را فراهم می‌کند. گره‌های موجود در مه می‌توانند سیاست‌های تعیین سطح دسترسی، رمزنگاری و بررسی اصالت را ارائه دهند و از این جهت می‌توان امنیت داده‌های حساس را تضمین کرد. علاوه‌براین، ریسک ارتقاء سیستم‌ها به حداقل می رسد. در معماری‌هایی نظیر رایانش ابری ارتقاء سیستم‌ها معمولاً با مخاطراتی همراه است که در رایانش مه این مخاطرات به حداقل می‌رسد. چراکه نیازی به ارتقاء سیستم‌ها نیست و فقط کافی است تا الگوریتم‌ها و برنامه‌های کاربردی موجود در لایه مه بروزرسانی شوند.

- مصرف کم انرژی

در معماری رایانش مه، گره‌های موجود در مه از لحاظ مکانی توزیع شده‌اند و همین امر سبب می‌شود که گرمای تولید شده چشمگیر نباشد. به عنوان مقایسه، در رایانش ابری به دلیل تمرکز سرویس‌دهنده‌ها در یک مرکز داده گرمایی که هر کدام از

تجهیزات موجود تولید می‌کند تجمیع شده و حتماً نیاز به یک سیستم خنک‌کننده و تهویه هوا وجود دارد. نکته قابل توجه دیگر در رایانش مه آن است که چون اکثر ارتباطات در این الگوی پردازشی کوتاه‌برد است مصرف انرژی کاهش می‌یابد [۱۴۱].

٤-۷-۲-۳- چالش‌های رایانش مه

تعدادی از چالش‌های رایانش مه به شرح زیر است [۱۴۲]:

- عدم وجود توافقنامه سطح سرویس مه

در حال حاضر توافقنامه سطح سرویس (SLA[1]) برای سیستم‌های مبتنی بر مه تعریف نشده است. SLAهای رایجی که برای سیستم‌های رایانش مه استفاده می‌شوند برای سرویس‌های ابری یا زیرساخت‌های شبکه تعریف شده‌اند (مثلاً تضمین دسترس‌پذیری ۹۹.۹۹٪ برای سرویس‌های ابری).

- عدم پشتیبانی از کاربردهایی که نیاز به سرعت بالا دارند.

پروتکل‌های ارتباطی موجود برای محیط‌ها رایانش مه کاربرانی که نیاز به سرعت بالا دارند (مانند کاربرانی که در وسایل نقلیه قرار دارند)، را پشتیبانی نمی‌کنند. بنابراین توسعه پروتکل‌های احراز هویت و دست‌تکانی[2] سریع یکی از نیازهای تحقیقاتی آینده در این حوزه است.

- امنیت گره‌های مه

گره‌های مه در نزدیکی کاربر در جاهایی مانند ایستگاه‌های پایه[3]، مسیریاب‌ها یا نقاط دسترسی Wi-Fi قرار گرفته‌اند. این مسئله فراهم آوردن امنیت برای گره‌های مه را مشکل می‌کند. امکان رخ دادن حملات سایت در گره‌های مه نسبت به مراکز داده ابری بیشتر است.

- انتخاب محل قرارگیری گره‌های ابری

پیدا کردن مکان‌های مناسب برای استقرار گره‌های مه یکی از مسائل چالش‌برانگیز است. استراتژی‌های انتخاب مکان مناسب برای گره‌های مه باید مواردی مانند کارایی ارتباطات، ذخیره‌سازی و پردازش و همچنین هزینه استقرار را در نظر بگیرند.

- استانداردسازی رایانش مه

در حال حاضر استانداردهای مشخصی برای رایانش مه وجود ندارد، هرچند سازمان‌هایی مانند کنسرسیوم مه متن‌باز[4] و OpenEdge در حال توسعه استانداردها و تعاریف برای رایانش مه و محاسبات لبه هستند [۱۴۲].

۵-۷-۲-۳- کاربردهای رایانش مه در صنعت برق و انرژی

شهرهای هوشمند و شبکه‌های هوشمند، به طور فزاینده‌ای از داده‌های زمان واقعی برای کارآمدتر شدن سیستم‌ها، استفاده می کنند. گاهی اوقات این داده ها در مناطق دور افتاده است، بنابراین پردازش نزدیک به محل تولید داده‌ها ، ضروری است. علاوه بر آن داده‌ها باید از تعداد زیادی از حسگرها جمع آوری شوند. لذا برای حل این مسائل، معماری محاسبات مه را می‌توان طراحی کرد. بطور کلی پردازش مبتنی بر مه برای کاربردهایی که حساس به تاخیر هستند، مناسب است .به همین دلیل این الگوی پردازشی می تواند گزینه ی مناسبی برای این دسته از کاربردها باشد .در ادامه به برخی از کاربردهای رایانش مه اشاره شده است:

۱) شهرهای هوشمند

[1] Service Level Agreement
[2] Handshake
[3] Base Station
[4] Open Fog Consortium

شهرهای بزرگ با چالش‌های احتمالی شامل ترافیک، ایمنی عمومی، مصرف انرژی بالا، بهداشت و خدمات شهری مواجه هستند. این چالش‌ها را می‌توان در قالب یک شبکه IOT ، تنها با نصب شبکه‌ای از گره‌های مه مرتفع کرد. فقدان پهنای باند و قابلیت اتصال، مسائل مهمی در ایجاد شهرهای هوشمند هستند. در حالیکه بسیاری از شهرهای مدرن دارای یک یا چند شبکه تلفن همراه هستند، اما این شبکه‌ها اغلب دارای ظرفیت و پهنای باند محدودی هستند که به سختی نیازهای مشترکین موجود را برآورده می‌کنند. استقرار معماری محاسبات مه می‌تواند گره‌های مه را برای پردازش و ذخیره‌سازی محلی فراهم کند و این موضوع باعث استفاده بهینه از شبکه می‌شود. همچنین شهرهای هوشمند با کمک مه برای امنیت و ایمنی بیشتر در زمان عملکرد بحرانی تلاش میکنند.

۲) ساختمانهای هوشمند

ساختمان‌های تجاری ممکن است شامل هزاران حسگر برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف مانند درجه حرارت، کارت خوانها، و فضای اشغال شده در پارکینگ باشند. داده‌های بدست آمده از این حسگرها باید تحلیل شوند تا مشخص گردد آیا اقداماتی نیاز هست یا خیر، بطور مثال راه‌اندازی یک زنگ هشدار آتش در صورت تشخیص دود. رایانش مه به عملگرهای مستقل محلی اجازه می‌دهد که عملکردشان را بهینه سازند. هر طبقه، واحد، یا حتی اتاق شخصی می‌تواند گره مه خود را که مسئول انجام نظارت، کنترل آب و هوا، تخمین ساکنین ساختمان و زیرساخت‌های ذخیره‌سازی برای اضافه کردن قابلیت‌های محدود تلفن‌های هوشمند محلی، تبلتها و کامپیوترها است، داشته باشد. رایانش مه با رایانش ابری کار می‌کند. بنابراین با تاریخچه طولانی که برای سنجش عملیات ساختمانی و کنترل فعالیتها دارد میتواند بر روی ابر تجمیع و بارگذاری شود.

۳) شبکه‌های هوشمند

شبکه‌های هوشمند یک کاربرد دیگر از محاسبات مه است که بر اساس تقاضا برای انرژی، در دسترس بودن و هزینه، دستگاه‌های هوشمند می‌توانند به طور خودکار منبع تامین انرژی خود را انتخاب کنند و از انرژی‌های جایگزین مانند انرژی خورشیدی و بادی استفاده کنند. پردازشگر لبه، داده‌ها را که بوسیله جمع‌کننده‌های مه و با فرمان‌های کنترلی تولید شده‌اند را جمع آوری می‌کند. داده‌ها فیلتر شده و بصورت محلی پردازش می‌شوند و از طریق سطوح بالاتر برای بصری‌سازی، تهیه گزارشات زمان واقعی و تجزیه تحلیل تراکنش‌ها، آماده می‌شوند.

شبکه‌های کامپیوتری اساسی‌ترین مولفه‌ی شبکه‌های هوشمند و کاربردهای اینترنت اشیا هستند. IoT از تعداد زیادی اشیا هوشمند و طیف وسیعی از پردازنده‌ها، حسگرها، کنترل کننده‌ها و عملگرها تشکیل شده که به منظور نظارت، کنترل و ارتباط بین اشیا هوشمند در شبکه استفاده می‌شوند. رایانش ابری یکی از الگوهای پردازشی است که به طور گسترده‌ای در شبکه‌های هوشمند استفاده می‌شود که در آن سرویس‌دهنده‌های موجود در ابر وظیفه‌ی هماهنگی بین اشیا را بر عهده دارند. اما از آنجاییکه اشیا بطور فراگیر توزیع شده‌اند، تاخیر ایجاد شده برای تبادل داده‌ها با مراکز ابر یکی از دغدغه‌های اصلی است، بخصوص برای کاربردهای حساس به تاخیر. به همین دلیل امروزه پردازش مبتنی بر مه به عنوان راه حلی برای این مشکل معرفی شده است که توانایی تعاملات بلادرنگ و ارائه‌ی سرویس‌های مبتنی بر مکان را دارد. علاوه بر این قابلیت پردازش محلی در این الگوی پردازشی باعث کاهش چشمگیر حجم داده‌های ارسال شده به ابر، که توسط اشیا تولید شده‌اند، می‌شود.

٤) رایانش مه و IOT

ظهور اینترنت اشیا، باعث شده است تا حجم زیادی از داده‌ها توسط اشیا متصل به اینترنت و به طور خاص حسگرها تولید شود و همین امر سبب شده تا نتوان به طور کارآمد و موثر از داده‌ها در جهت ارائه‌ی سرویس‌های بهتر، بهره برداری کرد. از سوی دیگر، دستگاه‌های مختلف، انواع مختلفی از داده‌ها را با اندازه‌های مختلف و در بازه‌های زمانی متفاوت تولید می‌کنند.

IoT یک نوع از شبکه است که به ارتباط اشیای مختلف از طریق اینترنت و برقراری ارتباط با یکدیگر می‌پردازد تا هدف آن یعنی فراهم کردن تجربه کاراتر و هوشمندتر محقق شود. رایانش مه به مفهوم اینترنت اشیاء با استفاده از شبکه‌های لبه کمک می‌کند.

تکنولوژی اینترنت اشیا به‌سرعت در حال پیشرفت و تکامل است، در حال حاضر طیف گسترده‌ای از ذینفعان در حال مطالعه‌ی دقیق چگونگی توزیع زیربنای محاسباتی و شبکه‌های رایانش لبه که به‌وسیله‌ی سرویس‌های رایانش ابری فعال می‌شوند، هستند.

رایانش ابری بنا به دلایل متعددی با کمبودهایی برای سرویس‌های IoT مواجه است و همه‌ی نیازهای آن را پاسخ نمی‌دهد، ازجمله این دلایل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

حجم بالای داده‌های تولیدشده‌ی IoT، توسط سرویس‌های متمرکز رایانش ابری پشتیبانی نمی‌شوند.

اگر داده‌ها برای پردازش شدن مدت طولانی در مسیر باقی بمانند، برخی از برنامه‌های کاربردی IoT عمل نخواهند کرد.

برای اپراتورهای شبکه، هزینه حمل‌ونقل برای انتقال این حجم از اطلاعات به رایانش ابری، مقرون‌به‌صرفه نیست.

لبه، شامل دستگاه‌هایی از IoT است که پردازش داده‌های حسگرهای وسایل نقلیه، تجهیزات تولیدی و دستگاه‌های هوشمند پزشکی را بر عهده می‌گیرد و قابلیت محاسبه، اتصال و تجزیه تحلیل داده‌ها را دارد. علاوه براین محققان قابلیت تجمع محلی داده‌ها و زیرساخت‌های محاسباتی لبه را نیز در روند عملکرد سیستم‌های IoT مؤثر می‌دانند.

Lynne Canavan از مدیران اجرایی رایانش مه، از مشکلات اصلی IoT در مواجهه با رایانش مه چنین بیان می‌کند: "رایانش مه کماکان به توسعه‌ی خود مبنی بر حل چالش‌های تکنیکی و برنامه‌های کاربردی پیشرفته‌ی دیجیتالی در حوزه‌ی IoT با به‌کارگیری شبکه‌ی 5G و هوش مصنوعی ادامه می‌دهد. برای استفاده از مواردی که نیاز به امنیت، شناخت و کارایی سریع دارند، رایانش مه نه‌تنها یک‌رویه‌ی بهتر بلکه ضروری‌ترین راهکار است."

۵) مدیریت تاخیر

هدف اصلی از ساز و کار مدیریت تاخیر[1] در پردازش مبتنی بر مه، محدود کردن زمان پاسخ به درخواست‌ها در یک حد قابل قبول است. این آستانه عبارت است از حداکثر تاخیر قابل تحمل برای یک سرویس یا حداقل نیازمندی یک کاربرد برای کیفیت سرویس (QoS).

تاخیر کلی محاسبات و ارسال و دریافت داده ی تمامی درخواست ها می تواند به وسیله توزیع وظایف پردازشی و تعدیل کارها روی گره های مختلف موجود در مه به حداقل رسد.

٦) فناوری نسل پنجم ارتباطات بی سیم

فناوری نسل پنجم (5G) [2] جدیدترین فناوری در حوزه ارتباطات بی‌سیم است که مزیت‌های فراوانی از جمله پوشش وسیع سیگنال، سرعت بالا، تحرک‌پذیری بالا و کاربردهای متنوع دارد. در مقایسه با نسل قبلی، یعنی نسل چهارم (4G)، نسل پنجم پتانسیل افزایش ظرفیت سیستم ها را تا 1000 برابر و کاهش تاخیر انتها به انتها تا 5 برابر، افزایش بهره وری انرژی تا حداقل 10 برابر و افزایش خروجی (بازدهی) تا حداقل 25 برابر را دارد. با توجه به ویژگی های ذاتی 5G، هنگامی که این فناوری در کنار پردازش مبتنی بر مه قرار گیرد می‌تواند پاسخگوی تقاضای خیلی از کاربردهایی که بسیار حساس به تاخیر هستند، یا کیفیت بالایی در ارتباطات بی‌سیم نیاز دارند، یا نرخ تبادل داده ی بسیار بالایی احتیاج دارند، باشد.

۷) کنترل سازه‌های غیر متمرکز هوشمند

[1] Latency Management
[2] Fifth generation

در این سیستمها، حسگرهای بی سیم بمنظور اندازه گیری دما، رطوبت یا ... اجزاء مختلف در سازه در فضای سازه نصب می‌شوند. بنابراین اطلاعات از حسگرهای مختلف در طبقات مختلف جابجا می‌شوند. این ابزار، پردازش مه را قادر می سازد تا واکنش بهتری را در قبال حوادث داشته باشد. چرخدنده‌ها و ابزار درگیر در سیستم که با یکدیگر کار می‌کنند دچار افزایش گرما می‌شوند. حسگرها در چنین حالتی بین حالت‌های مختلف سوئیچ می‌کنند. رعایت چنین چشم اندازی در پردازش مه برای سازه های هوشمند می‌تواند پایه‌ای برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی تلقی گردد.

۸) امنیت بصری

دوربین‌های تصویری، امروزه در محیطهای عمومی و خصوصی و پارکینگ‌ها جهت افزایش امنیت بکار برده می‌شوند. در صورت استفاده از پهنای باند وسیع برای ابر می‌توانیم داده‌ها را غیر مستقیم به ابر انتقال دهیم. برای مثال یک مرکز خرید یا یک فرودگاه را که دارای مشتریان بسیار زیادی برای ابر هستند در نظر بگیرید، برای کنترل ناهنجاریهایی که باعث تاخیر در سیستم می‌شوند، یک سیستم نظارتی بلادرنگ نیاز است. در چنین حالتی دو فاز خیلی مهم وجود دارد که عبارتند از فاز تشخیص ناهنجاری و فاز واکنش به آن ناهنجاری. در انتقال تصاویر یک دوربین مدار بسته، نگرانیهای امنیتی بسیار شدیدی وجود دارد. سیستمهای پردازش مه، نظارت بلادرنگ بر سیستمهای تاثیر پذیر از تاخیر را میسر می‌کنند. بنابر معماری پردازش مه تصاویر یک دوربین مدار بسته می‌تواند بین سیستمهای پردازش مه و ابرجابجا شوند. این نوع معماری، تشخیص و رفع خطاها را بسیار آسان می‌کند. چنین سیستمی برای شبکه هوشمند نیز میتواند کاربرد داشته باشد.

٦-۷-۲-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری رایانش مه

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
Fog Computing	آمریکا / موسسه برقی ادیسون (EEI)	۲۰۱۹	چالش ۲ چالش ۴ چالش ۵	استفاده از محاسبات مه در سطح شبکه برای سیستم مدیریت خاموشی منطقه می تواند پیشرفت چشمگیری در سرعت تشخیص و ترمیم خاموشی داشته باشد. موسسه برقی ادیسون (EEI) تخمین می زند که استقرار کنتور هوشمند در ایالات متحده در پایان سال ۲۰۱۷، ۷۶ میلیون نفر بوده است که ۶۵ درصد از خانواده های آمریکایی را تحت پوشش قرار می داد. پروژه های EEI این رقم را تا سال ۲۰۲۰، ۹۰ میلیون نفر تخمین میزند. یک مزیت مهم برای پرونده تجاری کنتور هوشمند این واقعیت است که هر کنتور می تواند هشدار قطع برق و سیگنال های تأیید ترمیم را هنگام خاموش شدن برق و زمان ترمیم آن ارسال کند. این قابلیت به شرکتهای توزیع کمک می کند تا در صورت وقوع قطع برق ، با سرعت بیشتری تشخیص و بازیابی کنند. اما در زمان خاموشی، کنتورهای هوشمند یک سونامی از هشدارهای خاموش را ارسال می کنند که می توانند

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				شبکه را تحت الشعاع قرار دهند و از ارزش آن هشدارها کم کنند. با استفاده از محاسبات مه در سطح شبکه ، روترهای شبکه یا سرورهای محلی و دروازه ها می توانند حجم زیادی از هشدارهای خاموش را در این زمینه فیلتر کنند و اطلاعات خلاصه را بر اساس یک مدل اتصال دقیق ارسال کنند که اطلاعات دقیق و عملی را در مورد شرایط قطع انجام می دهند.
Cisco® Fog computing	آمریکا / Cisco	2015	چالش ۱ چالش ۲ چالش ۴ چالش ۵ چالش ۱۰	خاموشی برق را با سرعت بازیابی می کند: گره های مه داده هایی را از نیروگاه ، شبکه ، پست و نقاط پایانی مشتری جمع می کنند. آنها دائماً داده ها را برای شناسایی مشکلات اولیه تجزیه و تحلیل می کنند و به اپراتور سیستم هشدار می دهند. تشخیص نقض امنیت فیزیکی: دوربین های موجود در ایستگاه های از راه دور، نقض ها را تشخیص داده و وقایع را در چندین مکان مرتبط می کنند. تشخیص نقض امنیت سایبری: پاسخ خودکار به جلوگیری از نفوذهایی که ایمنی را به خطر می اندازند کمک می کند. کاهش هزینه های نگهداری و افزایش قابلیت اطمینان سیستم: گره های مه شکن داده ها را از سیستم های مهم جمع می کنند و به دنبال شواهدی هستند که نشان می دهد سیستم ها به نگهداری نیاز دارند. پیش بینی تعمیر و نگهداری به جلوگیری از قطع برق و کاهش هزینه ها کمک می کند. تشخیص و حل سایر مشکلات : سنسورها در سراسر سیستم هشدارهایی درباره نوسان برق و سایر وقایع مهم ارسال می کنند.
Moxa Industrial Linux	Moxa	۲۰۱۸	چالش ۴ چالش ۵ چالش ۱۰	راه حل محاسبات مه Moxa شامل یک پلتفرم قدرتمند کسب اطلاعات و کنترل دستگاه است که لینوکس صنعتی Mox را بوجود آورده است. برای رفع نیاز به راه حل طولانی مدت برای پروژه های زیرساخت های عمرانی ، از جمله تولید برق و توزیع ، آب ، نفت و گاز ، حمل و نقل و اتوماسیون ساختمان ، Moxa به رهبران صنعت ، مانند Codethink، Hitachi، Plat'Home، Renesas، Siemens و Toshiba پیوسته است تا یک پلتفرم نرم افزاری

نام پروژه/محصول	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				تعبیه شده مبتنی بر لینوکس قابل اعتماد و مطمئن ایجاد کند. هدف ایجاد یک بستر منبع باز برای مدیریت و نظارت بر زیرساخت های عمرانی (civil) با قابلیت IoT و ایجاد امنیت ، ایمنی ، قابلیت اعتماد ، مقیاس پذیری و پایداری است. نسل دوم Moxa یک بستر کارآمد ، انعطاف پذیر و قوی را برای محیط های متنوع محاسبات مه و سناریوها ارائه می دهد.

جدول .Error! No text of specified style in document-۳۹- پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق

۸-۲-۳- امنیت اطلاعات و ارتباطات

تعاریف همگرا و مشابهی در مراجع مختلف در خصوص امنیت اطلاعات و ارتباطات وجود دارد. از آنجاکه استانداردهای موسسه IEC[1] به عنوان استانداردهای مرجع صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرند، استانداردهای سری IEC62351، با عنوان "امنیت اطلاعات و ارتباطات مربوط به مدیریت سیستم‌های قدرت و تبادل اطلاعات مربوطه" به عنوان مبنا جهت استخراج تعاریف امنیتی در این بخش قرار داده شده‌اند. برطبق مجموعه استانداردهایIEC62351، تامین امنیت در برقراری شاخص‌های امنیتی به شرح ذیل می‌باشد:

الف- دسترس‌پذیری

به منظور حفظ عملکرد معمولی شبکه برق، سیستم کنترلی و مخابراتی همواره باید در دسترس و آماده به کار باشد. این ویژگی به اپراتور این امکان را می‌دهد که در شرایط قطعی برق در اثر حادثه یا حملات تروریستی، مجددا امکان برق‌رسانی به سیستم را فراهم نماید.

ب- یکپارچگی

اطمینان از صحت و کامل بودن اطلاعات، یکی دیگر از شاخص‌های امنیتی می‌باشد. در دسترس بودن اگرچه یک شاخص مهم در امنیت سامانه‌های کنترلی و محیط‌های مخابراتی است، اما به تنهایی کافی نیست. یک مهاجم ممکن است سبب شود که اطلاعات نادرستی از وضعیت پست به اپراتور اسکادا منتقل شود و اپراتور را در جهت کنترل نادرست هدایت کند. در نتیجه مهاجم قادر است اقدامات غیرمجاز را به اجرا گذاشته و این کار را مستقیما از طریق سیستم اسکادا انجام دهد.

ج- محرمانگی و حریم خصوصی

حریم خصوصی و محرمانگی در اینجا به این معنی است که افراد غیرمجاز نتوانند به انواع اطلاعات، از طریق محیط مخابراتی و سیستم‌های کنترلی دسترسی پیدا کنند. اغلب، اصطلاح حریم خصوصی و محرمانگی به صورت یکسان استفاده می‌شوند، اما باید توجه کرد که بین حریم خصوصی و محرمانگی باید تمایز قائل شد. حریم خصوصی مربوط به حفاظت در برابر شناسایی کاربران و فعالیت‌های انجام شده به وسیله آنها می‌باشد. حریم خصوصی با استفاده از روش‌های تکنیکی (مانند گمنامی) برای اطمینان از اینکه

[1] International Electrotechnical Commission

ماهیت فرستنده اطلاعات فاش نشوند، به وجود آمده است. محرمانگی مربوط به حفاظت در مقابله با دسترسی به اطلاعات به صورت غیر مجاز است. رمزنگاری و کنترل دسترسی، روش‌هایی هستند که اغلب برای به وجود آوردن محرمانگی داده به کار برده می‌شوند.

د- انکارناپذیری

انکارناپذیری یک ویژگی است که به منظور جلوگیری از انکار اقدامات اپراتور از یک عمل انجام شده یا ادعای یک عمل انجام نشده بکار می‌رود. اقدامات اپراتور می‌تواند تغییر در پیکربندی تجهیز کنترلی و مخابراتی یا تغییر مسیرهای مخابراتی و غیره باشد.

در واقع عدم وجود امنیت در شبکه طبق استاندارد IEC، آسیب‌پذیری‌هایی را به شبکه تحمیل می‌کند که در اثر سوء استفاده از آن با بهره‌گیری از حملات مختلف امکان ناپایداری شبکه به طرز غیر قابل پیش‌بینی فراهم می‌شود. بر طبق این استاندارد امنیت می‌تواند با استفاده از حملات عمدی توسط کارمندان ناراضی، جاسوسان صنعتی و تروریست‌ها یا توسط حملات غیر عمدی به علت خطاهای کاربری، خرابی تجهیزات و وقایع بد طبیعی نقض شوند. این شاخص‌های امنیتی باید بتواند صنعت را در مقابل هر دو خطرات غیرعمدی و عمدی مقاوم نماید.

۱-۸-۲-۳- مزایا و معایب امنیت

نفوذ گسترده استفاده از فناوری‌های ارتباطات و اطلاعات در سطوح مختلف صنعت برق، بحث امنیت در صنعت برق را بیش از پیش پر رنگ نموده است. امروزه فناوری اطلاعات و ارتباطات در همه سطوح شبکه برق (تولید، انتقال، فوق توزیع، توزیع، مشترکین و بازار برق) و در همه فعالیت‌ها (کنترل، حفاظت، مانیتورینگ و ...) دارای نقش بسزایی است و عدم کارکرد صحیح و یا امکان حمله به آن، می‌تواند در همه سطوح، تهدید بالقوه محسوب شود. خرابی‌ها در شبکه مخابرات و حوزه فناوری اطلاعات در صنعت برق می‌تواند اثرات مستقیم بر عملکرد سطوح مختلف شبکه قدرت داشته و باعث آسیب‌پذیری‌های دنباله‌دار در شبکه قدرت شود. در واقع این ریسک‌های امنیتی می‌توانند منجر به ضررهای مالی بسیاری در شبکه صنعت برق و سایر صنایع شوند. یک شکاف امنیتی می‌تواند آثار مخرب سیاسی و اقتصادی را برای دولت، تجارت و شهروندان ایجاد نماید. این موضوع صنعت برق را به یک هدف وسوسه‌انگیز برای حمله سایبری از طرف تروریست‌ها تبدیل می‌نماید، لذا برقراری امنیت به منظور جلوگیری از آسیب به زیرساخت استراتژیک برق، لازم و ضروری می‌باشد.

مسلما برقراری امنیت در صنعت برق در کنار مزایایی که ارائه می‌دهد چالش‌هایی را نیز علاوه بر چالش‌های پیاده‌سازی امنیت در سیستم‌های عمومی نظیر تاخیر زمانی، توان پردازشی و توان مصرفی در پی‌دارد که این چالش‌ها به تفاوت سیستم‌های ICT عمومی با سیستم‌های کنترل صنعتی مرتبط می‌باشند. این تفاوت‌ها در

نشان داده شده‌اند.

گروه	زیرگروه	فناوری اطلاعات و ارتباطات	کنترل صنعتی
کارایی[1]	بلادرنگ	خیر	بله
	پاسخ‌دهی زمانی سامانه	در حد رضایت	حیاتی بودن تطابق با زمانبندی
	نرخ گذردهی	تقاضای زیاد برای نرخ بالا	پذیرش نرخ‌های متوسط
	تأخیر و ناپایداری زمانی	قابل پذیرش	غیر قابل پذیرش
	حیاتی بودن تعامل انسان- ماشین در فوریتها	کم	بسیار بالا
دسترسی‌پذیری[2]	راه اندازی مجدد	قابل پذیرش	با توجه به الزمات فرایندی می‌تواند غیر قابل پذیرش باشد
	آشفتگی در میزان دسترسی‌پذیری	آشفتگی می‌تواند نسبت به مأموریت قابل پذیرش باشد	آشفتگی باید مدیریت شده و مطابق با برنامه زمانی از قبل تعیین شده باشد
مدیریت مخاطرات[3]	حوزه‌های مهم	محرمانگی، یکپارچگی و صحت اطلاعات	ایمنی انسان‌ها و سامانه‌ها
	اهمیت تحمل خطا	کم- قطعی‌های موقت معمولا مخاطره مهمی نیست	بسیار بالا- حتی قطعی‌های بسیار کوتاه مجاز نیست
	بزرگترین مخاطره	آشفتگی عملیات کسب و کار	خطرات جانی، از دست رفتن تجهیزات فرایندی و ظرفیت تولید
مدل امنیتی[4]	محرمانگی- یکپارچگی- دسترسی‌پذیری	میزان اهمیت متناسب با کاربرد مربوطه می‌باشد. (معمولاً بالا- متوسط- متوسط)	در عملیات صنعتی دسترس‌پذیری از اولویت بالاتری نسبت به موارد دیگر برخوردار است. (معمولاً کم- بسیار بالا- بسیار بالا)
معماری امنیتی[5]	حوزه مورد توجه برای امن‌سازی	دارایی‌های مرتبط با کامپیوترها، اطلاعات ذخیره شده و مبادله شونده- سرورهای اصلی	تجهیزات پایانه‌ای از جمله PLCهای کنترلی،IEDها و همچنین سرورهای اصلی
راه‌حل‌های امنیتی[6]	نحوه بکارگیری	راه حل‌ها برای سامانه‌های عمومی IT ارائه شده‌اند	راه حل‌های موجود حتما باید برای تضمین عدم آسیب به عملیات صنعتی ارزیابی شوند
استانداردهای امنیتی[7]	مهمترین استانداردها و راهنماها	ISO-17799,27001, NIST SP800-53	ISA99/IEC62443, NERC CIP, NIST SP800-53,

[1] Performance Requirements
[2] Availability Requirements
[3] Risk Management Requirements
[4] Security Model
[5] Security Architecture
[6] Security Solutions
[7] Security Standards

گروه	زیرگروه	فناوری اطلاعات و ارتباطات	کنترل صنعتی
			IEC62351, NIST 7628, NIST SP 800-82
ارزیابی امنیتی[۱]	مهمترین روش‌ها	آزمون نفوذ	آزمون نفوذ برای HMI مجاز و برای تجهیزات فیلد غیر مجاز است
جرم‌شناسی سایبری[۲]	موجود بودن	در دسترس	در صورت وجود بسیار محدود
آگاهی و تخصص امنیتی کارشناسان[۳]	سطح	خوب	معمولا ضعیف
آثار تهدیدات امنیتی[۴]	نوع/حوزه	حوزه کسب و کار	حوزه کسب و کار، نوسان فرایندها، خسارت تجهیزات، آلودگی محیطی، ایمنی افراد
دسترسی فیزیکی[۵]	میزان جداسازی/سهولت دسترسی	کم/آسان	زیاد/کم
مدیریت سامانه‌ها[۶]	نوع	متمرکز	محلی
مدیریت تغییرات[۷]	نحوه	آسان و بر اساس سیاست امنیتی	سخت و نیازمند همکاری فروشندگان
منابع پردازشی[۸]	میزان محدودیت	نامحدود، با میکروپروسسورهای جدید	بسیار محدود با میکروپروسسورهای قدیمی
ابزارها و سیستم‌های عامل[۹]	نوع	تجاری آماده Linux, Unix, - Windows	خاص‌منظوره و همچنین تجاری آماده، سیستم عامل HMI، کرنل‌هایی که در تجهیزات فیلد تعبیه شده‌اند
ارتباطات[۱۰]	نوع	شبکه‌ها و پروتکل‌های استاندارد معمول شبکه مانند TCP/IP, UDP	انواع شبکه‌ها/ پروتکل‌های خاص منظوره / نیازمند دانش فنی ICS پروتکل‌های ارتباطی خاص نظیر: DNP3, Modbus, IEC60870-5-101,10، DLMS-COSEM ،IEC61850
پشتیبانی[۱۱]	تعداد فروشندگان[12]	فروشندگان با مارکهای متنوع	فروشندگان محدود

[1] Security Testing
[2] Cyber Forensics
[3] Security skills/awareness
[4] Impacts of Security Compromise
[5] Access to Components
[6] Administration
[7] Change Management (CM)
[8] Computing Resources
[9] Operating Systems and Applications
[10] Communications
[11] Managed Support
[12] Vendors

گروه	زیرگروه	فناوری اطلاعات و ارتباطات	کنترل صنعتی
چرخه خدمت‌رسانی[1]	طول عمر	۵-۳ سال	۲۰-۱۵ سال

جدول .Error! No text of specified style in document-۴۰ تفاوت‌های عملکردی سیستم‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات با سیستم های کنترل صنعتی [۱۵۲]

۲-۸-۲-۳- کاربردهای امنیت در صنعت برق و انرژی

فناوری‌های امنیت شامل راه‌حل‌ها و خدماتی می‌باشند که برای ایمن‌سازی زیرساخت‌های مهم شبکه ارائه می‌شوند. این راه‌حل‌ها می‌توانند به صورت in design در طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی نظیر پاسخ تقاضا و زیر سیستم‌های صنعت برق مانند زیرساخت اندازه‌گیری هوشمند، سیستم SCADA، RTU و ... پیاده‌سازی شوند یا به صورت مجزا به عنوان فناوری امنیتی توسعه داده شوند. این فناوری‌ها را از لحاظ کاربرد می‌توان به دسته‌های بخش‌بندی شبکه، پایش، تشخیص و جلوگیری از نفوذ، امنیت تجهیز و سامانه، مدیریت وقایع و رخدادها امنیتی و تست و ارزیابی امنیت دسته‌بندی نمود. فناوری‌های مورد استفاده در این دسته، مشابه فناوری های مورد استفاده در IT عمومی هستند و تفاوت آنها به نحوه پیاده‌سازی آنها برای حوزه صنعتی مرتبط است و ناشی از تفاوت سیستم های IT عمومی و صنعتی مطابق جدول ۱ می‌باشد.

۱-۲-۸-۲-۳- بخش‌بندی شبکه

جهت برقراری امنیت در شبکه از استراتژی‌های مختلفی می‌توان استفاده می‌شود که معروفترین آنها استراتژی دفاع در عمق است. بر اساس استراتژی دفاع در عمق، امنیت باید در لایه‌های مختلف برقرار شود تا نفوذ به شبکه سخت یا حداقل کند شود. در واقع در این استراتژی به جای اینکه دفاع در یک سطح صورت گیرد دفاع در چندین لایه با روش‌های مختلف امنیتی صورت می‌پذیرد. یکی از لایه‌های دفاعی برای مقابله با حملات، بخش‌بندی شبکه است. به منظور جلوگیری از نفوذ به شبکه صنعت برق لازم است که شبکه به مناطق مختلف بر اساس سطح امنیتی بخش‌بندی شود. به این منظور از فناوری‌های امنیتی مختلفی استفاده می‌شود که از این جمله می‌توان به فایروال، شبکه محلی مجازی[2] (VLAN) و دیتا دیود نام برد. این فناوری‌ها، فناوری جدیدی در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات نمی‌باشد. امروزه محصولات جدیدی از این فناوری‌ها با ویژگی بهتر بر پایه فناوری هوش مصنوعی، یادگیری ماشین توسعه داده شده‌اند.

۲-۲-۸-۲-۳- پایش، تشخیص و جلوگیری از نفوذ

یکی دیگر از لایه‌های دفاعی به‌منظور جلوگیری از نفوذ به شبکه صنعت برق پایش، تشخیص و جلوگیری از نفوذ یا حمله به سامانه‌های صنعت برق می‌باشد. در واقع به منظور برقرای یک دفاع مستحکم‌تر باید این فرض شود که یک مهاجم بتواند مرزهای ایجاد شده توسط فناوری فایروال یا دیگر فناوری‌های مربوطه را طی کرده و وارد منطقه حفاظت شده شود و به شبکه و تجهیزات دسترسی پیدا نماید. به منظور تشخیص این حملات می‌توان از سیستم‌های تشخیص و جلوگیری از نفوذ در بخش‌های مختلف شبکه صنعت برق و همچنین نقاط ورودی و خروجی استفاده نمود.

دو رویکرد اصلی برای الگوریتم‌های تشخیص نفوذ وجود دارند: رویکرد اول مبتنی بر امضاء است که در آن مجموعه‌ای از امضاها نگهداری می‌شود که توصیف‌کننده تهدیدات امنیتی شناخته‌شده هستند. رویکرد دوم مبتنی بر تشخیص ناهنجاری می‌باشد که در آن ترافیک شبکه به‌طور پیوسته کنترل و در برابر یک خط مبنای تعیین‌شده از پروفایل یا وضعیت ترافیک عادی مقایسه

[1] System Life Cycle
[2] Virtual Local Area Network (VLAN)

می‌شود. امروزه محصولات جدیدی از فناوری با بهره‌گیری هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و بلاکچین جهت بهبود ویژگی‌های کارکردی این فناوری توسعه داده شده است.

همچنین در این خصوص می‌توان از ضد بدافزار در درگاه ورودی شبکه نیز استفاده نمود. ضدبدافزار شبکه می‌تواند از ورود بدافزارها به شبکه و نفوذ در سامانه‌های مختلف جلوگیری نماید. اگرچه با استفاده از ضدبدافزار میزبان می‌توان از اجرای بدافزارهای مختلف در سامانه‌های مختلف جلوگیری کرد، اما استفاده از ضدبدافزار شبکه به عنوان یکی دیگر از راهکارهای دفاعی و راهبرد دفاع در عمق به افزایش امنیت کمک به سزایی می‌نماید.

یکی دیگر از فناوری‌های قابل استفاده در این خصوص فناوری هانی‌پات[1] یا کندوی عسل است. هانی‌پات از نظر امنیتی، فناوری است که به صورت ظاهرا واقعی در مقابل حملات، تظاهر به انجام عملیات واقعی می‌نماید ولی در عمل با استفاده از حملات و تهدیدهایی که به آن می‌شود، از مقاصد و اهداف مهاجمین استفاده کرده و روش‌های مقابله با آن‌ها را بهبود می‌بخشد. از آنجا که هانی‌پات، رفتار سامانه‌های آسیب‌پذیر امنیتی را شبیه‌سازی کرده و مهاجمین و روش‌های نفوذ آنها را شناسایی می‌نماید، برای هر سامانه کنترل صنعتی بسته به درجه اهمیت آن می‌توان از سامانه هانی‌پات استفاده نمود؛ البته با توجه به هزینه اجرا آن، بیشتر در سامانه‌های مهم‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد.

۳-۲-۸-۲-۳- امنیت سامانه یا تجهیز

محرمانگی و یکپارچگی، دسترس‌پذیری اطلاعات و ارتباطات شاخص‌های اساسی در امنیت تجهیزات یا سامانه صنعتی می‌باشند که در باید در انتقال اطلاعات و یا هنگام ذخیره‌سازی جهت جلوگیری شنود غیرمجاز اطلاعات و دستکاری اطلاعات و در نهایت حمله به آن تجهیز در نظر گرفته شوند. برای دستیابی به این شاخص‌ها از مکانیزم‌های مختلفی نظیر انواع روش‌های مدیریت هویت کاربر و پیام، رمزنگاری و مدیریت کلید استفاده می‌شود که این فناوری‌های به روش‌های مختلف و با استفاده از فناوری‌های جدید قابل دستیابی می‌باشند.

همچنین به منظور حفظ امنیت تجهیز یا سامانه می‌توان از فناوریهای نظیر ضدبدافزار میزبان، فایروال میزبان، سامانه تشخیص و جلوگیری از نفوذ، لیست سیاه و سفید استفاده نمود.

تولیدکنندگان تجهیزات امنیتی، رویکردهای متفاوتی در پیاده‌سازی سامانه‌های امنیتی میزبان داشته‌اند و بسیاری از آنها یک راه‌حل جامع به عنوان سامانه امنیت نقطه نهایی ارائه می‌دهند که در آن، فناوری‌های مختلف میزبان از جمله فایروال، آنتی‌ویروس، سامانه تشخیص و پیشگیری از نفوذ، کنترل‌های سخت‌افزاری، پیشگیری از اتلاف داده و لیست سفید برنامه‌ها موجود می‌باشند. در این صورت استفاده از این فناوری در کلیه رایانه‌های عمومی (دارای سیستم عامل‌های ویندوز، لینوکس، اندروید و غیره) اعم از سرور و کلاینت، و نیز دستگاه‌های همراه به عنوان نقاط میزبان مهم مورد توجه می‌باشد.

٤-۲-۸-۲-۳- مدیریت وقایع و رخداد ها امنیتی

در شبکه، فناوری‌های مختلف امنیتی، ایجاد رخداد و هشدار امنیتی می‌نمایند که اغلب رسیدگی به این هشدارها و قایع به صورت دستی امکان‌پذیر نیست. به منظور مدیریت وقایع و رخدادهای امنیتی از فناوری‌های امنیتی مدیریت رویدادنگارها[2]، سامانه مدیریت اطلاعات و رویدادهای امنیتی (SIEM[3]) استفاده می‌شود. این فناوری‌ها می‌توانند به صورت مرکزی وقایع و رخدادها را پایش، جمع‌آوری، نگهداری، همبسته‌سازی و مدیریت نمایند. در واقع این محصولات به صورت سلسله مراتبی وقایع و رخدادها در فایروال‌ها و سیستم‌های تشخیص نفوذ و دیگر اجزاء شبکه جمع‌آوری و آنها را مدریت می‌کنند. این سیستم‌ها کمک می‌کند تا

[1] Honey Pot
[2] Log Management
[3] Security Information and Event Management (SIEM)

مدیریت رخدادها یکپارچه شده و مثبت‌های کاذب سیستم‌هایی نظیر سیستم‌های تشخیص نفوذ حذف شوند. بنابراین مدیریت بهتر رخدادها و وقایع را فراهم می‌آورد. این فناوری به صورت مرکزی پیاده‌سازی می‌شود، امروزه با بکارگیری فناوری بلاکچین می‌توان به صورت غیر متمرکز از این فناوری بهره‌برد و میزان کارایی آن را بهبود بخشید.

۵-۲-۸-۲-۳- حریم خصوصی

یکی از چالش‌های مهم در شبکه هوشمند بحث حریم خصوصی به دلیل افشای اطلاعات شخصی در اثر کسب اطلاعات مصرف مشترکین می‌باشد. اهمیت این موضوع به گونه ای است که موسسهNIST، سند NIST 7628 vol 2 را خاص این موضوع منتشر نموده است. روش‌های مختلفی برای حفظ حریم خصوصی نظیر گمنامی[1]، جعلی بودن[2] و عدم اتصال‌پذیری[3] در نظر گرفته می‌شود. در این خصوص موضوعات قانونی و مقرراتی نیز حائز اهمیت می باشند که باید در نظر گرفته شوند.

٦-۲-۸-۲-۳- تست و ارزیابی امنیتی

به منظور ارزیابی ریسک شبکه و همچنین اطمینان از امنیت پیاده‌سازی شده از ابزارهای ارزیابی و تست استفاده می‌شود. از فناوری‌های این دسته می‌توان به پلتفرم های ارزیابی و مدیریت ریسک، اسکنر آسیب‌پذیری، تست کننده های پروتکل، انواع ابزارهای هک و غیره اشاره نمود.

چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری‌های امنیتی و پروژه صنعتی مرتبط

همانطور که در گزارش مرحله ۱ عنوان گردید، یکی از نیازمندی‌های عملکردی مورد نیاز برای ساختارهای نوین صنعت برق بحث برقراری امنیت در شبکه است. در این بخش به شرح پروژه‌های صنعتی پرداخته می‌شود که با هدف بر طرف‌سازی این نیازمندی‌ها اجرا شده‌اند. این پروژه‌ها و اطلاعات مربوطه به آنها در **Error! Reference source not found.** بیان شده ا ند.

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه/ سال	چالش	توضیح
ARROWHEAD framework[4]	اتحادیه اروپا / سوئد	65 2013-2017/M€	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی - احراز هویت و اعتبارسنجی	افزایش کارآیی و انعطاف پذیری در مقیاس جهانی با بهره‌گیری از اتوماسیون برای پنج کاربرد تولید، ساختمان و زیرساخت‌های هوشمند، خوردرو برقی و بازار مجازی انرژی با در نظر گرفتن اهداف زیر در این پروژه مد نظر بوده است. مدیریت داده به صورت بلادرنگ امنیت سیستم و داده

[1] Anonymity
[2] Pseudonymity
[3] unlinkability
[4] http://www.arrowhead.eu

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه/ سال	چالش	توضیح
				ویژگی‌های سیستمی بلادرنگ مقیاس‌پذیری سیستم‌های اتوماسیون صنعتی در این پلتفرم یک روش on board برای تعامل تجهیزات جدید در ابر محلی Arrowhead ارائه شده است. که اطمینان حاصل می‌کند که تنها تجهیزات معتبر و مجاز بتوانند در این ابر میزبان شوند [۱۵۳].
FUTUREFLOW2[1]	اتحادیه اروپا / اسلوونی	13 2016-2019/M€	چالش۱ و ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی – احراز هویت و اعتبارسنجی	طراحی راه‌حل‌های eTrading، Balancing و Redispatching برای شبکه برق در اروپا در این پروژه مد نظر بوده است. در این پروژه، راه حل ابداعی (embedded secure element) با کمک شرکت Gemalto با بهره‌گیری از فناوری بلاکچین به منظور احراز هویت و اعتبارسنجی ارائه شده است [۱۵۴].
SecureGrid[3]	اتحادیه اروپا /اسپانیا	2016- / 4 M€ 2018	چالش ۹، ۱و ۱۰– امنیت سامانه و تجهیز	از اهداف این پروژه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۱۵۵]: توسعه دستگاه های الکترونیکی با درجه بالاتری از امنیت سایبری است بر اساس استاندارد IEC 62443.

[1] http://www.futureflow.eu/
[2] http://www.clusterenergia.com /securegrid
[3] http://www.clusterenergia.com /securegrid

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه/ سال	چالش	توضیح
				توسعه تکنولوژی‌های امنیت سایبری جدید و آنالیز داده برای پستها توسعه دانش جدید در زمینه امنیت سایبری مورد استفاده در دستگاههای الکترونیکی هوشمند (IED) و پستها
SMILE - SMart mobILity at the European land borders[1]	اتحادیه اروپا/یونان	2017-2020/5M€	چالش ۱و ۱۰- امنیت سامانه و تجهیز	هدف این پروژه ارائه مجموعه راه حل های تکنولوژیکی ارزان قیمت است که باعث می شود مدیریت نقاط کنترلی مرزی با منابع کمتر امکانپذیر شود. در این پروژه به منظور برقرای امنیت، مکانیزم های رمزنگاری هوموروفیک،PUF۲ با بهرگیری از فناوری‌های فوتونی، پروتکل ابر اعتماد (CTP)۳ که اطمینان مبتنی بر شواهد را برای مشتری های ابر ایجاد می کند و بیومتریک نرم افزاری برای تجهیزات با توان کم ارائه شده است [۱۵۶].
FLEXNETT4	اتحادیه اروپا/ نروژ	2.2 M€ / 2017 -2015	چالش ۱و ۱۰- حریم خصوصی	در این پروژه افزایش انعطاف پذیری شبکه هوشمند آینده به روشی مقرون به صرفه، پایدار و مطمئن مد نظر می‌باشد. این کار با اثبات و تأیید راه حل های انعطاف پذیری فنی در بازار در سطح شبکه

[1] https://smile-h2020.eu ›
[2] Physical Unclonable Function
[3] Cloud Trust Protocol
[4] https://hafenstrom.com/new-project-flexnett/

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه/ سال	چالش	توضیح
				های مختلف انجام می شود تا تأثیر تولید خورشیدی بر انعطاف پذیری مشخص شود. در این پروژه حفظ حریم خصوصی با وجود افزایش اطلاعات و مدیریت کارا امنیت ICT مد نظر بوده است [۱۵۷].
SMARTEREMC2[1]	اتحادیه اروپا/ یونان	3.8 M€ / 2015-2017	چالش ۱و ۱۰/ تشخیص بدافزار	هدف این پروژه پیاده‌سازی ابزارهای فناوری اطلاعات و ارتباطات که از ادغام مصرف کنندگان از طریق خدمات پاسخ به تقاضا و ادغام DG / RES از طریق نیروگاه های مجازی پشتیبانی می کند. در این پروژه الگوریتم های تشخیص داده های بد برای شبکه های هوشمند طراحی شده است که برای شناسایی حملات مخفی و غیر مخفی بکار می رود. با بهره گیری از این الگوریتم امکان شناسایی سریع گره مورد حمله به وجود می‌آید. همچنین به منظور جلوگیری از حملات بعدی توصیه‌هایی برای نحوه تغییر توپولوژی سیستم پیشنهاد می شود [۱۵۸].
SUCCESS[2]	اتحادیه اروپا/ آلمان	M€۵ / 2016-2018	چالش ۱و ۱۰/ پایش امنیتی/ حریم خصوصی – امنیت سیستم	هدف این پروژه توسعه مرکز پایش امنیت برای زیرساخت‌های حیاتی شبکه pan اروپایی و توسعه اقدامات ابداعی برای بهبود امنیت در مقابل حملات

[1] http://www.smarteremc2.eu/
[2] https://success-energy.eu/

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه/ سال	چالش	توضیح
				سایبری به زیرساخت حیاتی است. در این پروژه بر مفاهیم ارجاع پذیری، امنیت و حریم خصوصی در طراحی در سرویس های انرژی صنعت برق تمرکز شده است. [۱۵۹]
CYBER-TRUST1	اتحادیه اروپا / یونان	2018- / 2.9M€ 2021	چالش ۱و ۱۰/ پایش امنیتی، جرم‌یابی، امنیت سامانه و تجهیز	پروژه CYBER-TRUST با هدف ایجاد یک پلتفرم خلاقانه برای تشخیص، شناسایی و کاهش ریسک‌های امنیتی در جهت مقابله با چالش های اساسی در جهت تأمین امنیت اکوسیستم دستگاه های IoT (خانه هوشمند، ساختمان هوشمند، اندازه گیری هوشمند و ...) ایجاد شده است. در این پروژه با تکیه بر تحقیقات بین رشته‌ای، یک چارچوب هوشمندانه دفاع سایبری فراهم شده است. در این پروژه با استفاده از فناوری بلاکچین امنیت بالاتری برای محرمانگی و امنیت داده همچنین برای تهیه شواهد دیجیتال برای بحث جرم‌یابی ارائه شده است. همچنین در این پروژه با بهره‌گیری از یادگیری ماشین و تجسم دودویی روش جدیدی برای تشخیص بدافزار ارائه شده است [۱۶۰و۱۶۱].

[1] http://cyber-trust.eu/

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه/ سال	چالش	توضیح
HyRiM Project Hybrid Risk Management for Utility Networks	اتحادیه اروپا	–	•چالش ۸ – رفع چالش عدم سرمایه گذاری ذینفعان چالش۱ و ۱۰/ ارزیابی ریسک و پایش امنیتی	هدف اصلی این پروژه تعیین معیارهای ریسک ترکیبی، ارائه روش های ارزیابی ریسک و پیاده سازی روش های مدیریت ریسک برای شرکتهای برق می باشد. [۱۶۲].
The SALVAGE Project (Cyber-phySicAl security for Low-VoltAGE grids)[1]	اتحادیه اروپا	–	چالش ۱و ۱۰/ ارزیابی ریسک و پایش امنیتی	ابزارهای جدیدی برای شناسایی آسیب‌پذیری‌ها در زیرساخت‌های ICT شبکه‌های هوشمند، برای ارزیابی تأثیر حملات سایبری بر تمامیت شبکه قدرت و تشخیص حملات مداوم مورد نیاز است. این پروژه بر روی توسعه این ابزارها تمرکز دارد. در این پروژه الگوریتم های جدید برای تشخیص نفوذ سایبری فیزیکی و تشخیص بد افزار بر مبنای شبکه عصبی مصنوعی ارائه شده است [۱۶۳].
NOBEL GRID[2]	اتحادیه اروپا	13.9M€ / 2015-2019	چالش ۱و ۱۰/ بخش بندی شبکه و کنترل دسترسی	در این پروژه بر برقراری امنیت با در نظر گرفتن فایروال ها و فیلتر کردن که بر اساس کنترل دسترسی بر مبنای نقش عمل می‌کنند، تمرکز شده است. در این پروژه کنترل دسترسی بر مبنای نقش به کنتور هوشمند اضافه شده است [۱۶۴].
SPARKS – Smart Grid Protection Against Cyber Attacks[3]	اتحادیه اروپا	4.8M€ / 2014-2017	چالش ۱و ۱۰/ پایش امنیتی، احراز	این پروژه چهارچوبی برای ارزیابی ریسک شبکه

[1] Cyber-phySicAl security for Low-VoltAGE grids
[2] http://nobelgrid.eu/
[3] http://www.sparksproject.eu/

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه/ سال	چالش	توضیح
			هویت و مدیریت کلید	هوشمند آینده ارائه می‌دهد. همچنین در این پروژه سیستم تشخیص نفوذ اسکادا بر مبنای آنالیز حالت و یادگیری ماشین پیاده‌سازی شده است [۱۶۲]. همچنین در این پروژه روشی سخت افزاری بر مبنای PUF جهت احراز هویت و مدیریت کلید کنتورهای هوشمند ارائه شده است [۱۶۶].
A Novel Access Control Blockchain Paradigm for Cybersecure Sensor Infrastructure in Fossil Power Generation Systems	دانشگاه کارنگی ملون	$400,000 2019	چالش ۱و ۱۰ –روش کنترل دسترسی	هدف از طراحی این پروژه، توصیف و نشان دادن یک پروتکل بلاکچین امن برای سیستم های تولید انرژی فسیلی است. این پروتکل، امنیت سایبری را برای تعامل ماشین با ماشین تقویت می کند؛ زیرساخت برای ثبت داده برای سنسورها فراهم می نماید؛ ذخیره سازی داده‌های غیرمتمرکز را فراهم می‌نماید و فن‌آوری‌های لایه دوم برای فعل و انفعالات ماشین به ماشین با حجم بالا ایجاد می‌نماید [۱۶۷].
Secure Data Logging and Processing with Block-chain and Machine Learning	دانشگاه بین المللی فلوریدا	$400,000 2019	چالش۱ و ۱۰ – روش پردازش و بایگانی داده به صورت امن	هدف این پروژه، برنامه‌ریزی برای ایجاد یک بستر جدید برای ثبت و پردازش داده به صورت امن در سیستم‌های تولید سوخت فسیلی است. این پلتفرم فن‌آوری‌های نوظهور بلاکچین و یادگیری ماشین را ادغام می نماید تا از یکپارچگی، قابلیت اطمینان

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه/ سال	چالش	توضیح
				و تاب‌آوری سیستم‌های قدرت در هنگام حملات سایبری اطمینان حاصل شود [۱۶۷].

جدول .Error! No text of specified style in document-**۴۱ پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق**

۹-۲-۳- فناوری‌های کوانتومی

فیزیک کوانتومی[1] یک تئوری بنیادی در فیزیک نظری است که پدیده‌ها را در کوچک‌ترین مقیاس در سطح اتم‌ها و ذرات کوچک تر از آن توصیف می‌کند. از بین فناوری‌های کوانتومی مختلف؛ شاخه‌های زیر رابطه نزدیکتری با حوزه فاوا دارند:

۱) مخابرات کوانتومی

a. رمزنگاری کوانتومی[2]

b. ارتباطات کوانتومی

۲) محاسبات(کامپیوترهای) کوانتومی[3]

۳) داده‌های کوانتومی[4]

۴) انتقال کوانتومی[5]

۵) الگوریتم‌های کوانتومی

۶) پردازش داده کوانتومی

۱-۹-۲-۳- مخابرات کوانتومی [۱۶۸]

فناوری‌های نوینی در حال ظهور هستند که بر مبنای کنترل خواص کوانتومی ذرات منفرد بنا شده اند. مخابرات کوانتومی، از جمله این فناوری ها است که اختصاص بودجه‌های بزرگ تحقیقاتی، عرضه نمونه‌های تجاری، اجرای پروژه‌های مخابرات کوانتومی در مراکز تجاری، سیاسی و نظامی کشورهای توسعه یافته و سرمایه‌گذاری برای اجرای پروژه‌های مشابه در سطح ارتباطات شهری و بین شهری این کشورها نشان‌دهنده اهمیت و گرایش جهانی به این موضوع است.

مخابرات کوانتومی را می‌توان به صورت کلی به دو دسته رمزنگاری کوانتومی و ارتباطات کوانتومی تقسیم بندی کرد که هر کدام از آن‌ها زیرشاخه‌های متعددی را دربرمی‌گیرند.

زیرشاخه های رمزنگاری کوانتومی آن دسته از حوزه‌های دانشی است که در آن‌ها کلید یا رمز ارتباطات با روش های کوانتومی و یا روش‌های مقاوم در برابر کوانتوم ایجاد می‌شود ولی در نهایت پیام رمزشده از طریق کانال کلاسیکی منتقل می‌شود. توزیع کلید کوانتومی (QKD[6]) معروفترین زیرشاخه رمزنگاری کوانتومی است که امروزه نمونه‌های تجاری آن نیز در بازار موجود است.

---

[1] Quantum Physics, Quantum Theory, Quantum Mechanics
[2] Quantum Cryptography
[3] Quantum Computing
[4] Quantum Information
[5] Quantum Teleportation
[6] Quantum Key Distribution (QSD)

زیرشاخه‌های ارتباطات کوانتومی شامل آن دسته از روش‌های ارتباطی است که در آن متن پیام مستقیماً بر روی منابع کوانتومی کد می‌شود و از طریق کانال‌های کوانتومی برای گیرنده ارسال می شود. مباحث مربوط به شبکه‌ها و ماهواره‌های کوانتومی نیز در دسته ارتباطات کوانتومی در نظر گرفته شده است. فرابردکوانتومی[1] معروفترین زیرشاخه ارتباطات کوانتومی است که اساس کار شبکه‌های تکرارکننده‌های کوانتومی نیز محسوب می شود. در ادامه نمونه‌هایی از پیاده‌سازی های مخابرات کوانتومی ارائه شده است [۱۶۸]:

- کشور ژاپن علاوه بر راه اندازی یک ماهواره کوانتومی، موفق به نصب یک شبکه توزیع کلید کوانتومی در چین بین پکن و شانگهای شده است.
- اتحادیه اروپا قصد دارد با توسعه، به شکل اینترنت کوانتومی و ارتباطات نقطه به نقطه کوانتومی موجود در بازار، به اهداف و چشم انداز خود دست یابد. فراهم کردن ارتباطات و ذخیره سازی اطلاعات امن تر و حفاظت از حجم بالای داده‌های ثبتی و انتقالی مانند پرونده‌های پزشکی و معاملات مالی شهروندان از جمله این اهداف است.
- کشور چین در چشم انداز کوتاه مدت ظرفیت شبکه‌های فیبری، سیستم ارتباطات امن کوانتومی شهری و در چشم انداز بلند مدت، به دنبال شبکه ارتباطات جهانی امن و عملی مبتنی بر رمزنگاری کوانتومی است.

کاربرد اصلی فناوری کوانتومی، تضمین امنیت ارتباطات در برابر تهدید رایانه‌های کوانتومی است. امنیت ارتباطات از جنبه‌های مختلف مانند محرک رشد اقتصادی، عامل کلیدی در تضمین امنیت ملی، دفاع ملی و مسائل ژئواستراتژیک است و می‌تواند برای دولت ها حائز اهمیت باشد.

۲-۹-۲-۳- کامپیوترهای کوانتومی

برخلاف کامپیوترهای عادی که در هر لحظه هر بیت می‌تواند ۰ یا ۱ باشد، کامپیوترهای کوانتومی می‌توانند از حالت سومی با استفاده از پدیده ی فیزیکی در مقیاس کوانتومی به نام Superposition [2] استفاده کنند که این امکان را فراهم می‌کند که یک بیت کوانتومی یا کیوبیت[3]، صفر، یک یا صفر و یک به طور همزمان باشد. کاربرد این پدیده افزایش نجومی ظرفیت محاسباتی در کامپیوترهای کوانتومی در مقایسه با سخت‌افزارهای مبتنی بر ترانزیستور است. Superposition شبیه مفهوم محاسبات موازی – یعنی محاسبات چند فرآیند همزمان است بدین ترتیب می‌توان به محاسبات با سرعت بالا، حداقل در مسائلی که قابل تبدیل به یک الگوریتم مناسب "موازی" هستند، رسید [۱۶۹]. به عنوان نمونه گوگل اعلام کرده است که می‌تواند برخی از الگوریتم‌ها را در در ماشین‌های کوانتومی خود ۱۰۰ میلیون بار سریعتر از پردازنده‌های معمولی اجرا کند [۱۶۹]. همانطور که دانش کوانتوم یک قرن پیش انقلابی در فیزیک ایجاد کرد، محاسبات کوانتومی نیز پتانسیل ایجاد انقلاب در پردازش اطلاعات را دارند.

پیش‌بینی می‌شود بازار محاسبات کوانتومی از ۹۳ میلیون دلار در سال ۲۰۱۹، به ۲۸۳ میلیون دلار در سال ۲۰۲۴ با CAGR[4] برابر با ۲۴.۹٪ افزایش یابد. بر اساس همین آمار، بازار QCaaS[5] از ۴ میلیون دلار در سال ۲۰۱۹ به ۱۳ میلیون دلار در سال ۲۰۲۴ با CAGR برابر با ۲۶.۸٪ خواهد رسید[۱۷۰]. رشد این بازار به افزایش تقاضا برای محاسبات کوانتومی در صنایع فضایی و دفاع، خودرو، شیمیایی، انرژی و برق، درمان و بهداشت، و بانکداری و مالی مربوط می شود. همچنین در طول این دوره پیش‌بینی می‌شود

[1] Quantum Teleportation
[2] Superposition: a particle may occupy more than one state at any one time; hence a qubit may be both a 1 and a 0 simultaneously. Superposition means that with N bits, one can operate on 2N numbers simultaneously; hence with only a few hundred qubits, one can simultaneously represent more numbers than there are atoms in the entire universe
[3] quantum bit: Qubit
[4] Compound annual growth rate (CAGR) is the rate of return that would be required for an investment to grow from its beginning balance to its ending balance, assuming the profits were reinvested at the end of each year of the investment's lifespan.
[5] Quantum Computing As A Service

بالاترین رشد در بازار محاسبات کوانتومی برای برنامه‌های شبیه‌سازی مواد ثبت شود. شرکت های خودروسازی Volkswagen AG (آلمان) از برنامه‌های شبیه‌سازی مواد در کامپیوترهای کوانتومی برای شبیه‌سازی ساختار شیمیایی باتری استفاده می‌کنند، نتایج این شبیه‌سازی‌ها برای توسعه باتری‌های با کارایی بالا در خودروهای الکتریکی مهم است. علاوه بر این، صنایع متعددی از کامپیوترهای کوانتومی و QCaaS برای شبیه‌سازی ساختار مواد استفاده می‌کنند[۱۷۰].

شرکت‌های اصلی که در بازار محاسبات کوانتومی فعالیت می‌کنند عبارتند از[۱۷۰]:

- D-Wave Systems Inc. (Canada)
- QX Branch (US)
- International Business Machines Corporation (US)
- Cambridge Quantum Computing Limited (UK)
- QB Information Technologies (Canada)
- QC Ware, Corp. (US)
- StationQ - Microsoft (US)
- Rigetti Computing (US)
- Google Inc. (US)
- River Lane Research (US)

از نظر جغرافیایی بازار محاسبات کوانتومی به طور گسترده ای به آمریکای شمالی، اروپا و APAC [1] تقسیم شده است. از نظر ارزش، آمریکای شمالی بزرگترین سهم از بازار محاسبات کوانتومی (۴۵٪) در سال ۲۰۱۸ را به خود اختصاص داده است (در مقایسه با اروپا ۳۸٪ و آسیا–استرالیا ۱۷٪). این سهم نسبتا بالا به شرکت‌های کلیدی مستقر در این منطقه و همچنین روند رو به رشد استفاده از برنامه های کاربردی محاسبات کوانتومی در صنایع دفاع، شیمیایی، بانکداری و امور مالی مربوط می‌شود[۱۷۰].

انتظار می رود که رشد بازار محاسبات کوانتومی در بالاترین میزان برای راه حل های مشاوره‌ای در APAC در طول ۲۰۱۹–۲۰۲۴ اتفاق افتد. این رشد مرتبط با تقاضای رو به رشد برای کاربردهای محاسبات کوانتومی از طرف اقتصادهای در حال ظهور از جمله چین و کره جنوبی، به ویژه در صنایع دفاع، بهداشت و درمان و انرژی و قدرت در سال‌های آتی می‌باشد [۱۷۱].

۳-۹-۲-۳- اکوسیستم، مزایا/چالش‌ها فناوری کوانتومی مرتبط با فاوا

مزایای فناوری کوانتومی در حوزه فاوا

- سرعت بالا در محاسبات
- سرعت بالا در کاربردهای یادگیری ماشین و تحلیل دیتا
- انتقال دیتای امن(رمزنگاری کوانتومی)
- اطلاع رسانی سرقت اطلاعات
- توانایی حل مسائل پیچیده

چالش های فناوری کوانتومی در حوزه فاوا

- کمبود نیروی متخصص
- عدم آگاهی از توانایی‌ها و امکانات کامپیوترهای کوانتومی
- نیاز به شرایط محیطی خاص برای کارکرد کامپیوترهای کوانتومی
- محدودیت‌های تئوری کوانتومی

[1] Asia-Pacific

- افزایش هزینه‌ها برای پیاده‌سازی عملی مخابرات کوانتومی
- چالش‌های سخت‌افزاری
- حملات روی پیاده‌سازی QKD[1] عملی
- محدودیت فاصله سیستم‌های QKD

اکوسیستم مخابرات/محاسبات کوانتوم [۱۷۲]

بازیگران عمده اکوسیستم مخابرات/محاسبات کوانتومی عبارتند از:

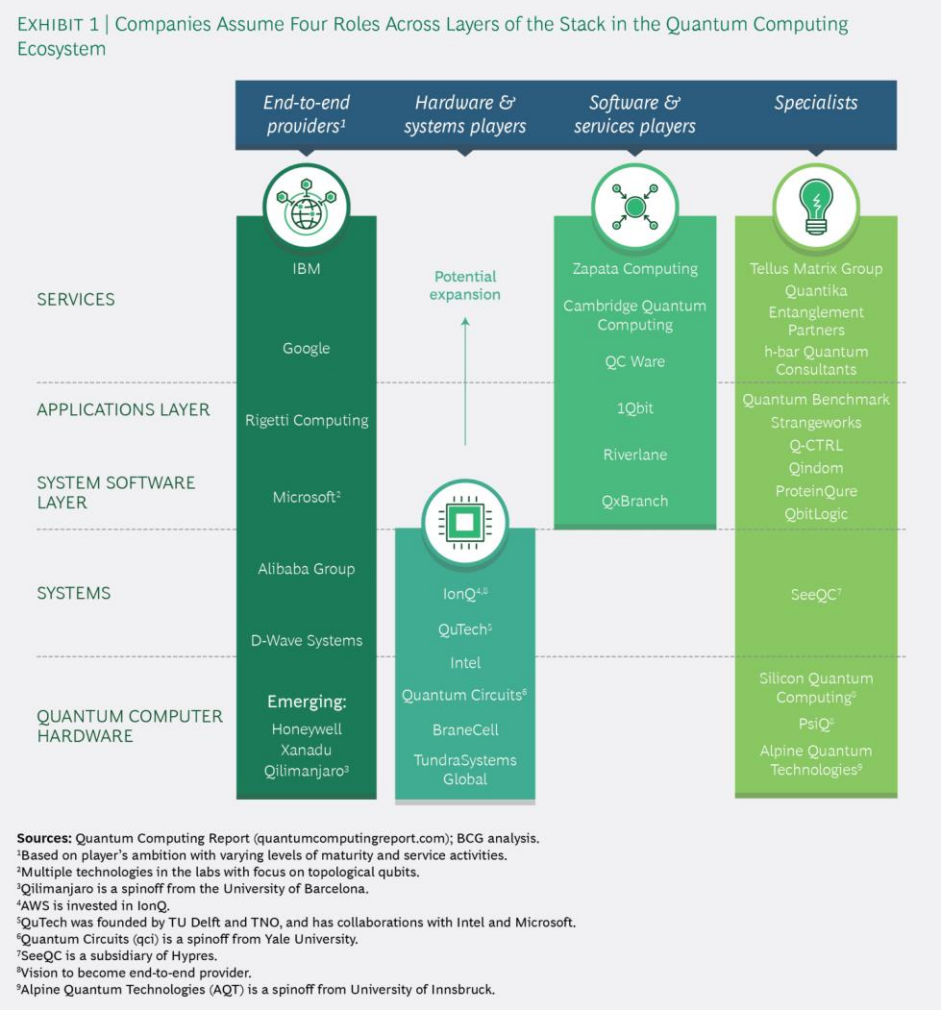
- شرکت‌های فناوری
- کاربردها و کاربران (صنایع)
- موسسات پژوهشی و دانشگاه‌ها
- سازندگان تجهیزات
- سازمان ها، فروم‌ها، اتحادیه ها و انجمن‌های استانداردهای مرتبط
- تحلیل‌گران و استراتژیست ها
- نهادهای دولتی، سرمایه داران و شرکت های خصوصی

در ادامه در شکل **.No text of specified style in document** !Error– ۲۰ و شکل **No text of** !Error **specified style in document.**–۲۱، نقش شرکت‌های فناوری در اکوسیستم محاسبات کوانتومی و کاربردهای محاسبات کوانتومی و کاربران آن در صنایع مختلف از جمله انرژی ارائه شده است [۱۷۲].

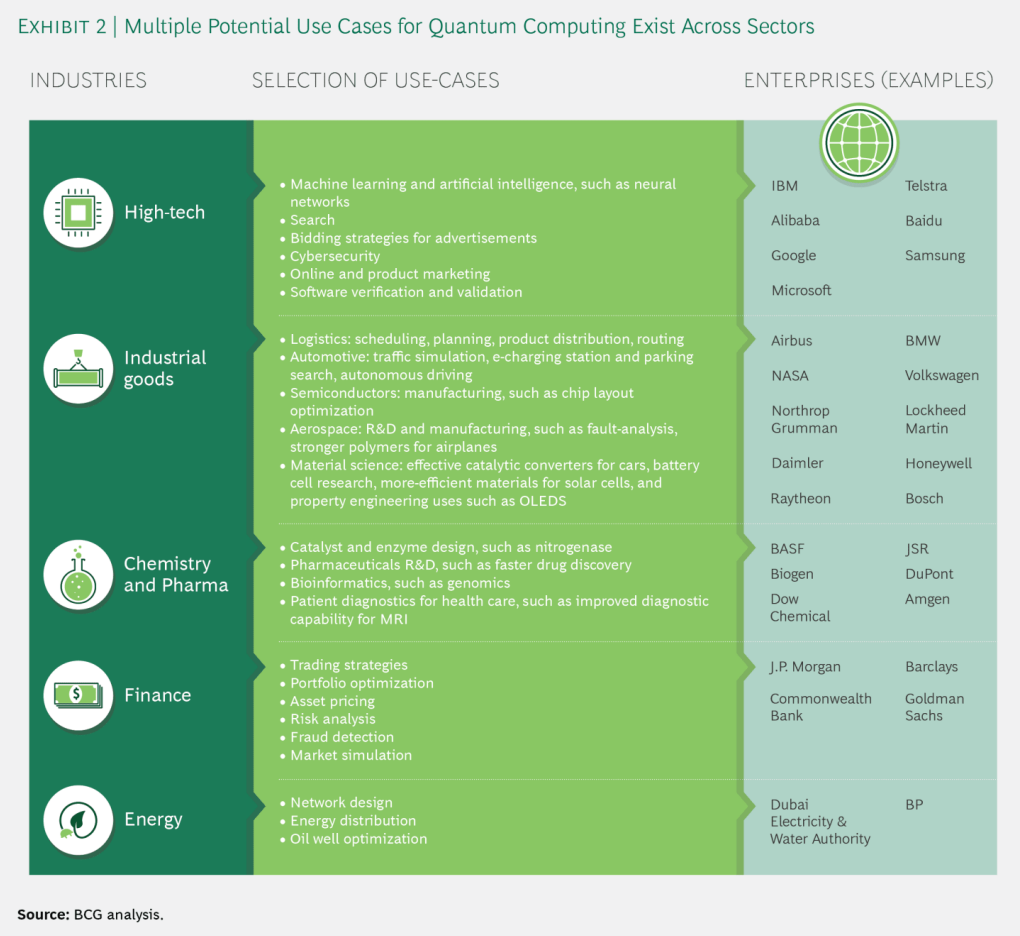
همانگونه که در شکل **.No text of specified style in document** !Error– ۲۰ ملاحظه می‌شود شرکت‌ها در لایه‌های مختلف اکوسیستم محاسبات کامپیوتری (سرویس، کاربرد، نرم‌افزار سیستمی، سیستم و سخت افزار کامپیوتر کوانتومی)، ۴ نقش اساسی: ارائه دهنده سیستم، تولیدکننده نرم/سخت افزار، ارائه کننده نرم افزار و سرویس و تخصص های خاص ایفا می کنند.

در شکل **.No text of specified style in document** !Error– ۲۱کاربردهای ممکن محاسبات کامپیوتری همراه با نمونه های عملی در صنایع مختلف ارائه شده است. طراحی شبکه، توزیع انرژی و بهینه سازی چاه های نفت از کاربردهای صنعت انرژی عنوان شده‌اند. شرکت های آب و برق دبی و British Petroleum(BP) نیز عنوان شرکت‌های استفاده کننده معرفی شده‌اند.

[1] Quantum Key Distribution (QSD)



شکل .Error! No text of specified style in document–**۲۰– نقش شرکت‌های فناوری در اکوسیستم محاسبات کوانتومی**



شکل .Error! No text of specified style in document–**۲۱– کاربردهای محاسبات کوانتومی در صنایع**

٤-۹-۲-۳- بررسی سرمایه‌گذاری و توسعه برنامه‌های زیرساختی برای محاسبات کوانتومی در بخش خصوصی[۱۷۰] [۱٦۹]

سرمایه گذاری

در سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری در Startupهای محاسبات کوانتومی افزایش چشمگیری داشته است. شکل Error! **No text of specified style in document.**-۲۲، سرمایه گذاری در Startupهای محاسبات کوانتومی را نشان می دهد [۱۷۲].

بازار محاسبات کامپیوتری براساس صنعت، نوع سرویس، منطقه و .... در

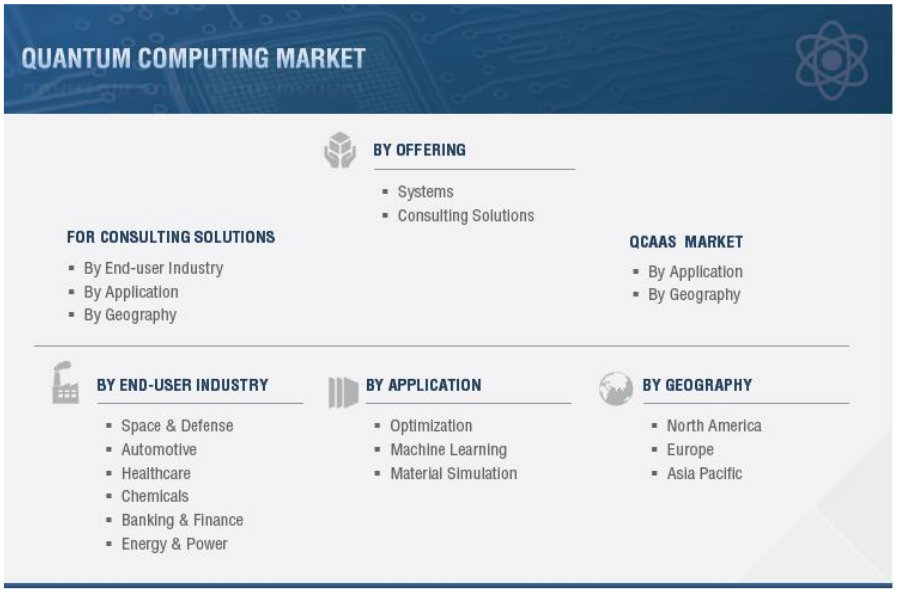
شکل **.Error! No text of specified style in document**-۲۳آمده است. علاوه برصنایع حمل و نقل، شیمیایی و بانک‌ها، صنعت انرژی نیز از جمله صنایع عمده مصرف کننده این تکنولوژی است. کاربردهای عمده محاسبات کامپیوتری در زمینه‌های بهینه سازی، یادگیری ماشین و شبیه سازی مواد است.

EXHIBIT 3 | Funding for Startups Has Increased in Recent Years

Startup	Total [US$ millions]	Most recent funding	
D-Wave Systems	205	June 1, 2018	US$10 million of grant funding in a deal led by the Canadian Government
Rigetti Computing	119	March 28, 2017	Announced further US$40 million in its series B round of funding
PsiQ	65	Undisclosed	Undisclosed
Silicon Quantum Computing	60	August 2017	AU$83 million venture funded by: New South Wales Government (AU$9 million), University of New South Wales (AU$25 million), Commonwealth Bank of Australia (AU$14 million), Telstra (AU$10 million over two years), and the Australian Government (AU$25 million over five years)
Cambridge Quantum Computing	50	August 26, 2015	US$50 million of development capital
1QBit	35	November 28, 2017	CA$45 million of development capital in Series B funding
IonQ	22	February 24, 2017	US$20 million of Series B venture funding
Quantum Circuits	18	November 13, 2017	US$18 million of Series A venture funding
Alpine Quantum Computing	12	February 8, 2018	€10 million of grant funding
QC Ware	8	July 5, 2018	US$7 million of Series A venture funding
Optalysys	8	September 21, 2017	£3 million of seed funding from undisclosed investors
Nextremer	5	August 8, 2017	JP¥500 million of venture funding
Oxford Quantum Circuits	3	September 8, 2017	£2 million of venture funding

Sources: Crunchbase; Pitchbook; BCG analysis.

شکل .Error! No text of specified style in document–**۲۲**– **سرمایه گذاری در Startupهای محاسبات کوانتومی**



شکل .Error! No text of specified style in document–**۲۳**– **بازار محاسبات کوانتومی**

کشورها نیز وارد یک مسابقه سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری‌های کوانتومی شامل ارتباطات، حسگرها و محاسبات کوانتومی شده‌اند. چین در این زمینه با یک بسته ۱۰ میلیارد دلاری برای برنامه کوانتومی در پنج سال آینده پیشتاز است ، ۳ میلیارد دلار از این مبلغ برای محاسبات کوانتومی اختصاص داده شده است. اروپا با۱،۱ میلیارد دلار کمک مالی از کمیسیون اروپایی و کشورهای

عضو اروپا در این بازی است، بعلاوه کشورهای مختلف اروپایی که بطور جداگانه نیز در این زمینه سرمایه گذاری کرده‌اند ازجمله انگلستان که ۳۸۱ میلیون دلار به برنامه ملی فن‌آوری کوانتومی اختصاص داده است. مجلس نمایندگان ایالات متحده، قانون طرح ملی کوانتومی با بودجه‌ی معادل ۱.۲۷۵ میلیارد دلار را در تکمیل طرح‌های وزارت انرژی، به دفتر تحقیقات ارتش و بنیاد ملی علوم اختصاص داده است. از کشورهای دیگر فعال در این زمینه می‌توان به ویژه به استرالیا، کانادا و اسرائیل اشاره کرد.

توسعه برنامه‌های زیرساختی

- Volkswagen AG در حال کار بر روی یک سیستم مدیریت ترافیک با محاسبات کوانتومی است. اگر چه برنامه‌های کاربردی AI بر روی سخت افزارهای معمولی، خودروها و خیابان ها را هوشمندانه تر می‌سازند، ولی نمی توانند با سرعت پردازش و قدرت کامپیوترهای کوانتومی مقایسه شوند. فولکس واگن برنامه‌ریزی کرده است که از این طریق بتواند الگوهای ترافیک را ساعت ها پیش از وقوع پیش بینی کند، ترافیک را کاهش دهد و تقاضا برای حمل و نقل عمومی و خدمات به اشتراک گذاری را پیش بینی کند.
- Volkswagen AG از ترکیبی از محاسبات متعارف و کوانتومی برای بهینه سازی مسیرهای تاکسی در پکن با استفاده از تحلیل میلیاردها نقطه داده های منحصر به فرد از ۱۰،۰۰۰ تاکسی و الگوهای رفتاری کاربران تلفن همراه برای راهنمایی کردن رانندگان تاکسی به مناطقی که در آنها افزایش تقاضا در ساعت های آتی پیش بینی می‌شود، استفاده می‌کند.
- علاوه بر فولکس واگن، فورد نیز به دنبال استفاده از محاسبات کوانتومی برای مدیریت هوشمندانه حمل و نقل است. شرکت موتور فورد (ایالات متحده) قراردادی را با NASA برای دسترسی به کامپیوتر کوانتومی D-Wave، به منظور بهبود کارایی وسایل نقلیه ناوگان، بهینه‌سازی مسیرهای رانندگی و بهبود ساختار باتری وسایل نقلیه الکتریکی امضا کرده است.
- Daimler AG (آلمان) هم به سایر شرکت های خودرو سازی که برنامه های بالقوه محاسبات کوانتومی را تست می‌کنند، پیوسته است.
- در زمینه های گوناگون حمل و نقل، محاسبات کوانتومی برای بهینه‌سازی فعالیت‌های تدارکاتی با ایجاد جریان روان کالا در حمل و نقل‌های دریایی، هوایی و زمینی استفاده می شوند. کامپیوترهای کوانتومی می‌توانند نوعی از حمل و نقل که انعطاف‌پذیر است و به تقاضا پاسخ می‌دهد را فعال کنند (در مقایسه با اینکه مسیرهای از پیش تعین شده را دنبال کند)، همچنین می‌توانند برای بهینه‌سازی مسیرهای ترافیک هوایی در مقیاس ملی استفاده شوند و تاخیرهای ناشی از کنترل ترافیک را حذف کنند.
- QxBranch LLC شبیه‌ساز محاسبات کوانتومی را برای بانک Commonwealth استرالیا راه اندازی کرده است که فرایندهای بانکی با استفاده از آن، توسط الگوریتم های کوانتومی پیاده سازی می‌شوند.
- Atos SE شبیه‌ساز کوانتومی با نام Atos QLM: Atos Quantum Learning Machine را راه اندازی کرده است که قوانین فیزیک را برای پیاده‌سازی الگوریتم های کوانتومی شبیه‌سازی می کند.

۵-۹-۲-۳- محاسبات کوانتومی و شبکه انرژی/برق

کامپیوترهای کوانتومی می‌توانند کمک کنند که شبکه‌های هوشمند الکتریکی در مقیاس وسیع و به نحو بسیار کارآمدتری کار کنند. شبکه‌ی هوشمند با استفاده از سنسورها، تجزیه و تحلیل داده‌ها و سخت افزارهای متصل، برق را بر اساس تقاضا در اختیار مشترکین قرار می‌دهد. در مقایسه با پیش‌بینی تقاضا در سطح کنتور، کامپیوترهای کوانتومی می‌توانند تقاضا را در سطح تجهیز پیش بینی و مدیریت کند. مزایای مشابه می‌تواند به سایر خدمات مانند آب و گاز نیز اعمال شود مضافا بر اینکه ارزش اقتصادی و محیط زیستی

که بدین ترتیب ارائه می شود نمی‌تواند نادیده گرفته شود. نمونه‌هایی از کاربرد محاسبات کوانتومی در صنعت برق در ادامه آمده است:

- ExxonMobil1 یک قرارداد همکاری با IBM به منظور توسعه امکان استفاده از رایانش کوانتومی در توسعه فناوری‌های نسل بعد تولید انرژی بسته است [۱۷۳] و بعنوان بخشی از این قرارداد اولین شرکت انرژی است که به شبکه IBM Q2 پیوسته است. بکارگیری محاسبات کوانتومی ExxonMobil را قادر به پاسخگویی به مشکلات محاسباتی پیچیده در زمینه های مختلف کاربردی، از جمله بهینه‌سازی شبکه برق کشور، و انجام مدل‌های پیش‌بینی کننده محیط زیست و محاسبات شیمی دقیق کوانتومی برای کشف مواد جدید برای جذب کارآمدتر کربن می کند.
- سنسورهای اندازه‌گیری شبکه برق ایالات متحده در هر دو ثانیه، ۳ پتا بایت (معادل ۳ میلیون گیگابایت) داده را جمع‌آوری می‌کنند. تجزیه و تحلیل داده ها در این مقیاس وسیع بویژه وقتی که اطلاعات مهم در یک پایگاه داده غیرقابل دسترس ذخیره می‌شوند تبدیل به چالش می‌شود. محققان دانشگاه پوردو۳ [۱۷۴] برای سرعت بخشیدن به دسترسی به پایگاه داده با ترکیب الگوریتم های کوانتومی با محاسبات کلاسیک درکامپیوترهای کوچک کوانتومی در حال کار بر روی یک راه حل هستند. آنها از داده‌های سنسورهای آزمایشگاه ملی وزارت انرژی ایالات متحده (PMU) استفاده می‌کنند که که اطلاعات ولتاژ، جریان و تولید مربوط به شبکه برق را جمع آوری می‌کنند.

٦-۹-۲-۳- پروژه های نمونه برای حل چالش های صنعت برق

نمونه هایی از پروژه های مرتبط با محاسبات کوانتومی که در زمینه و یا در راستای حل چالش های صنعت برق انجام شده/می شوند، در جدول **No text of specified style in document.** !Error-۴۲ارائه شده است.

ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	سال و بودجه ($)	چالش	شرح مختصری بر پروژه
۱	قراردادExxonMobil و IBM [۱۷۵]	امریکا	ژانویه ۲۰۱۹	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	توسعه نسل بعدی فن آوری های انرژی و ساخت – در راستای بهینه سازی شبکه برق، اجرای مدلسازی پیش بینی کننده و کشف مواد جدید برای کاهش آلودگی کربنی
۲	برنامه ای (plan) که طی آن پروژه‌های متعددی به دانشگاه‌ها و شرکت‌ها واگذار شده است [۱۷۵].	امریکا / وزارت انرژی	آوریل ۲۰۱۹ ۶۰.۷ ملیون	•چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری،	توسعه الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای جدید برای کامپیوترهای کوانتومی (برای پشتیبانی تحقیقات گسترده وزارت انرژی در زمینه محاسبات کوانتومی)

1 ExxonMobil one of the world's largest publicly traded international oil and gas companies, is an American multinational oil and gas corporation headquartered in Irving, Texas

2 IBM Q: a worldwide community of Fortune 500 companies, startups, academic institutions and national research labs working to advance quantum computing and explore practical applications for science and business

3 Purdue

ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	سال و بودجه ($)	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی	
۳		امریکا / وزارت انرژی	اوگست ۲۰۱۹ ۳۷ملیون	•چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	تحقیق در زمینه مواد و شیمی کوانتومی برای کاربردهای صنعت برق (از جمله کاهش آلودگی)
۴	تحقیق دانشگاهی Quantum computing for energy systems optimization [۱۷۶]	امریکا / Cornell University	جولای ۲۰۱۹	•چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	تحقیق در زمینه محاسبات کامپیوتری: استفاده از پلتفرم محاسبات کوانتومی ابری IBM و Dwave برای حل مشکلات ساده در بخش های مختلف صنعت انرژی از جمله تخصیص موقعیت مکانی برای توسعه زیرساخت های سیستم های انرژی (مانند مزارع بادی) ، پخش بار و مبدل های حرارتی
۵	[۱۷۴]	امریکا / Purdue University	۲۰۱۸	•چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	مانیتورینگ شبکه برق با ترکیب الگوریتم های کوانتومی با محاسبات کلاسیک در کامپیوترهای کوانتومی برای تسریع دسترسی به پایگاه داده
۶	پروژه آب و برق دبی با مایکروسافت [۱۷۶]	شرکت آب و برق دبی(DEWA)	اوگست ۲۰۱۹	•چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود با استفاده از فناوری های نوین	اداره برق و آب و برق دبی (DEWA) با همکاری مایکروسافت، راهکارهای جدید مبتنی بر تکنولوژی کوانتومی را برای بهینه سازی انرژی و سایر چالش هایی که کامپیوترهای معمولی دارای محدودیت های جدی هستند ، تهیه می‌کند.

جدول .Error! No text of specified style in document-۴۲- پروژه‌های نمونه فناوری کوانتوم برای حل چالش-های موجود در صنعت برق

۱۰-۲-۳- شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار (SDN) [۱]

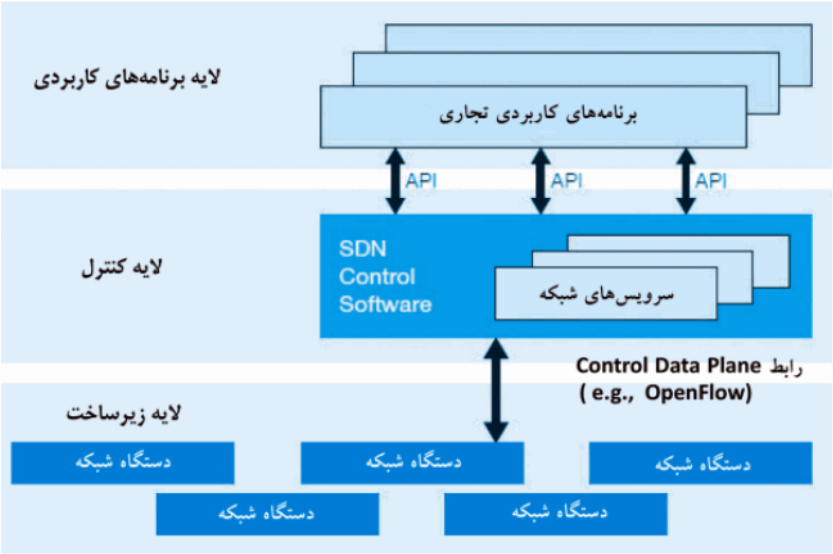
ایده اصلی SDN از سال ۱۹۹۶ و برای ایجاد مدیریت کاربر روی ارسال و دریافت در گره‌های شبکه مطرح شد. یکی از چالش‌هایی که صنعت فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)[۲] امروزه با آن روبروست مدیریت شبکه‌هایی است که حجم انتقال اطلاعات در آن‌ها روز به روز در حال افزایش است. یک شبکه از تعداد زیادی کاربر یا گره انتهایی، مسیریاب[۳] و سوئیچ تشکیل شده است که با افزایش تعداد کاربران، داده‌های کنترلی نیز در شبکه زیاد می‌شود. برای این که شبکه بتواند قابلیت اطمینان، پایداری، بازدهی بالایی داشته باشد باید بتواند به صورت آنلاین و با تاخیر بسیار کمی اجزاء شبکه را مورد بررسی قرار داده و کنترل کند. به همین دلیل انتقال سریع داده‌های کنترلی از اهمیت بالایی برخوردار است. راه حلی که SDN پیشنهاد می‌کند جدا کردن لایه کنترل از لایه داده می‌باشد. در شبکه‌های مبتنی بر IP مسیریاب‌ها مجهز به لایه‌های کنترلی و داده‌ای هستند که به ترتیب مسئولیت مسیر و انتقال داده را بر عهده دارند اما در شبکه‌های SDN لایه کنترل از مسیریاب جدا شده و در سرویس‌دهنده مرکزی به نام کنترل کننده[۴] قرار می‌گیرد. در این نوع شبکه‌ها با اضافه کردن ماژول‌های نرم‌افزاری مختلف به کنترل‌کننده می‌توان رفتار شبکه را مورد بررسی قرار داد و آن را مدیریت کرد.

۱-۱۰-۲-۳- معماری SDN

در شکل **No text of specified style in document.** !Error-۲۴ نمای کلی از معماری SDN نشان داده شده است که از سه لایه زیرساخت، لایه کنترل و لایه برنامه‌های کاربردی تشکیل شده است و در آن واسطه‌های شمالی[۵] و جنوبی[۶] وظیفه برقراری ارتباط بین لایه‌ها را بر عهده دارند. واسط شمالی رابط بین برنامه‌های کاربردی شبکه و کنترل‌کننده‌ها است و واسط جنوبی رابط بین دستگاه‌های انتقال و کنترل‌کننده می‌باشد که از طریق پروتکل استانداردی مانند OpenFlow نحوه تعامل بین سطح داده و کنترل انجام می‌شود. به منظور تحقق بخشیدن به ایده SDN دو عامل اساسی مورد نیاز بود. اولا باید یک معماری منطقی مشترک بین تمامی سوئیچ‌ها، مسیریاب‌ها و دیگر تجهیزات شبکه وجود می‌داشت و ثانیا یک پروتکل امن بین SDN و تجهیزات شبکه مورد نیاز بود. برای ایجاد این مفهوم پروتکل‌های زیادی از جمله Ipsilon، Ethan، IETF و OpenFlow مطرح شدند. استاندارد OpenFlow توسط بنیاد شبکه آزاد (ONF)[۷] تنظیم شده است. اولین نسخه از آن در سال ۲۰۰۸ و در دانشگاه استنفورد تهیه شده و نسخه ۱.۳ آن در سال ۲۰۱۲ توسط ONF ارائه شده است.

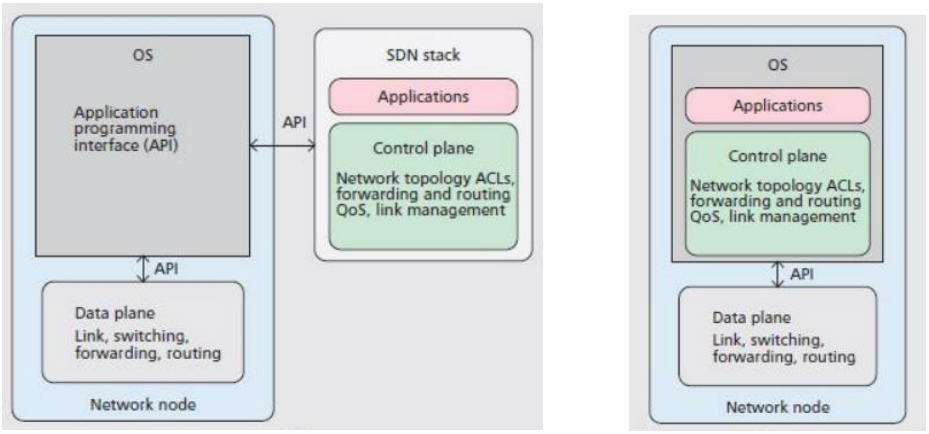
---

[1] Software Defined Networks (SDN)
[2] Information and Communication Technology
[3] Router
[4] Controller
[5] Northbound Application Programming Interface
[6] Southbound Application Programming Interface
[7] Open Network Fundation



شکل .Error! No text of specified style in document-**۲۴- نمای کلی از معماری SDN**

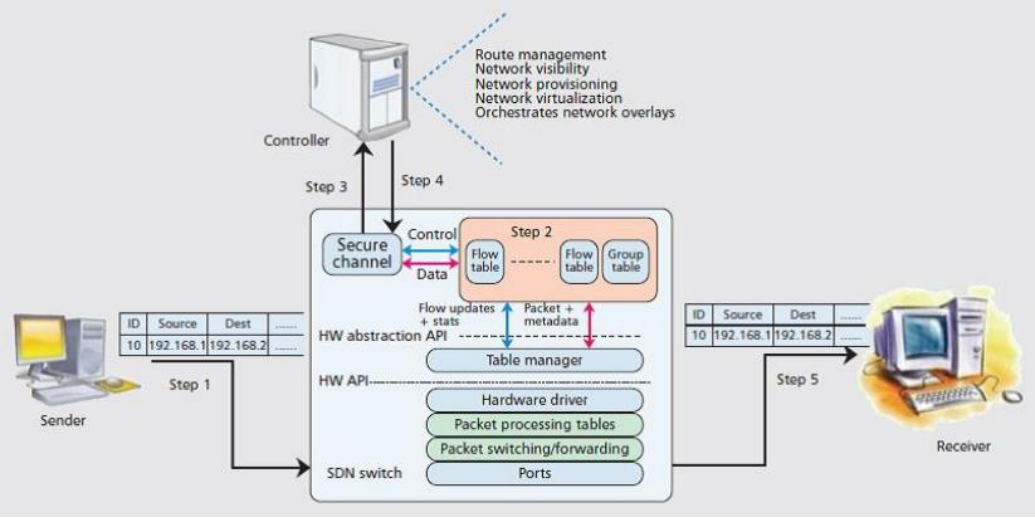
لایه زیرساخت شامل دستگاه‌های شبکه مانند سویئچ، مسیریاب و سوئیچ مجازی[1]، نقاط دسترسی[2] و غیره است که این دستگاه‌ها مسئول جمع‌آوری وضعیت شبکه، ذخیره آن در دستگاه‌های محلی و ارسال آن به کنترل‌کننده‌ها هستند. همچنین آن‌ها بسته‌های داده را طبق قوانینی که توسط کنترل‌کننده ارائه می‌شود، پردازش می‌کنند. تجهیزات شبکه می‌توانند از طریق خطوط انتقال سیمی، امواج رادیویی و فیبرنوری به یکدیگر متصل شوند.



شکل .Error! No text of specified style in document-**۲۵- نمای کلی از تجهیزات شبکه سنتی (سمت راست) و شبکه SDN (سمت چپ) [۱۷۷]**

[1] Virtual Switch
[2] Access Point

در شبکه های سنتی همان‌طور که در شکل **Error! No text of specified style in document.**-۲۵ نیز نشان داده شده است لایه کنترل و دیتا در یک گره شبکه قرار دارند. وظیفه لایه کنترل، پیکربندی گره‌ها و برنامه‌ریزی مسیرها برای عبور جریان‌های داده می‌باشد. سپس با استفاده از این اطلاعات کنترلی ارسال دیتا در سطح سخت افزار انجام می‌شود. در روش سنتی وقتی که مدیریت جریان تنظیم شود، تنها راه ایجاد تغییر در آن ایجاد تغییر در پیکربندی دستگاه‌های سخت‌افزاری است. این موضوع برای مدیران شبکه عاملی بسیار محدودکننده است زیرا آنان تمایل به تغییر مشخصات شبکه در قبال تغییر ترافیک شبکه دارند. اما در روش SDN، کنترل جریان از سطح سخت‌افزاری در گره‌های شبکه خارج شده و به صورت متمرکز و جداگانه توسط یک کنترل‌کننده برعهده گرفته می شود. سوییچ های SDN توسط یک سیستم عامل شبکه مدیریت می‌شوند که اطلاعات را توسط APIها[1] جمع آوری می‌کند و به وسیله آنها لایه دیتا را ایجاد می‌نماید. سپس یک مدل از توپولوژی شبکه را در اختیار کنترل‌کننده SDN قرار می‌دهد. بنابراین کنترل‌کننده می‌تواند از تمامی اطلاعات شبکه به منظور بهینه‌سازی جریان و تامین نیازهای کاربر استفاده کند. به عنوان مثال می توان پهنای باند شبکه را به صورت پویا به لایه دیتا تخصیص داد.



شکل .Error! No text of specified style in document-**۲۶- اجزای سوئیچ با در SDN [۱۷۷]**

همان‌طور که در شکل **No text of specified style in document.** !Error-۲۶ نشان داده شده است سوئیچ‌ها در SDN سخت‌افزارهایی هستند که فقط برای انتقال بسته استفاده می‌شوند و از طریق ارتباطی باز مانند OpenFlow با کنترل‌کننده در ارتباط هستند. این سوئیچ‌ها از سه قسمت تشکیل شده‌اند:

یک یا چند جدول جریان که برای نگه‌داری مسیر ارسال بسته‌ها به کار می‌روند.

- یک کانال امن که سوئیچ را به کنترل‌کننده متصل می‌کند و تبادل بسته و دستورات بین سوئیچ و کنترل‌کننده انجام می‌شود.
- پرتکل OpenFlow که یک پروتکل باز و استاندارد می‌باشد و واسط بین کنترل‌کننده و سوئیچ است.

[1] Application Programming Interface

در شکل **No text of specified style in document.**-Error! ۲۶ وقتی که اولین بسته از یک جریان جدید وارد سوییچ می‌شود (گام۱) سوییچ ابتدا به دنبال یک دستورالعمل برای بسته دریافتی در حافظه SDN می‌گردد (گام۲) اگر دستوری منطبق با بسته دریافتی پیدا کند، با کنترل‌کننده ارتباط برقرار کرده و آن را اجرا می‌کند (گام ۳و ۴) و سپس بسته‌ها را به گیرنده ارسال می‌نماید (گام۵).

۲-۱۰-۲-۳- مزایای SDN

مزایای استفاده از SDN در یک شبکه را می‌توان به طور کلی در موارد زیر خلاصه نمود:

- مدیریت خلاقانه

استفاده از SDN راه را برای کاربردهای جدید و خلاقانه برای مدیران شبکه باز می‌کند. کنترل دائمی توپولوژی شبکه با استفاده از این روش ممکن می‌شود و می‌توان کنترل دسترسی در کل شبکه، مدیریت انرژی، و غیره را در هر زمان به صورت لحظه‌ای مدیریت کرد. علاوه بر این، قابلیت برنامه‌ریزی SDN امکان ارتباط مداوم را در همه سطوح فراهم می‌آورد.

- کاهش هزینه‌های نیروی انسانی و هزینه‌های مصرفی

تا قبل از ورود SDN، عموما نصب و راه اندازی شبکه نیازمند تخصص و مهارت بالا و همچنین دقت عمل بالایی برای جلوگیری از خطای انسانی بود. هنگامی که برقراری ارتباط بین گره‌های شبکه پیچیده می‌شود به راهکاری جامع‌تر و اصولی‌تر برای حل مشکلات شبکه نیاز است. این کار با استفاده از روش‌های موجود برنامه‌ریزی و مدیریت که روی اکثر سیستم های شبکه فعلی قابل اجراست کاری بسیار سخت است. به علاوه هزینه‌های نصب و استفاده از سیستم‌های پیچیده و دارای چندین فناوری مختلف، در سالهای اخیر سیر صعودی داشته است. همچنین با افزایش هزینه نیرو انسانی و هزینه‌های مصرفی شبکه باید به دنبال راهکاری تازه برای کاهش هزینه‌های مدیریتی بود که قابل استفاده در سیستم‌های چند دامنه‌ای باشد.

- عملکرد پویا و آنی

به علت استفاده روزافزون از محیط‌های دینامیک و مجازی در دیتا سنترها، ترافیک اطلاعات بیش از پیش غیرقابل پیش‌بینی شده است. بنابراین کنترل دستی این سیستم‌ها عملا غیر ممکن می‌باشد. این سیستم‌ها از ضعف در پاسخگویی به نیازهای پویای شبکه رنج می‌برند. SDN معماری نوینی را برای این سیستم‌های پویا طراحی کرده است که می‌تواند در لحظه تغییرات مورد نیاز شبکه را اعمال کند.

- پایداری و قابلیت اطمینان بالا

پایداری بالا یکی از عوامل اصلی در اطمینان از عملکرد مناسب و مداوم شبکه است. زیرساخت شبکه باید قادر به تشخیص سریع هر گونه ناهماهنگی در مسیر باشد و بتواند به سرعت در هنگام بروز خطا مسیر جایگزین را انتخاب کند و به سرعت مسیر معیوب را رفع عیب و راه اندازی مجدد نماید. زیرساخت SDN با پایداری بالا، به صورت لحظه‌ای تمامی اجزای شبکه را بررسی می‌کند و در صورت تشخیص عیب در هر نقطه از شبکه مانند مسیر داده، افت کیفیت لینک‌ها، عدم تعادل در ترافیک و غیره تمامی تغییرات را به صورت از پیش برنامه‌ریزی شده و در همان لحظه انجام می‌دهد تا همواره پایداری و کیفیت شبکه تضمین شده باشد.

- مسیریابی هوشمند

محاسبه مسیر یکی از مهمترین عوامل برای مهندسی ترافیک شبکه است. با استفاده از SDN مسیر صحیح به سرعت شناسایی می‌گردد و ترافیک از بهینه‌ترین مسیر عبور داده می شود. با استفاده از این معماری امکان استفاده از الگوریتم های جدید Routing و سوییچ به صورت لحظه‌ای در شبکه وجود دارد.

۳-۱۰-۲-۳- معایب SDN

یک شبکه مبتنی بر SDN نیاز به یک سری کنترل‌کننده دارد و در بقیه ادوات نیز باید بخش کنترلی تغییر کند و ادوات ساده‌تری طراحی شوند. در کل نیاز است تا طراحی همه ادوات شبکه به گونه‌ای تغییر کنند که این نیازمند یک صرف هزینه و زمان است. یک سری از چالش‌های فنی نیز وجود دارد مانند امنیت شبکه‌های SDN، نحوه محاسبه کیفیت شبکه (QoS)[1]، بهینه‌سازی تعادل بار شبکه و مقیاس‌پذیری که برای هر یک راه‌حل‌هایی نیز ارائه شده است [۱۷۸].

٤-۱۰-۲-۳- کاربردهای SDN در صنعت برق

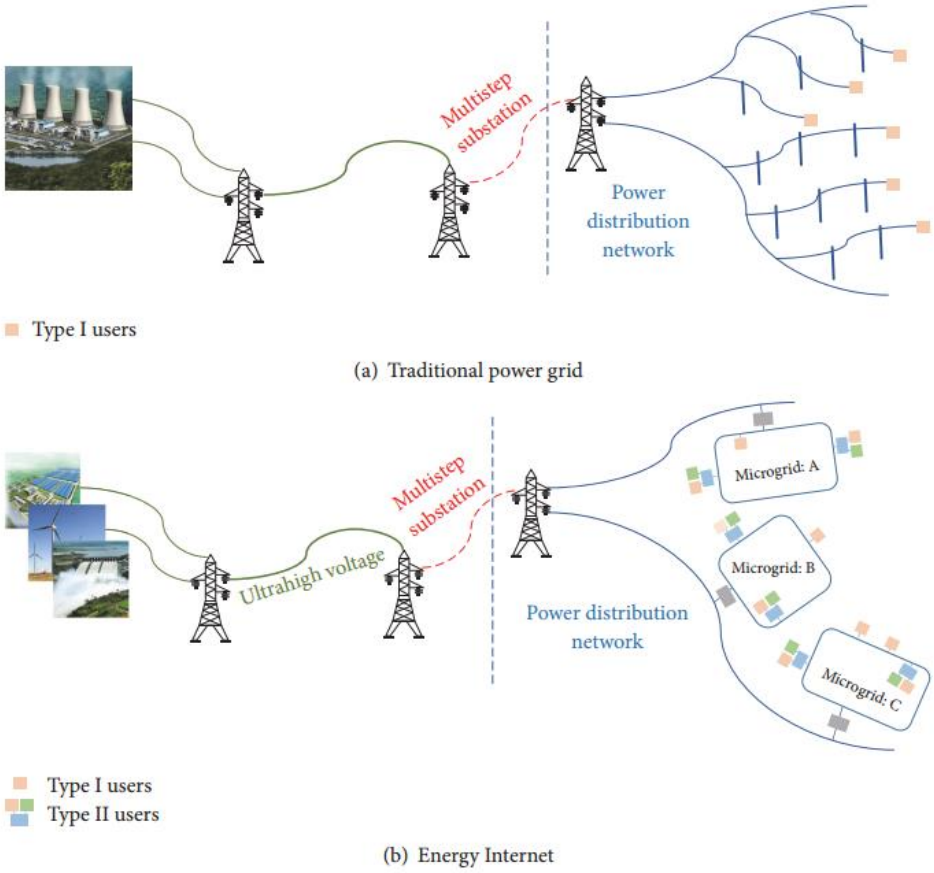
امروزه در صنعت برق با توجه به بحث آلودگی هوا توسط سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بسیار مورد توجه است. توربین‌های بادی و سلول‌های خورشیدی می‌توانند به عنوان تولیدکننده‌های توزیع شده به شبکه برق متصل شوند که تعداد آن‌ها، با سرمایه‌گذاری دولت‌ها روز به روز در حال افزایش است. همچنین با استفاده از فناوری‌های شبکه هوشمند[2] نظیر ریزشبکه‌ها[3] می‌توان واحدهای محلی کوچکی را در نظر گرفت که می‌توانند انرژی الکتریکی را مصرف و تولید کنند و اضافه آن را به شبکه‌های مجاور یا شبکه برق بدهند. اضافه شدن این تولیدکننده‌ها و زیاد شدن ارتباطات در شبکه برق بین تولید کننده و مصرف کننده باعث می‌شود که پایداری سیستم افزایش یابد و از خاموشی کل سیستم[4] جلوگیری نماید.

با توجه به این که در چنین شبکه‌ای دیگر گره‌های تولیدکننده‌ها تک قطبی نیستند و ارتباط دو طرفه خرید و فروش می‌تواند بین گره‌های شبکه وجود داشته باشد یک بازار برق شکل می‌گیرد که برای کنترل آن نیاز به مفهوم اینترنت برق داریم. برای ایجاد یک شبکه پایدار و قابل اطمینان، انعطاف‌پذیر و ایمن لازم است که همه گره‌های شبکه به صورت آنی بررسی شوند و دستورات مدیریتی نیز به طور آنی به گره‌ها منتقل گردد. یکی از پلتفرم‌هایی که می‌تواند برای انتقال داده‌های کنترلی با تاخیر کم در شبکه‌های بزرگ مفید باشد SDN است.

به عنوان نمونه در شکل **No text of specified style in document.** !Error-۲۷ یک شبکه برق سنتی و یک شبکه برق شامل ریزشبکه‌ها نشان داده شده است. کاربران نوع یک تنها مصرف کننده هستند ولی کاربران نوع دو دارای قابلیت تولید و ذخیره برق نیز می‌باشند.

[1] Quality of Service

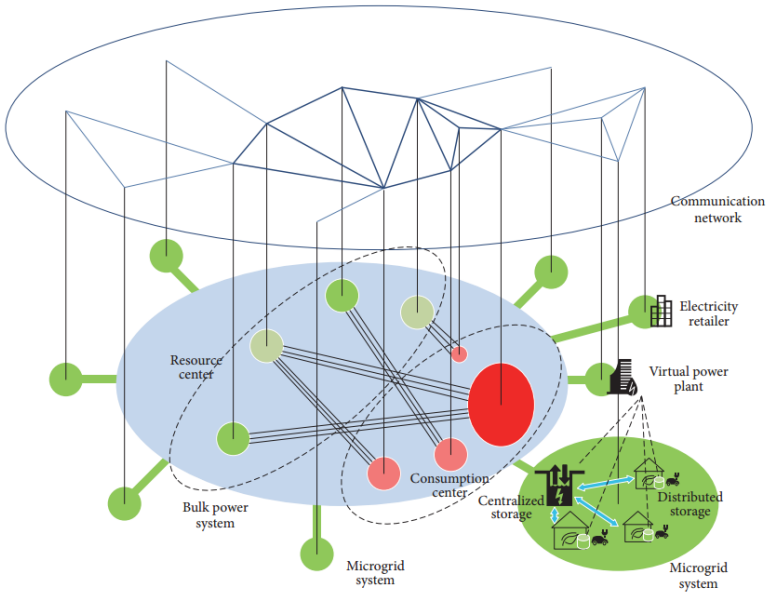
[2] Smart Grid
[3] Micro grid
[4] Blackout



شکل .Error! No text of specified style in document–**۲۷– مقایسه یک شبکه سنتی و اینترنت برق [۱۷۹]**

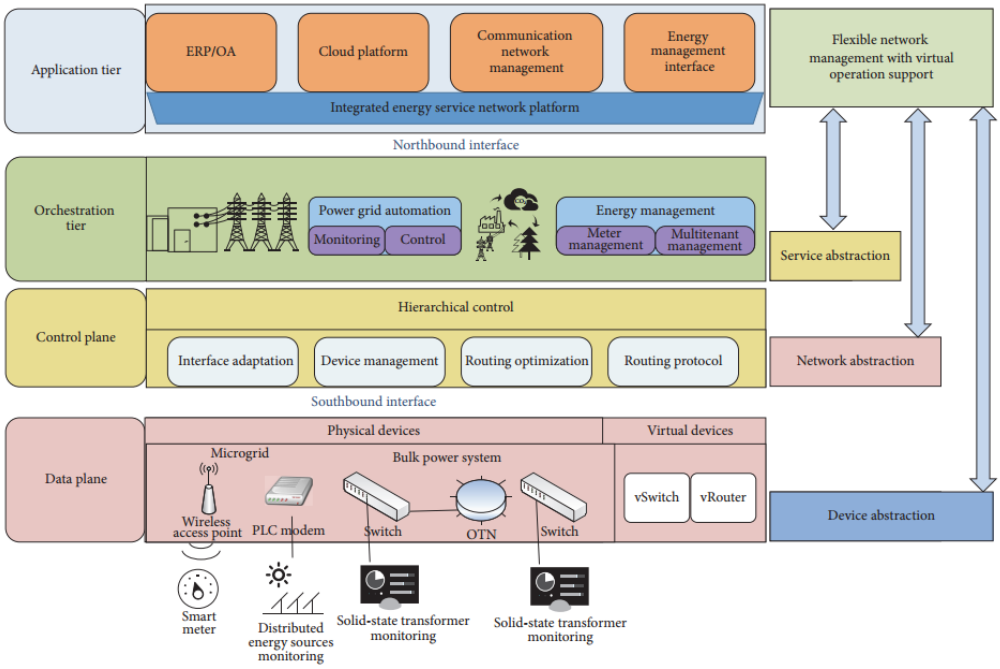
ارتباطات بین گره‌های یک شبکه اینترنت برق در شکل Error! **No text of specified style in document.**–۲۸ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود یک سری از گره‌ها تولیدکننده‌های نیروگاهی هستند که با خطوط انتقال DC ولتاژ بالا به گره‌های مصرف کننده برق را منتقل می‌کنند. همچنین واحدهای ریزشبکه که از تولیدکننده‌های غیرمتمرکز و مصرف‌کننده‌ها تشکیل شده‌اند و می‌توانند به گره‌های مصرف‌کننده یا دیگر ریزشبکه‌ها برق‌رسانی کنند. در ضمن مراکزی که شامل مجموعه‌ای از تولیدکننده‌های مختلف هستند و یک کنترل‌کننده مرکزی دارند و به آن‌ها نیروگاه مجازی[1] گفته می‌شود نیز جزئی از این شبکه هستند. علاوه بر این‌ها مراکزی نیز به عنوان واسط بین تولیدکننده‌ها و مصرف‌کننده‌ها نقش خرده فروش[2] را بر عهده دارند.

[1] Virtual Power Plant (VPP)
[2] Retailer



شکل .Error! No text of specified style in document–**۲۸– مایی از ارتباطات در شبکه اینترنت برق [۱۷۵]**

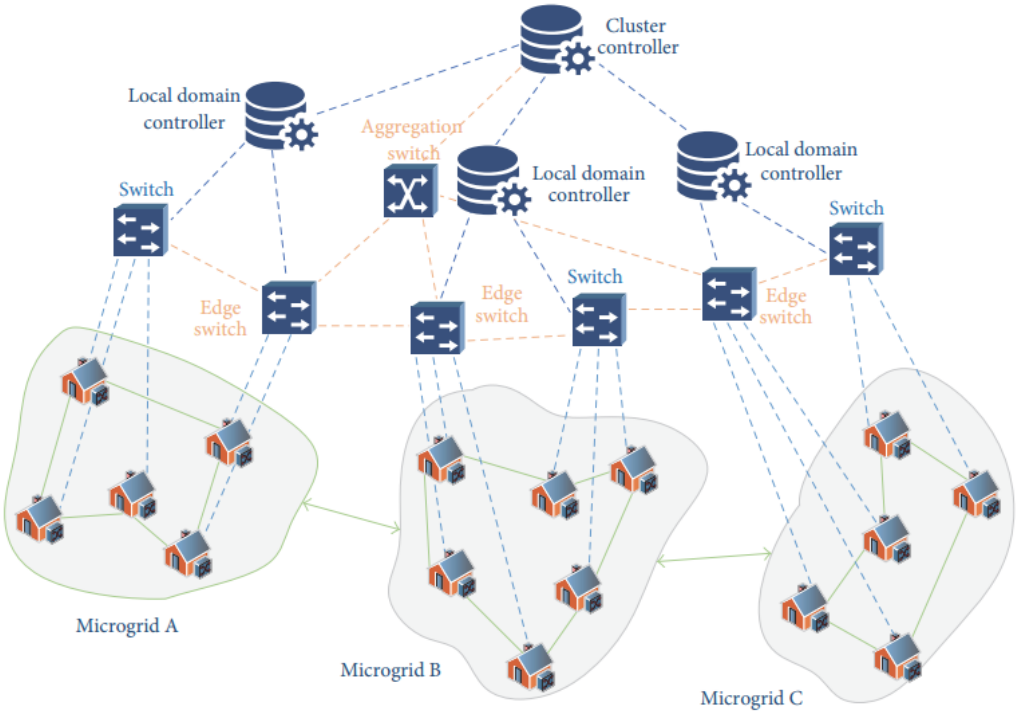
حال در یک شبکه اینترنت برق یک پلتفرم SDN که لایه کنترلی را از لایه داده جدا کند می‌تواند به صورت شکل Error! **No text of specified style in document.**–۲۹ نشان داده شود.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۲۹– لایه‌های پلتفرم SDN در شبکه اینترنت برق [۱۷۹]**

پیکربندی شبکه SDN می‌تواند به صورت مسطح یا سلسله مراتبی باشد. ساختار مسطح دارای یک کنترل‌کننده مرکزی است در حالی که در ساختار سلسله مراتبی کنترل به صورت توزیع شده می‌باشد. در شکل Error! **No text of specified style in document.**–۳۰ قسمتی از شبکه اینترنت برق مبتنی بر SDN با پیکربندی سلسله‌مراتبی نشان داده شده است. هر زیرشبکه

دارای یک سوئیچ زیرشبکه و سوئیچ لبه[1] می‌باشد. گره‌های موجود در زیرشبکه با سوئیچ زیرشبکه به یک کنترل‌کننده محلی متصل می‌شوند. همچنین زیرشبکه‌ها با استفاده از سوئیچ‌های لبه با زیرشبکه‌های مجاور در ارتباط هستند. با در نظر گرفتن تعدادی زیرشبکه به عنوان یک خوشه، یک کنترل‌کننده خوشه مدیریت کنترل‌کننده‌های محلی را بر عهده دارد. علاوه بر آن یک سوئیچ تجمعی به سوئیچ‌های لبه متصل است که تحت مدیریت کنترل‌کننده خوشه قرار می‌گیرد. به این ترتیب بیشترین بار داده‌های کنترلی در زیرشبکه‌ها خواهد بود که توسط کنترل‌کننده محلی مدیریت می‌شود.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۳۰– شبکه مبتنی SDN در سطح خوشه [۱۷۹]**

۵-۱۰-۲-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری SDN

در **Error! Reference source not found.** به تعدادی از پروژه‌های انجام شده در زمینه پیاده‌سازی شبکه‌های S DN در شبکه برق اشاره شده است.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
بررسی استفاده از SDN برای زیرشبکه‌های برق [۱۸۰]	SDN	اسپانیا	۲۰۱۸	•چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	با افزایش تولید انرژی برق به صورت تجدیدپذیر نوع مخابرات بین ریزشبکه‌ها نیز باید تغییر کند و ازحالت یکطرفه به دو طرفه و همتا به همتا تغییر نماید. این امر باعث

[1] Edge Switch

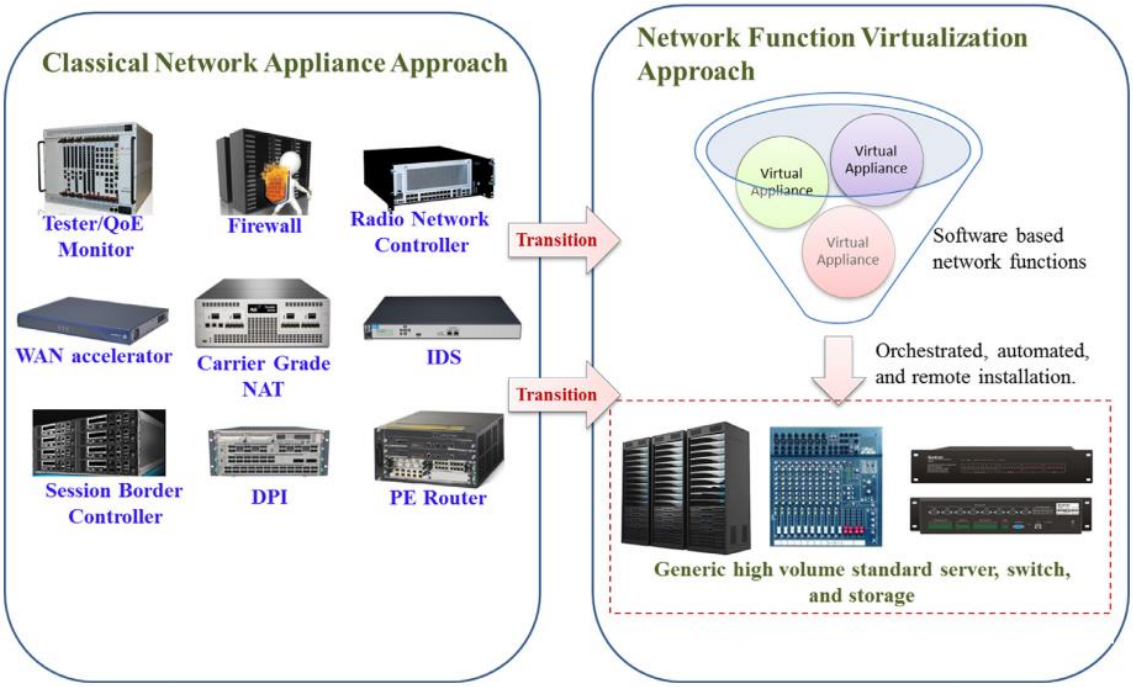
نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					افزایش حجم داده‌ها و تبادل اطلاعات خواهد شد. برای بهبود کیفیت کنترل و جداسازی لایه کنترلی از لایه داده می‌توان از فناوری SDN استفاده نمود.
استفاده از SDN برای شارژ خودرو برقی بر بستر بلاکچین [۱۸۱]	SDN و Blockchain	انگلستان	۲۰۱۹	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	با گسترش خودروهای برقی، یکی از مسائل قابل توجه خرید شارژ این خودروها از شبکه برق است. از آنجایی که حجم این معاملات در حال افزایش است می‌تواند شبکه را با اختلال روبرو کند که برای بهبود کنترل‌پذیری شبکه از فناوری SDN استفاده شده است. همچنین برای امنیت داده معاملات و تراکنش‌ها و غیر قابل دستکاری بودن آن‌ها این شبکه بر بستر بلاکچین پیاده‌سازی شده است.
استفاده از SDN در شبکه‌های حسگر در زیرشبکه‌های برق [۱۸۲]	SDN	هند	۲۰۱۹	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	یکی از نیازهای شهر هوشمند و شبکه هوشمند داشتن زیرشبکه‌های هوشمند مجهز به حسگر می‌باشد. برای ایجاد شبکه قابل اطمینان از حسگرها می‌توان از پیکربندی SDN استفاده نمود.

جدول .Error! No text of specified style in document-۴۳ پروژه‌های نمونه فناوری SDN برای حل چالش¬های موجود در صنعت برق

۱۱-۲-۳- مجازی‌سازی عملکرد شبکه (NFV)[1]

این فناوری یک روش جدید برای طراحی، به کارگیری و مدیریت سرویس‌های شبکه با استفاده از جداسازی تجهیزات فیزیکی شبکه از عملکرد و توابعی است که روی آن‌ها اجرا می‌شود. این کار باعث می‌شود سخت‌افزارهای متمرکز مخصوص شبکه با نرم‌افزارهایی که بر روی پردازشگرهای عمومی یا ماشینهای مجازی اجرا می‌شوند، جایگزین شوند. به این ترتیب بسیاری از هزینه‌های راه‌اندازی[2] و مصرفی کاهش[3] می‌یابد.

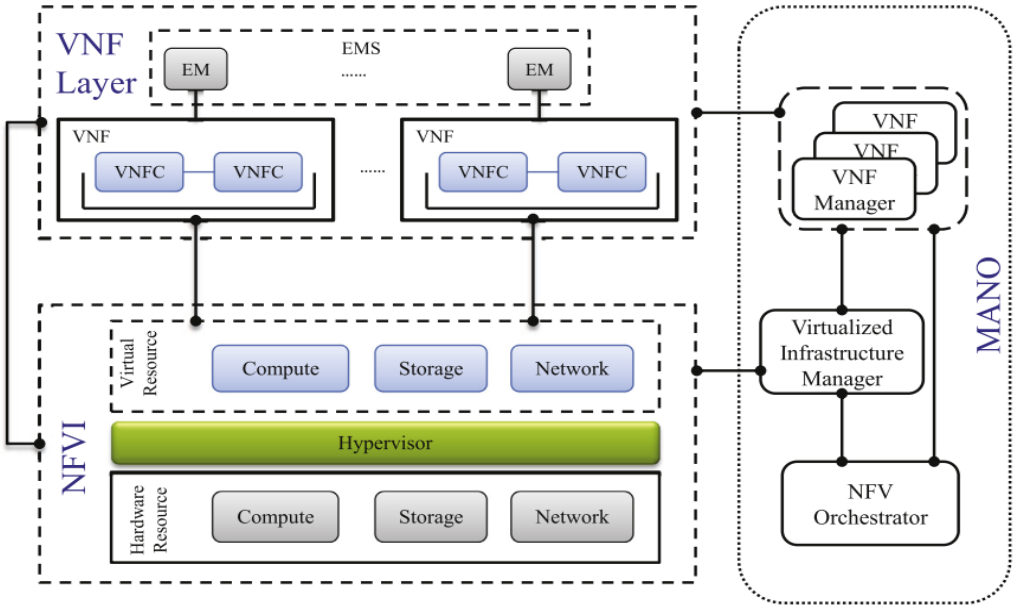
[1] Network Function Virtualization (NFV)
[2] Operating Expense (OPEX)
[3] Capital Expense (CAPEX)



شکل Error! No text of specified style in document.**۳۱- جایگزینی عمکرد تجهیزات از سخت افزار آنها توسط شبکه NFV [۱۸۳]**

معماری یک شبکه NFV در شکل **No text of specified style in document.** Error!-۳۲ نشان داده شده است. قسمت رابط (NFVI) [۱] مربوط به سطح داده می‌باشد که داده‌ها را ارسال کرده و منابع را برای اجرای سرویس‌های شبکه فراهم می‌نماید. خود این قسمت از سه بخش تشکیل شده است که عبارتند از زیرساخت سخت افزار، زیرساخت مجازی، لایه مجازی سازی. بخش مدیریت و هماهنگ‌کننده شبکه (MANO) [۲] مربوط به سطح کنترل است که ارتباط‌ها را بین توابع شبکه مجازی (VNF)[۳] مختلف و منابع هماهنگ کننده[۴] در NFVI ایجاد می‌کند. لایه VNF مربوط به سطح کاربرد است که از VNFها به عنوان برنامه‌های کاربردی استفاده می‌نماید.

[1] Network Function Virtualization Interface
[2] Management and Network Orchestration
[3] Virtual Network Function
[4] Orchestrating



شکل .Error! No text of specified style in document–**۳۲– معماری شبکه NFV** [۱۸۳]

۱-۱۱-۲-۳- مزایای NFV

مزایای استفاده از NFV عبارتند از :

- **استفاده کارآمد از منابع**

سرورهایی که برای انجام کار به خصوصی در نظر گرفته شده‌اند، به‌طور معمول تنها از ظرفیت معینی از توانایی‌هایی خود استفاده می‌کنند. بدون استفاده از فناوری مجازی‌ساز، یک شرکت ممکن است پنج کامپیوتر را برای اجرای پنج سرویس مختلف مانند میل‌سرور، فایل‌سرور، دو سرور برای وب و یک سرور برای بانک‌اطلاعاتی خریداری کند. هر سرویس ممکن است به ندرت بیش از ۱۰ تا ۲۰ درصد از توان پرزداشی و حافظه اصلی کامپیوتر را طلب کند. اما زمانی که از فناوری مجازی‌ساز استفاده می‌کنید یک کامپیوتر می‌تواند به بهترین شکل از پنج سرویس یاد شده پشتیبانی کند.

- **صرفه‌جویی در هزینه‌ها و انرژی**

سازمان‌ها سعی می‌کنند با خرید تجهیزات کم و ماشین‌های ارزان قیمت به صرفه‌جویی اقتصادی بپردازند. سازمان‌ها همچنین به دنبال کاهش مصرف برق هستند، هرچه تعداد سامانه‌های کامپیوتری کمتر باشد، به همان نسبت انرژی کمتری مصرف شده و در نتیجه به تجهیزات تهویه مطبوع کمتر و ارزان قیمت‌تری برای خنک‌سازی مراکز داده یا اتاق داده‌ها نیاز است.

- **ایزوله سازی**

در یک محیط مجازی، ایزوله بودن هر ماشین مهمان به معنای آن است که اگر برای یک ماشین مشکلی پیش آید، بر روند کاری سایر مهمان‌ها (کامپیوترهای مهمان) تاثیر نخواهد گذاشت و ماشین‌های مهمان بدون مشکل به کار خود ادامه خواهند داد.

- **پشتیبان‌گیری آسان، بازیابی و تکرار**

نرم‌افزار مجازی‌ساز به مدیران شبکه اجازه می‌دهد تا تصویرها[1]ی پشتیبان از یک دستگاه مهمان ذخیره کنند. تصویرها می‌توانند در آینده برای ساخت مجدد ماشین‌های دیگری روی همان میزبان یا میزبان دیگری استفاده شوند. این ویژگی اجازه می‌دهد نسخه‌های پشتیبان ساده‌ای که به سرعت قابل بازیابی هستند ایجاد شود.

۲-۱۱-۲-۳- معایب NFV

معایب NFV عبارتند از:

- **کاهش کارایی به واسطه فقدان منابع فیزیکی کافی**

هنگامی که ماشین‌های مجازی برای منابع فیزیکی محدود تعریف شوند، یک ماشین مجازی می‌تواند به شکل انحصاری منابع را مصرف کرده و روی عملکرد سایر ماشین‌های مجازی تاثیر منفی بگذارد. به لحاظ تئوری، مدیریت دقیق و تخصیص درست منابع باید بتواند از بروز چنین مشکلی پیشگیری کند. اما در دنیای واقعی، غیر منطقی است که سعی کنیم یک برنامه کاربردی حیاتی مانند یک سامانه کنترل زمان بلادرنگ یک کارخانه که در خط مونتاژ از آن استفاده می‌شود یا یک سامانه پزشکی اورژانس بیمارستان را مجبور کنیم تا منابع را به اشتراک قرار دهند و عملا باعث بروز یک ریسک بزرگ شویم.

- **افزایش پیچیدگی**

اگر چه مجازی‌سازی تعداد ماشین‌های فیزیکی را کاهش می‌دهد، اما به همان نسبت پیچیدگی‌ها را افزایش داده و کار مدیران شبکه را چند برابر می‌کند. به‌طور مثال، مدیر شبکه‌ای که از سرورها و سوئیچ‌های مجازی استفاده می‌کند، باید مفهوم نرم‌افزار مجازی‌ساز را به درستی درک کرده باشد. علاوه بر این، مدیریت آدرس‌دهی و سوییچ کردن میان ماشین‌های مجازی به مراتب پیچیده‌تر از کار با ماشین‌های فیزیکی است. در نهایت، با توجه به این‌که ماشین‌های مجازی به سادگی تنظیم می‌شوند، ممکن است به عنوان بخشی از یک آزمایش در نظر گرفته شده و پس از اتمام آزمایش به دست فراموشی سپرده شوند. در نتیجه، ماشین‌های اضافی ممکن است فضای ارزشمند هارددیسک سرور را اشغال، منابع را مصرف و بدون دلیل خاصی مدیریت شبکه‌ها را پیچیده‌تر کنند. در نقطه مقابل، سرورهای فیزیکی رها شده ممکن است تنها فضای یک رک[2] را اشغال کنند.

- **افزایش هزینه‌های صدور مجوز**

از آنجایی که هر نمونه از یک نرم افزار تجاری نیازمند مجوز خاص خود است، هر ماشین مجازی که از چنین نرم‌افزاری استفاده کند هزینه‌های مضاعفی به همراه خواهد داشت. در برخی موارد، هزینه اضافه شده، بازده کمی را به ارمغان می‌آورد. به‌طور مثال، یک توسعه‌دهنده نرم‌افزار ممکن است بخواهد چهار نمونه از ویندوز سرور را روی یک کامپیوتر ایجاد کند تا نرم‌افزار جدید خود را به چهار روش مختلف و بر مبنای چهار تنظیم مختلف آزمایش کند. با توجه به قوانین محکم کپی‌رایت در بیشتر کشورهای جهان و به ویژه برای محصولات مایکروسافت همچون ویندوز سرور، توسعه‌دهندگان مجبور خواهند شد چهار مجوز برای ویندوز سرور خریداری کنند.

- **نقطه شکست**

اگر دستگاه میزبان دچار مشکلی شود، همه دستگاه‌های مهمانی که روی آن قرار گرفته‌اند با مشکل روبرو خواهند شد. همان‌گونه که قبلا ذکر شد، یک سازمان که ماشین‌های مجازی را برای سرور ایمیل، فایل‌سرور، سرورهای وب و سرور پایگاه داده روی یک کامپیوتر فیزیکی ایجاد می‌کند، ممکن است در زمان خرابی ماشین میزبان همه سرویس‌های خود را به یکباره از دست

[1] Image
[2] Rack

بدهد. مدیران هوشمند شبکه‌ها در چنین شرایطی از تکنیک‌هایی همچون خوشه‌بندی و انتقال خودکار برای جلوگیری از به وجود آمدن این پیشامدها استفاده می‌کنند.

۳-۱۱-۲-۳- کاربردهای فناوری NFV در صنعت برق

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد در شبکه‌های کامپیوتری و مخابراتی می‌توان به کمک NFV در هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی صرفه‌جویی نمود. همچنین این فناوری با تجمیع منابع سخت‌افزاری در شبکه، می‌تواند قابلیت انعطاف، مقیاس‌پذیری و اتوماسیون را افزایش دهد. با این فناوری می‌توان برنامه‌های نرم‌افزاری جدید و مختلفی را بر روی سخت‌افزارهای قبلی راه‌اندازی و آزمایش نمود و با صرف زمان و هزینه کمی یک محصول نرم‌افزاری را به بازار معرفی کرد و از این نظر بازار خوبی نیز برای نرم‌افزارهای کاربردی بوجود می‌آید.

در صنعت برق، شبکه‌های کامپیوتری و مخابراتی مختلفی برای اتوماسیون و پایش شبکه‌های برق وجود دارد. امروزه با ظهور فناوری‌های اینترنت اشیاء و ترکیب آن با شبکه‌های حسگر، پایش و کنترل اجزای مختلف شبکه برق از جمله بخش تولید، توزیع و انتقال با عنوان هوشمندسازی شبکه برق مطرح است. علاوه بر شبکه برق هوشمند، هوشمندسازی خانه‌ها و شهرها نیز بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در نتیجه فناوری NFV می‌تواند مزایایی که در بالابه آن‌ها اشاره شد در شبکه‌های اتوماسیون و پایش شهر هوشمند، خانه هوشمند و شبک برق هوشمند پیاده‌سازی نماید و کنترل پذیری را در این شبکه‌ها بالا ببرد.

چالش های مرتفع شده توسط فناوری NFV در

به تعدادی از پروژه‌های انجام شده در زمینه پیاده‌سازی شبکه‌های NFV در شبکه برق اشاره شده است.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
استفاده از SDN و NFVبرای شبکه-های هوشمند [۱۸۴]	SDN و NFV	ژاپن/ Fujitsu Network Communications	۲۰۱۹	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	برای کاربرد در ساختمان و خانه‌های هوشمند، شهر هوشمند و شبکه برق هوشمند از ترکیبی از شبکه‌های SDN و NFV استفاده شده است.
استفاده از NFV برای ساخت شبکه-های هوشمند [۱۸۵]	NFV	آلمان/ University of Passau	۲۰۱۶	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنتر لپذیری شبکه	استفاده از NFV برای زیرساخت یک کنتور هوشمند برای انتقال اطلاعات مصرف انرژی و بهینه‌سازی مصرف
تولید ادوات NFV	NFV	ژاپن/ شرکت Fujitsu	۲۰۲۰	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	انواع مختلف وسایل و تجهیزات شبکه توسط این شرکت ارائه شده است.

جدول .Error! No text of specified style in document-۴۴ پروژه‌های نمونه NFV برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق

۳-۳- فناورهای مرتبط با حوزه ارتباطات

در این بخش به بررسی فناوری‌های مخابراتی و ارتباطی پرداخته می‌شود. برای هر فناوری شرح مختصری از آن فناوری، مزایا و معایب، کاربرد آن فناوری در صنعت برق و ارتباط آن فناوری با چالش‌های ساختارهای نوین تعیین شده در گزارش بیان خواهند شد.

۱-۳-۳- فناوری‌های فرستنده-گیرنده

فناوری‌های فرستنده-گیرنده (TRX: Transceivers = Transmitters + Receivers) شامل راه‌حل‌هایی هستند که در بخش‌های فرستنده و گیرنده سیستم‌های مخابراتی وجود دارند. هرگونه بهبود عملکرد این بخش‌ها، به صورت مستقیم باعث ارتقاء عملکرد سیستم و بهبود انتقال داده‌های مورد نیاز در هر شبکه ارتباط، منجمله شبکه هوشمند می‌شود.

طراحی و عملکرد TRX همواره مورد توجه متخصصان مخابرات بوده است و طی زمان روش‌های مختلفی جهت بهبود عملکرد آن ارائه شده است. آنچه در اینجا مورد توجه است، تکنیک‌های نوین شامل: رادیو هوشمند[1]، رادیو نرم‌افزار[2]، رادیو شناختی[3] و MIMO انبوه[4] است.

۱-۱-۳-۳- مزایای فناوری‌های فرستنده-گیرنده

فرستنده-گیرنده‌ها (TRX) از بخش‌های اصلی سیستم‌های ارتباطی هستند و نحوه عملکرد آنها به صورت مستقیم بر عملکرد کلی سیستم ارتباطی تأثیر می‌گذارد. از دیگرسو، با توجه به اینکه سیستم‌های ارتباطی نیز جزء لاینفکی در سامانه‌های برق‌رسانی هوشمند هستند، TRXها بر عملکرد سیستم برق‌رسانی نیز تأثیری مستقیم و قابل‌توجه خواهند داشت. از مزایای ارتقاء عملکرد واحدهای فرستنده-گیرنده با استفاده از فناوری‌های مرتبط می‌توان به: ارتقاء ضریب اطمینان ارسال داده‌ها، افزایش حجم داده‌های ارسالی، کاهش تأخیرات و استفاده بهینه از طیف‌های فرکانسی موجود اشاره کرد.

۲-۱-۳-۳- معایب فناوری‌های فرستنده-گیرنده

اصولاً فناوری‌های مرتبط با فرستنده-گیرنده بر اساس روش‌های پیشرفته پردازش سیگنال توسعه یافته‌اند. اینگونه روش‌های پردازشی نیز نوعاً محتاج انجام حجم انبوهی از محاسبات ریاضی در واحدهای کوچک زمانی هستند؛ به این ترتیب استفاده از پردازشگرهای پرقدرت ضروری خواهند بود که در نهایت باعث افزایش ابعاد فیزیکی، مصرف انرژی، حرارت تولید شده و قیمت تمام‌شده ادوات مخابراتی خواهند شد.

۳-۱-۳-۳- معرفی تکنیک‌های مورد استفاده در فرستنده-گیرنده

۱-۳-۱-۳-۳- رادیو نرم‌افزار

سیستمی برای مخابرات رادیویی است که در آن بخش‌های مختلفی (همچون میکسر، فیلتر، تقویت‌کننده، مدولاتور، آشکارساز) که به صورت معمول به صورت سخت‌افزاری پیاده‌سازی می‌شوند، در غالب نرم‌افزار پیاده‌سازی می‌گردند. اگرچه ایده این موضوع زیاد جدید نیست ولی به دلیل نیاز به قدرت بالای پردازشی، تا این اواخر امکان استفاده از آن به صورت جدی وجود نداشت.

با استفاده از این روش، می‌توان تنها با اتصال بخش ابتدایی یک گیرنده (شامل آنتن) به یک واحد پردازشی (همچون یک کامپیوتر) توانایی دریافت و پردازش طیف وسیعی از سیگنال‌ها و پروتکل‌های مخابراتی را فراهم آورد. نظر به اینکه هم‌اکنون پروتکل‌ها و گیرنده‌های مختلف رادیویی در دسترس هستند، استفاده از نرم‌افزار روش‌های منعطف و بهینه‌ای را مقدور می‌سازند.

۲-۳-۱-۳-۳- رادیو شناختی

سیستمی رادیویی است که قابلیت برنامه‌ریزی پویا را دارد و قادر به استفاده از بهترین کانال رادیویی موجود در محیط جهت احتراز از تداخل و گرفتگی کانال[5] می‌باشد. به این منظور این رادیو ابتدا به صورت خودکار کانال‌های قابل استفاده در محیط را شناسایی نموده و سپس پارامترهای فرستنده و گیرنده را عوض می‌نماید تا امکان بهترین بهره‌برداری از آنها را فراهم آورد.

امروزه نیز به دلیل اشغال بودن غالب طیف‌های فرکانسی و وجود تکه‌های پراکنده از طیف‌های فرکانسی رها، استفاده مناسب از روش‌های رادیو شناختی می‌تواند کمک شایانی به انجام طراحی‌های کارا داشته باشد.

۳-۳-۱-۳-۳- رادیو هوشمند

[1] IR: Intelligent Radio
[2] SDR: Software Defined Radio
[3] CR: Cognitive Radio
[4] Massive MIMO
[5] Congestion

پیشرفت‌های شایانی که اخیراً در حوزه هوش مصنوعی (اعم از یادگیری ماشینی، استخراج داده‌ها و تحلیل داده‌های انبوه) روی داده است، می‌تواند در حل مسائل صعب موجود در مخابرات سلولی یاری‌رسان باشند. با توسعه روش‌های هوشمند در دسترسی به کانال مخابراتی به سایر قسمت‌های سیستم اعم از مدیریت شبکه مخابراتی و تنظیم سرویس‌های ارائه شده، رادیو شناختی گامی تکاملی به سوی رادیوی هوشمند برخواهد داشت.

٤-۳-۱-۳-۳- MIMO انبوه

MIMO به سیستم‌های چند ورودی-چند خروجی اطلاق می‌شود که استفاده از آنها در مخابرات سلولی سابقه‌ای چندین ساله دارد. استفاده از سیستم‌ها در شرایط خاصی نظیر غنی بودن کانال مخابراتی (که بحثی جداگانه را می‌طلبد و در اینجا می‌توان اختصاراً به قابلیت ماتریسِ کانال به تجزیه شدن در قالب SVD [1] بسنده کرد و همینطور بالا بودن کیفیت کانال از نظر نویز، باعث افزایش چشمگیر ظرفیت کانال می‌شود. با افزایش تعداد این آنتن‌ها (که اگرچه عدد خاصی برای آن نمی‌توان ذکر کرد ولی شاید اعدادی همچون ۶۴ و یا ۱۲۸ بیشتر متعارف هستند)، از یکسو ظرفیت قابل انتقال، افزایش درخوری خواهد داشت و از سوی دیگر که بسیار حائز اهمیت است، نیز می‌توان از الگوریتم‌هایی با پیچیدگی محاسباتی کمتر (که شاید در وهله اول بر خلاف انتظار بنماید) از آنچه در سیستم‌هایِ با تعدادِ آنتنِ کم و یا متوسط وجود دارند، استفاده نمود. استفاده از این تعداد بالا از آنتن‌ها که Massive-MIMO نامیده می‌شود، تکنیکی بسیار با اهمیت در حوزه مخابرات سلولی است و توجه ویژه‌ای در صنعت و آکادمی را به خود جلب نموده است.

به دلیل استفاده زیاد از سنسورها در صنعت برق، می‌توان از این تکنیک جهت ارتقای عملکرد سیستم‌ها بهره برد.

٤-۱-۳-۳- کاربرد فناوری‌های فرستنده-گیرنده در صنعت برق

کاربردهای فناوری‌های فرستند-گیرنده در صنعت برق را می‌توان در دو بخش غیرمستقیم و مستقیم درنظر گرفت. تأثیر غیرمستقیم بدینگونه است که فناوری‌های فرستنده و گیرنده از ارکان سیستم‌های مخابراتی بوده و این سیستم‌ها نیز بخش لاینفکی از شبکه‌های هوشمند برق هستند. به این ترتیب هرگونه ارتقاء عملکرد بخش فرستنده و گیرنده باعث بهبود عملکرد شبکه هوشمند می‌شوند. تأثیر مستقیم نیز به چند نحو قابل انجام است:

۱) استفاده از طیف‌های فرکانسی پراکنده

جهت استفاده از طیف‌های فرکانسی، بخش‌های مختلفی از آن اختصاصی بوده و نیاز به تهیه مجوز از نهادهای رگولاتوری دارد. بخش‌های دیگری از آن نیز با رعایت برخی شرایط فنی نظیر کم بودن توان ارسالی از یک حد آستانه تعریف شده، جهت استفاده آزاد است. به این ترتیب با استفاده از الگوریتم‌های مناسب می‌توان وضعیت طیف‌های فرکانسی را مورد پایش قرار داد و از بهترین طیف موجود جهت ارسال داده‌ها بهره برد. البته ایده استفاده مناسب از طیف‌های فرکانسی در رادیو شناختی مطرح شده است، اما با افزایش قابلیت‌های واحدهای رادیویی، طیف‌های گسترده‌تر قابلیت بهره‌وری خواهند داشت و این امر باعث افزایش پیچیدگی سیستم‌های مورد نظر خواهد شد و به روش‌های هوشمندانه‌تری نیاز خواهد داشت. این قابلیت استفاده از فرکانس‌های آزاد، می‌تواند کمک شایانی در ارسال اطلاعات برای تجهیزاتی (همچون کنتورهای موجود در صنعت برق) که دسترسی به سیستم‌های استفاده کننده از فرکانس‌های انحصاری (همچون LTE و GPRS) ندارند، بنماید.

۲) استفاده از فناوری‌های مختلف در فرستنده-گیرنده

[1] Single Value Decomposition

امروزه فناوری‌های مختلف ارتباطی همچون LTE، 3G، GPRS، WiFi و ... وجود دارند که ادوات مختلف صنعت برق می‌توانند از آنها جهت ارسال اطلاعات خود بهره ببرند. استفاده بهینه از مجموع این فناوری‌ها در عین حال که پیچیدگی‌هایی را به سیستم اضافه می‌کند، می‌تواند کمک شایانی را در ارتقاء پارامترهای عملکرد سیستم نظیر قابلیت اطمینان ایفا نماید.

گفتنی است که هردوی موارد فوق نیاز به تطابق‌پذیری زیاد واحدهای فرستنده و گیرنده (هم از نظر سخت‌افزار و هم نرم‌افزار) دارد و همین امر استفاده از رادیو نرم‌افزار را ضروری می‌سازد. همچنین با افزایش پیچیدگی واحدهای مختلف در فرستنده و گیرنده، بهره‌گیری از روشهای هوشمندانه‌تری از آنچه تاکنون مورد استفاده بوده است را ضروری می‌سازد. از اینرو مفهوم رادیو هوشمند نیز در این اواخر بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

۳) بهبود عملکرد سیستم با استفاده از Massive-MIMO برای پشتیبانی از تعداد زیادی از نودهای اندازه‌گیر– بکارگیری Massive-MIMO در صنعت برق (که از تعداد روزافزونی واحدهای اندازگیر بهره می‌برد) می‌تواند کمک بسیاری در ارتقاء عملکرد سیستم باشد.

۵-۱-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری‌های فرستنده-گیرنده

در این بخش بر اساس کاربردهای مختلف فناوری‌های فرستنده–گیرنده به بیان پروژه‌هایی پرداخته خواهد شد که در رفع چالش‌های صنعت برق و انرژی موثر خواهند بود. این پروژه‌ها در قالب جدول زیر بیان شده اند.

قابل توجه است که رادیوی هوشمند موضوعی جدید بوده و اکنون بیشتر مورد توجه گروه‌های تحقیقاتی است و با به ثمر نشستن تحقیقات، به مرور وارد سامانه‌های ارتباطی شده و در کثیری از کاربردها منجمله صنعت برق نقش به سزایی ایفا خواهد کرد. از اینرو انتظار اولیه ما بر این است که تعداد پروژه‌هایی که در این خصوص فعالیت داشته باشند، اندک باشد. با بررسی‌های بیشتری که در این زمینه صورت گرفت، صحت انتظار ما تایید شد.

با اینحال باید به این نکته توجه داشت که سیستم‌های مخابراتی بخش ضروری شبکه‌های هوشمند برق هستند و نیز با توجه به اینکه فناوری‌های این بخش هرکدام تأثیری بسزا در کارایی سیستم‌های مخابراتی دارند، اهمیت آنها در بکارگیری در صنعت برق بسیار پررنگ می‌شوند.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
SUNSEED	TRX	EU Commission	2014-2017 4.7€	چالش ۱مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	– شبکه پایدار و قوی برای توزیع برق هوشمند. رویکرد تکاملی برای استفاده از شبکه های ارتباطی موجود از طرف اپراتورهای انرژی و مخابراتی، به منظور اتصال مناسب به منظور ایجاد یک زیرساخت ارتباطی همگرا برای شبکه های انرژی هوشمند آینده و ارائه خدمات باز – در بخشی از این پروژه که مرتبط با فناوری‌های TRX می‌شود، جهت ارتقاء ضریب اطمینانِ سیستم موضوع استفاده مناسب و همزمان از چند فناوری مخابراتی (نظیر LTE, WiFi, 3G) مطرح و بررسی شده است؛ به این ترتیب این پروژه با مباحث رادیو نرم‌افزار و رادیو هوشمند ارتباط پیدا می‌کنند.
WIVE	TRX	Finland	۲۰۱۷-۲۰۱۸ €M ۴	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	در یک آزمایش، نوکیا و ABB نشان دادند که چگونه می توان از فناوری 5G-URLLC برای کاربردهای حفاظت در شبکه های توزیع ولتاژ متوسط استفاده کرد. این آزمایش تأیید کرد که URLLC الزامات تأخیر تعیین شده توسط کاربرهای حفاظت را برآورده می کند.

جدول .Error! No text of specified style in document-۴۵ پروژه‌های نمونه فرستنده و گیرنده‌های رادیویی

برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق

۲-۳-۳- فناوری مخابرات بی سیم سیار

فناوری‌های مخابراتی بی‌سیم ازنظر قیـمت، سهـولت نصب و بهره‌برداری در مقـایسه با سایر روش‌های ارتباطی بسیار مناسب‌تر می‌باشند. شبکه‌های مخابرات سلولی که در آغاز تنها برای برقراری ارتباطات صوتی و به‌عنوان نسخه بی‌سیم شبکه‌های POTS[1] طراحی‌شده بودند، در حال حاضر به یکی از متداول‌ترین ابزارهای مخابراتی جهت ارتباطات صوت و دیتا بدل شده‌اند. آمارهای گوناگون متعلق به کشورهای مختلف جهان نشان می‌دهد که ضریب نفوذ این شبکه‌ها از شبکه‌های تلفن ثابت بسیار فراتر رفته است. همچنین مشخصه‌هایی چون سطح پوشش گسترده و پشتیبانی کامل از mobility، این شبکه‌ها را به‌عنوان رقیب جدی برای شبکه‌هایی که به‌طور اختصاصی برای دیتای بی‌سیم طراحی‌شده‌اند، قرار داده است.

[1] Plain old telephone service

سیر تکاملی مخابرات سلولی از طرفی و از طرف دیگر ارائه سرویس‌های متنوع QoS ارائه‌شده توسط اپراتورهای مختلف، شرکت‌های utility را نیز به استفاده از شبکه‌های سلولی در حوزهٔ SG [1] تشویق کرده است.

برخلاف شبکه‌های سلولی اولیه که به‌صورت آنالوگ و دارای استانداردهای متعددی بودند، شبکه‌های سلولی نسل دوم(2G) به بعد همگی به‌صورت دیجیتال و با تنوع استاندارد کمتر می‌باشند.

در درون مسیر تکامل 3GPP، سه فناوری دستیابی چندگانه مشهود هست: نسل دوم، خانواده‌ی GSM/GPRS/EDGE که بر اساس TDMA/FDMA [2] بوده‌اند؛ نسل سوم، خانواده‌ی UMTS، وارد نمودن CDMA [3] به مسیر تکاملی 3GPP را هدف قراردادند، که به‌عنوان WCDM [4] نیز شناخته می‌شوند؛ و سرانجام LTE که [5] OFDM (که در حال حاضر فناوری دستیابی در آخرین استانداردهای رادیویی موبایل است) را اختیار نمود.

شبکه GSM متداول‌ترین سیستم2G در سراسر دنیا محسوب می‌گردد. باگذشت بیش از 20 سال از عمر این استاندارد، GSM همچنان در ارائه سرویس صوت دارای محبوبیت فراوان هست. این شبکه توسط نهاد 3GPP بنا گذاشته شد.

در 3G، دو فنّاوری غالب UMTS [6] و CDMA2000 توسط 3GPP و 3GPP2 مطرح هست که موفقیت تجاری زیادی کسب کرده‌اند. با توجه به اینکه CDMA2000 عمدتاً در کشور آمریکا، کره جنوبی و ژاپن استفاده می‌شود و در کشور ما مشابه بسیاری از کشورهای اروپایی، شبکه UMTS (WCDMA) به بهره‌برداری رسیده است شبکه‌های 3G/UMTS در بخش صنعت برق و انرژی به کار گرفته شدند.

در ادامه‌ی پیشرفت فنّاوری خانواده‌های GSM و UMTS در 3GPP، سیستم LTE می‌تواند به‌صورت تکمیل روند توسعه‌ی سرویس از تماس‌های صوتی به سمت یک واسط هوایی چند–سرویسی، دیده شود. پیش‌ازاین، این موضوع یک هدف کلیدی UMTS و GPRS/EDGE بوده است؛ اما LTE به‌جای اینکه از مدل سوئیچینگ مداری سیستم‌های قبلی پیروی کند، از همان ابتدا باهدف به‌کارگیری فناوری دستیابی رادیویی با فرض اینکه تمام سرویس‌ها سوئیچینگ بسته‌ای باشند، طراحی‌شده است. ازاین‌رو، LTE یک معماری سیستمی تکامل‌یافته به نام SAE[7] را به ارمغان می‌آورد و SAE شامل شبکه‌ی EPC [8] هست. علاوه‌براین، LTE و SAE شامل EPS [9] می‌شوند که در آن‌هم شبکه‌ی هسته و هم دستیابی رادیویی کاملاً سوئیچینگ بسته‌ای هستند.

LTE الزامات موردنیاز برای نسل چهارم مخابرات سیار تحت عنوان IMT-Advanced را پشتیبانی نمی‌کند و به‌عنوان نسل 3.9G شناخته می‌شود ولی releaseهای بعدی این شبکه تحت عنوان LTE-Advanced الزامات را رعایت کرده و به‌عنوان نسل چهارم معرفی‌شده‌اند. لازم به ذکر است که LTE به‌طور عام به‌عنوان 4G شناخته می‌شود.

الزامات نسل پنجم تحت عنوان IMT-2020 توسط ITU ارائه‌شده است که 3GPP در حال استانداردسازی فازهای مختلف 5G هست. در زمان نگارش این گزارش، فاز اول 5G به نام 5G NR استانداردشده و در برخی از کشورها، پایلوتهایی برای ان اجرا و در حال بهره‌برداری هست.

---

[1] Smart Grid
[2] Time Division Multiple Access/ Frequency Division Multiple Access
[3] Code Division Multiple Access
[4] Wideband CDMA
[5] Orthogonal Frequency Division Multiplexing
[6] Universal Mobile Telecommunications Service
[7] System Architecture Evolution
[8] Evolved Packet Core
[9] Evolved Packet System

۱-۲-۳-۳- شبکه 4G

استاندارد LTE [1] (3.9G)، به‌واسطه عوامل زیادی از استانداردهای قبلی مخابرات سلولی متمایز می‌شود که عبارت‌اند از [۱۹۷]:

- فراهم نمودن نرخ اطلاعات بالاتر برای کاربران
- شبکه‌ای مبتنی بر سوئیچینگ بسته‌ای
- پیچیدگی کم و سادگی ساختار پروتکل
- ادامه‌ی تقاضا برای کاهش قیمت (CAPEX [2] و OPEX [3])
- فراهم نمودن کیفیت سرویس بالاتر برای کاربران
- بازدهی طیفی بالا (به‌کارگیری OFDM و OFDMA در ارتباطات فروسو[۴]، فن SC-FDMA در ارتباطات فراسو[۵] و همچنین به‌کارگیری ساختار چندین آنتنه)
- تأخیر بسیار کم در سطح کنترل و سطح کاربر
- پشتیبانی از پهنای باند متغیر (1.4 MHz، 3 MHz، 5 MHz، 10 MHz، 15 MHz و 20 MHz)
- قابلیت سازگاری با استانداردهای قبلی مانند CDMA2000 و نیز نسخه‌های قبلی 3GPP

سیستم LTE EPS [۶] کاملاً مبتنی بر IP هست. هر دو سرویس‌های زمان حقیقی و سرویس‌های دیتا از طریق پروتکل IP منتقل خواهند شد. هنگامی‌که موبایل روشن شود آدرس IP تخصیص داده خواهد شد و هنگامی‌که موبایل خاموش شود، آدرس IP آزاد خواهد شد.

فناوری LTE، همان‌طور که در 3GPP Release 8 نیز مشخص‌شده است، یک شروع جدید و نیز یک شالوده و بنیان برای ارتقاءهای بیشتر محسوب می‌شود. توسط نسخه‌های بعدی 3GPP7، ایده‌های جدیدی برای غلبه بر محدودیت‌ها به‌عنوان بخشی از LTE-Advanced (4G) و LTE-Advanced Pro (4.5G) مشخص شد، تا ملزومات ITU 8IMT-Advanced برای شبکه‌های بدون‌سیم 4G را برآورده سازد. یک ارتقاء بزرگ تجمیع حامل می‌باشد، که تا پنج حامل 20 MHz که هرکدام در باند فرکانسی یکسان و یا باندهای فرکانسی مختلف هستند را تجمیع می‌سازد تا نرخ دیتای چند صد مگابیت بر ثانیه را فراهم نماید.

درجهت عکس مسیر تقاضا برای نرخ گذردهی[۹] بیشتر، حوزه‌ی جدید اینترنت اشیاء پدیدار شد که در آن دستگاه‌ها نیازمند نرخ گذردهی بسیار کمتر و نیز مصرف توان بسیار پایین هستند. این دستگاه‌ها اغلب تنها به باتری‌های کوچکی تجهیز شده‌اند که نمی‌توانند به راحتی جایگزین و یا شارژ مجدد شوند. همچنین چنین دستگاه‌هایی تنها به‌ندرت و تصادفی ارتباط برقرار می‌کنند. بنابراین، ملزومات شبکه آن‌ها برحسب بهره‌وری و مصرف توان به‌طور قابل‌توجهی متفاوت از تلفن‌های هوشمند و سایر دستگاه‌هایی که نیازمند سرعت‌های نرخ گذردهی بالا هستند، می‌باشد. درنتیجه، 3GPP قابلیت‌هایی را به استاندارد افزوده است که شبکه رادیویی NB-IoT [۱۰] نامیده می‌شود که مبتنی بر LTE می‌باشد.

---

[1] Long-Term Evolution
[2] Capital Expenditure
[3] Operational Expenditure
[4] Downlink
[5] Uplink
[6] Evolved Packet Core
[7] 3rd Generation Partnership Project
[8] International Mobile Telecommunications-Advanced (IMT-Advanced Standard
[9] Throughput
[10] Narrow-Band Internet of Things

اولین نسخه‌ی LTE که همان LTE Release 8 هست در سال ۲۰۰۸ معرفی شد، به‌طوری‌که ویژگی‌های اصلی این نسخه در **Error! Reference source not found.**آورده شده است.

Access Scheme	UL	DFTS-OFDM
	DL	OFDMA
Bandwidth		1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz
Minimum TTI		1msec
Sub-carrier spacing		15kHz
Cyclic prefix length	Short	4.7µsec
	Long	16.7µsec
Modulation		QPSK, 16QAM, 64QAM
Spatial multiplexing		Single layer for UL per UE Up to 4 layers for DL per UE MU-MIMO supported for UL and DL

جدول .Error! No text of specified style in document-**۴۶- ویژگی‌های GPP Release 8 از LTE**

این نسخه یک فناوری باندپهن مبتنی بر OFDM را ارائه می‌کند که منجر به بهبود پوشش سلولی و ظرفیت سیستم خواهد شد و در مقایسه با استانداردهای پیش از خود، نرخ اطلاعات بالایی را برای کاربران خود به دنبال دارد. از مزایای دیگر LTE Rel-8 می‌توان به کاهش هزینه عملکرد، کاهش تأخیر، به‌کارگیری ساختار چندآنتنه و پهنای باند انعطاف‌پذیر اشاره نمود.

پس از LTE Rel-8، در سال ۲۰۰۹ استاندارد LTE Rel-9 عرضه شد که اولین هدف آن افزایش امکانات LTE برای بازارهای مختلف و استراتژی‌های مختلف بوده است. ازاین‌رو، استاندارد LTE Rel-9 پشتیبانی ارتقاءیافته برای سیستم‌های PWS[1] و چندین روش مکان‌یابی دقیق را فراهم می‌کند. یکی از روش‌های مکان‌یابی، اساس OTDOA[2] را به‌کار می‌گیرد، و طوری طراحی‌شده است که سیگنال‌های مرجع جدیدی را به‌کار می‌گیرد که در ارسال فروسو[3] LTE اعمال شده‌اند. کاربر UE با اندازه‌گیری این سیگنال‌های مرجع دریافتی مربوط به مکان‌یابی از ایستگاه‌های پایه‌ی مختلف، می‌تواند مکان خودش را حتی در موقعیت‌هایی که روش‌های دیگر مکان‌یابی قادر به تعیین مکان نیستند، مانند GPS در نقاط indoor با دقت بالایی محاسبه نماید؛ نسخه‌ی LTE Rel-9 همچنین از MIMO مرتبه بالاتر، کاهش مصرف توان گره‌ها در شبکه، بهبودی در خودبهینه‌سازی شبکه[4] و چندین تکنیک دیگر پشتیبانی می‌نماید.

استاندارد LTE Rel-10 یا LTE-Advanced ارتقاء مهمی از پیشرفت استاندارد LTE می‌باشد که توسط 3GPP در سال ۲۰۱۱ ارائه شده است و همچنین در اواخر سال ۲۰۱۲ توسط ITU به عنوان نسل چهارم مخابرات سلولی به تصویب رسید، زیراکه قادر است تا تمامی ملزومات IMT-Advanced را فراهم نماید. پیک نرخ اطلاعات فراهم شده توسط LTE Rel-10 برابر با 1 Gbps می‌باشد.

[1] Public Warning Systems
[2] Observed Time Difference of Arrival
[3] Downlink
[4] Self-Optimization of Network (SON)

مهمترین ویژگی‌های نسخه ۱۰ درمقایسه با استانداردهای قبلی و همچنین برخی از تکنیک‌های نوین که این نسخه برای افزایش توسعه‌ی LTE به‌کارمی‌گیرد، عبارتند از:

- تجمیع حامل‌ها، این تکنیک می‌تواند پهنای باند ارسال را تا ۱۰۰ MHz افزایش می‌دهد.
- ارسال MIMO فراسو مرتبه بالا، به منظور فراهم نمودن پیک بازدهی طیفی بیشتر از 7.5 bps/Hz با هدف دستیابی به 15 bps/Hz.
- ارسال MIMO فروسو مرتبه بالا، با هدف دستیابی به پیک بازدهی طیفی 30 bps/Hz.
- مخابرات مشارکتی (رله‌ها)
- شبکه‌های ناهمگن (HetNet[1]) پیشرفته: در فناوری LTE-Advanced شاهد حضور چندین نوع سلول در یک ماکروسلول خواهیم بود. با حضور ایستگاه‌های رله، سلول‌های کوچک[2] و ... درون یک ماکروسلول، شبکه ناهمگن ایجاد خواهد شد که باید الگوریتم‌های مناسبی به منظور تنظیم توان‌های ارسال هریک از این سلول‌های کوچک به منظور کاهش تداخل و نیز هماهنگی آن‌ها با eNodeB به منظور رعایت فریم بندی LTE می‌باشد.
- ارسال و دریافت CoMP[3]: این تکنیک سبب می‌شود تا کاربران در لبه سلولی در ارتباطات فروسو سیگنال خود را از چندین ایستگاه پایه دریافت نموده و با ترکیب آن‌ها بتواند سیگنال دریافتی با کیفیت بالاتری را فراهم نماید.
- استاندارد LTE-Advanced (LTE Rel-10/11)، قابلیت‌های LTE Rel-8/9 را ازطریق ویژگی‌های جدیدی توسعه می‌دهند. یکی از این ویژگی‌های مهم و پیچیده، تجمیع حامل‌ها می‌باشد که می‌تواند تا پنج حامل رادیویی 20 MHz را ترکیب کند که یک پهنای باند وسیع 100 MHz را فراهم نماید. تکنیک‌های چند آنتنه‌ی ارتقاء یافته در ارتباطات فراسو و فروسو، بهبود پوشش سلولی و نرخ گذردهی توسط گره‌های رله، ICIC[4] ارتقاء یافته، هماهنگی پیشرفته برای تداخل درون سلولی به منظور بهبود عملکرد شبکه‌های ناهمگن، ارسال و دریافت CoMP که به عنوان MIMO شبکه نیز از آن یاد می‌شود، مجموعه‌ای از تکنیک‌ها هستند که شکل‌های مختلفی از MIMO و beamforming را به‌کارمی‌گیرد تا عملکرد در لبه‌های سلولی را با زمان‌بندی هماهنگ‌شده از جهت اطمینان‌پذیری، نرخ دیتا و ظرفیت سیستم بهبود بخشند.

استاندارد LTE Rel-12، نوع جدیدی از تجمیع حامل‌ها را ارائه می‌کند. ارتباطات D2D[5] نیز یکی از ویژگی‌های نوین در LTE Rel-12 می‌باشد که امکان ارتباط مستقیم بین ترمینال‌های کاربر که در نزدیکی یکدیگر هستند را فراهم می‌نماید. علاوه‌براین، پتانسیل D2D برای ذخیره‌سازی انرژی، کاهش تداخل و افزایش پوشش، محرک کلیدی برای این فناوری می‌باشد که اطمینان خاطر می‌سازد که سیر تکاملی LTE با رشد تقاضا برای سرویس‌ها و کاربردهای جدید مواجه شود. در این فناوری، اساساً تمرکز روی ارتباطات D2D کنترل‌شده توسط شبکه می‌باشد. در این وضعیت، فرایندهای اتصال به شبکه به عنوان مثال: دستیابی اولیه، تصدیق، کنترل اتصال و تخصیص منابع می‌تواند ازطریق شبکه انجام شود؛ بنابراین، کیفیت سرویس می‌تواند تضمین شود و نقش اپراتور شبکه می‌تواند در کنترل تبادل اطلاعات حفظ شود.

[1] Heterogeneous Networks
[2] Small Cell
[3] Coordinated multi-point
[4] Inter-Cell Interference Coordination
[5] Device-to-Device

نسخه‌های Release 13, 14 به عنوان بخشی از استاندارد LTE-Advanced Pro در سال ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ تعیین شده‌اند. هدف اصلی بسیاری از پیشرفت‌ها، کاهش بیشتر هزینه، افزایش بیشتر پیک نرخ دیتا برای هر کاربر و نیز بهبود نرخ گذردهی در لبه سلولی می‌باشند.

این کاملاً آشکار است که تکامل سیستم‌های دستیابی رادیویی باندپهن موبایل ادامه خواهند داشت و سیستم‌های جدیدی به وجود خواهند آمد. چشم‌انداز، سرویس، نیازمندی‌های سیستم و موارد استفاده برای سیستم‌های IMT-2020، که به عنوان 5G شناخته می‌شود، تعریف شده‌اند. درحالی‌که، به طور دقیق مشخص نمی‌باشد که چه فناوری‌هایی با یکدیگر ترکیب خواهند شد تا چنین سیستم‌هایی طراحی شوند، و چه فناوری‌های دستیابی رادیویی موجود به یکدیگر پیوند داده خواهد شد تا یک واسط رادیویی به وجود آید، اما می‌توان تصور کرد که واسط‌های رادیویی جدید مبتنی بر SDR[1]، ارتباطات موج میلی‌متری، ارتباطات تمام دوطرفه[2]، سیستم‌های رادیو شناختگر[3]، به اشتراک‌گذاری انعطاف‌پذیر طیف، توسعه‌ی شبکه‌ی سلول‌های کوچک، سرویس‌های رایانش ابری[4]، مخابرات مشارکتی و بسیاری از فناوری‌های دیگر تأثیر بسزایی در تعیین استاندارد 5G داشته باشند.

استاندارد LTE با هدف کارآیی بسیار مؤثر از نظر توان مصرفی طراحی نشده بود، تا بتواند از ده‌ها یا صدها تجهیز IoT[5] در هر سلول که تجهیزات ارزان با پیچیدگی پایین هستند و میزان کمی از دیتا را ارسال می‌کنند، پشتیبانی نماید. اخیراً 3GPP قابلیت‌هایی برای LTE مشخص نموده است تا بتواند به عنوان یک واسط هوایی جدید برای اتصال تجهیزات IoT با اهداف زیر تبدیل شود:

- رادیوهای کم هزینه در تجهیزاتی که هزینه‌های کمتر از ۵ دلار دارند.
- هزاران دستگاه در هر سلول که تنها چند بایت در روز ارسال می‌کنند.
- مصرف انرژی فوق‌العاده کم، عمر باتری تا ۱۰ سال برای تجهیزاتی که تنها چند بایت در روز ارسال می‌کنند.
- پشتیبانی کارآمد برای دستگاه‌های با نرخ‌های داده‌ی پایین (چندصد کیلو بیت بر ثانیه)، کم هزینه و حساسیت رادیویی زیاد (پوشش indoor عمیق)

درعمل، یک فناوری برای تمام موارد استفاده مناسب نیست. برخی از کاربردهای اینترنت اشیاء ممکن است قصد داشته باشند تا به طور مرتب با نرخ بیت درحدود چند صد کیلو بیت بر ثانیه، دیتا ارسال نمایند، درحالی‌که درعوض یک امکان بر روی بازدهی توان و پوشش indoor می‌تواند ایجاد شود. ازسوی دیگر، دستگاه‌های دیگر اینترنت اشیاء ممکن است قصد داشته باشند تا به طور روزانه تنها درحد چند بایت تبادل داده داشته باشند، اما باید از فاصله قابل توجهی از یک ایستگاه پایه این کار را انجام دهند و یا ممکن است در زیرزمین نصب شوند که در آن‌جا کانال‌های 10 MHz یا 20 MHz که امروزه LTE به سادگی به‌کار می‌گیرد در آن‌جا میسر نباشد. برای پاسخگویی به این الزامات مختلف، چندین پیشرفت مستقل مشخص شده است و نیز گروه‌های جدیدی برای تجهیزات مشخص شده است تا به این موارد استفاده‌ی مختلف در یک روش مناسب پاسخ دهند که عبارتند از:

- تجهیزات LTE Cat-1: سرعت‌های تا 10 Mbps را ارائه می‌نمایند.
- تجهیزات LTE Cat-0: سرعت‌های تا 1 Mbps را ارائه می‌نمایند.
- تجهیزات LTE Cat-M1: سرعت‌های تا 1 Mbps با بازدهی بالاتر مصرف توان را ارائه می‌دهد.

[1] Software Defined Radio
[2] Full-duplex
[3] Cognitive Radio
[4] Cloud Computing
[5] Internet of Things

- تجهیزات LTE Cat-NB1: برای کاربردهای NB-IoT، تجهیزات با سرعت‌های بالا در حدود چندصد kbps اما معمولاً با استفاده‌ی بسیار کم، بازدهی مصرف توان به شدت زیاد و ناحیه پوشش indoor عمیق هستند.

تمام پیشرفت‌هایی که در طول زمان مشخص شده‌اند، در این موضوع مشترک هستند که هیچ نیازی به زیرساخت جدیدی از شبکه وجود ندارد، به عنوان نمونه، زیرساخت LTE موجود از اپراتور شبکه می‌تواند با به‌روز رسانی نرم‌افزاری از eNodeB و المان‌های شبکه هسته برای این منظور به‌کار گرفته شود. هیچ ایستگاه پایه‌ی اضافی نیاز نیست تا توسعه یابد زیراکه eNodeB موجود می‌تواند به‌طور همزمان با تجهیزات موبایل رایج LTE و نیز تجهیزات از گروه‌های جدید که پیاده‌سازی می‌شوند، ارتباط برقرار نماید. در 3GPP این پیشرفت‌ها به عنوان ارتقاءهایی برای کاربردهای ارتباطات نوع دستگاه (MTC[1]) و اینترنت اشیاء سلولی (CIoT[2]) ارجاع داده می‌شود.

۱-۱-۲-۳-۳- کاربردهای 4G در صنعت برق و انرژی [۱۹۷]

در این قسمت، سوابق اجرایی و پژوهشی استفاده از نسل سوم و چهارم مخابرات سلولی در بخش‌های مختلف تولید، انتقال، توزیع و مصرف صنعت برق بررسی شده است. لازم به ذکر است که این فناوری از فاز تحقیقاتی (بغیر از سرویس‌های ماموریت بحران و ارتباطات ماشین به ماشین که هنوز در فاز فریز شدن استاندارد و یا تجاری شدن محصولات می‌باشند) تا حدود زیادی خارج شده است و تستهای فیلد و پایلوت‌های این فناوری در بسیاری از کشورها در حال اجرا می‌باشد. همچنین محصولات زیادی از این فناوری تولید و تجاری‌سازی شده‌اند.

در بررسی انجام‌شده، پروژه‌های اجرایی در حوزه انرژی برخی از کشورها که در آن‌ها از فناوری موبایل نسل چهارم در کنار سایر زیرساخت‌های ارتباطی استفاده شده است ارائه شده است.

I-بخش مصرف

امروزه کنتورهای هوشمند به یکی از دو صورت زیر به سیستم DSO متصل هستند:

۱) یک مرکز محلی که از طریق Wi-Fi یا اتصالات PLC داده کنتورها را جمع‌آوری می‌کند و سپس از شبکه سلولی و یا از طریق سیم به DSO ارسال می‌کند.

۲) اتصال مستقیم هر کنتور هوشمند از طریق شبکه سلولی به DSO.

روش دوم با حذف تأخیر، قابلیت گسترش آسان‌تر و کاهش هزینه نگهداری و تعمیرات مربوط به اتصالات شبکه موردتوجه قرار دارد[۱۹۸].

I-۱- کنتورهای هوشمند 4G در اروپا

در سال‌های اخیر، بسیاری از کشورهای اروپایی در حال نصب و راه‌اندازی کنتورهای هوشمند هستند. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ حدود ۶۰٪ کنتورها در اروپا هوشمند باشند[۱۹۹].

گروه اتریش تلکام در سال ۲۰۱۵ اولین سری از کنتورهای هوشمند مبتنی بر LTE/4G اروپا را در اتریش راه‌اندازی کرد. این کنتورها در دسترس مشتریان خانگی نیز قرار گرفت. ماژول‌های مخابراتی گنجانده‌شده در کنتورهای هوشمند خانگی این شرکت از فناوری‌های LTE/4G (2.6GHz, 800MHz) و همچنین GPRS/2G (1800MHz, 900MHz) پشتیبانی می‌نمایند. بر اساس برنامه دولت اتریش در بخش انرژی، 95% کنتورهای موجود در این کشور باید تا سال ۲۰۱۹ به ادوات هوشمند جایگزین شوند [۲۰۰،۲۰۱].

[1] Machine Type Communication
[2] Cellular Internet of Things

در سوئد در حال حاضر سیستم AMI پیاده‌سازی شده است و شرکت‌های خدماتی مانند آب، برق و گاز کنتورهای خود را از راه دور مدیریت و پشتیبانی می‌کنند.

شرکت مخابراتی TIM در ایتالیا با هدف گسترش زیرساخت انتقال داده الکتریکی و به‌منظور نصب و راه‌اندازی کنتورهای هوشمند در سال ۲۰۱۵، شبکه موبایل خود را در اختیار شرکت Enel قرار می‌دهد. اطلاعات مصرف الکتریسیته از طریق سیم-کارت‌هایی که بر روی کنتورها نصب می‌شوند منتقل خواهند شد. این امر منجر به مدیریت داخلی داده‌های مصرف‌کنندگان با سیستم‌های به‌روزتر و کارآمدتر خواهد شد [۲۰۲].

همچنین در آلمان و در سال ۲۰۱۵، شرکت Telefonica با همکاری شرکت Ericsson استفاده از LTE در کنتورهای هوشمند را مورد بررسی قرارداد. در آزمون این کنتورهای هوشمند، LTE در مقایسه با روش‌های ارتباطی دیگر، انعطاف و قابلیت اطمینان بیشتری را به اثبات رساند و داده‌ها در کمتر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه به مرکز موردنظر ارسال شد [۲۰۳].

در سال ۲۰۱۷، پروژه‌ای در کشور پرتغال به ارائه اولین کنتور هوشمند بر اساس NB-IoT پرداخته است. در این پروژه که در قالب H2020 انجام‌شده، شرکت Huawei با همکاری شرکت‌های دیگر، این فناوری را در بخشی از پروژه UPGRID مورداستفاده قرار داده است. اپراتور NOS در پرتغال زیرساخت شبکه بر اساس NB-IoT را نصب و برای آزمون این پروژه ارائه کرده است [۲۰۴].

شرکت Vodafone در اسپانیا با به‌روزرسانی شبکه 4G خود، کنتورهای هوشمند، پارکینگ هوشمند و سرویس‌های مشابه را بر اساس NB-IoT ارائه داده است [۲۰۵].

شرکت دانمارکی Kamstrup که به بررسی راه‌حل‌های کنتور هوشمند می‌پردازد، در اکتبر ۲۰۱۸ اعلام کرد که NB-IoT را به کنتورها اضافه می‌کند و محصول تجاری را تا یک سال بعد ارائه خواهد داد.

شرکت هلندی Xemex کنتورهای مختلف (برق، گاز، آب و گرما) را بر اساس استانداردهای مختلف صنعتی مانند Zigbee، M-bus و DLMS Cosem به بازار عرضه می‌کند. این کنتورها با جمع‌آوری داده در بازه‌های زمانی موردنیاز، آن‌ها را ذخیره و تحلیل می‌کنند و سپس داده‌ها را در بسترهای مختلف 2G، 3G، LTE، LTE450 و غیره ارسال می‌کنند[۲۰۶].

I-۲- کنتورهای هوشمند در سایر مناطق

کشورهای چین، کره جنوبی و ژاپن در پیاده‌سازی و نصب کنتورهای هوشمند در شرق آسیا پیشرو هستند. برنامه هر یک از این کشورها تا سال ۲۰۲۰ نصب میلیون‌ها کنتور هوشمند در شهرهای مختلف می‌باشد.

آمریکای جنوبی، خاورمیانه، آسیای شرقی و آفریقا به ترتیب سریع‌ترین رشد نصب و راه‌اندازی کنتورهای هوشمند را داشته‌اند.

در پنج بازار اصلی جنوب شرق آسیا (تایلند، ویتنام، فیلیپین، مالزی و اندونزی) پیش‌بینی می‌شود کاربرد کنتورهای هوشمند تا ۲۰۲۰ بیش از ۳۰٪ رشد داشته باشد.

در ژاپن، شرکت KDDI نیز پروژه کنترل کنتورهای هوشمند از طریق LTE را انجام داده است.

شرکت MTN در آفریقای جنوبی با کمک شرکت Huawei یک آزمون تجاری از کنتورهای هوشمند را بر اساس اولین سرویس NB-IoT در آفریقا انجام داده است.

در سال ۲۰۱۸ و در زمینه‌ی کنتورهای هوشمند گاز، شرکت Pietro Fiorentini با همکاری Huawei از NB-IoT استفاده می‌کند. همچنین، راه‌حل شرکت Huawei برای استفاده از broadband PLC-IoT به همراه eLTE-IoT در نیجریه و چند کشور دیگر اجرا شده و به جمع‌آوری داده‌های مشتریان پرداخته است[۲۰۷].

شرکت کانادایی Sierra Wireless طراح و تولیدکننده محصولات شبکه هوشمند، یک ماژول بی‌سیم برای کنتورهای هوشمند ارائه داده که به‌عنوان بخش ارتباطات سلولی در ماژول قرائت کنتور هوشمند توسط شرکت Iskraemeco انتخاب شده است[۲۰۸].

I-۳- خودرو برقی هوشمند

کاربردهای پیاده‌سازی شده از شبکه‌های سلولی در زمینه خودروهای برقی را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: ۱. شارژ خودرو برقی و ارائه ایستگاه‌های شارژ به خودروها، ۲. پارکینگ‌های هوشمند. از جمله کاربردهای پیاده سازی شده می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱) شرکت چینی ZTE سیستم شارژ خودرو برقی هوشمند بر اساس NB-IoT را راه‌اندازی کرده است. در این پروژه، واحد داده IoT و پلتفرم شارژ خودرو با یک اپلیکیشن موبایل ترکیب‌شده و به راننده‌ها فضاهای شارژ موجود در سطح شهر را نشان می‌دهد [۲۰۵]. همچنین اپراتور موبایل Telia در نروژ یک پارکینگ هوشمند مبتنی بر NB-IoT را ایجاد کرده است.

۲) در کشور ایرلند نیز، سیستم شارژ خودروهای برقی شامل تجمیع مکان‌های شارژ، دستگاه‌های کنترلی و ارتباطی و الگوریتم‌های کنترلی خودروهای برقی طراحی و اجرا شده است. امکان پیوستن خودروهای برقی به شبکه برق و پیشرفت سیستم‌های بهینه‌سازی شارژ با استفاده از فناوری‌های Wimax یا LTE ازجمله اهداف این پروژه می‌باشد[۲۰۹].

۳) در سال ۲۰۱۷، شرکت Huawei با همکاری شرکت China Unicom و TransInfo پروژه‌ای برای پارکینگ هوشمند خیابان بر اساس NB-IoT اجرا کرد. علاوه بر هوشمندسازی مدیریت پارکینگ‌ها، رانندگان خودرو می‌توانند از راه دور برای یک محل پارک درخواست داده و هزینه پارکینگ را پرداخت نمایند. شرکت‌های دیگر نیز پروژه‌های مشابه در شهرهایی مانند ونیز ایتالیا (با همکاری Nedap)، بارسلونا اسپانیا و استانبول ترکیه (توسط Vodafone) انجام داده‌اند.

۴) در سال ۲۰۱۸ شرکت‌های Nokia و شرکت ژاپنی KDDI پروژه‌ای در ژاپن برای برقراری ارتباط بین خودروها با استفاده از LTE اجرا کردند [۲۱۰].

II- بخش توزیع

پیش‌بینی می‌شود در آینده نزدیک، تعداد ادوات سیستم‌های اندازه‌گیری وسیع (WAMS)[1] با قابلیت‌های مشابه PMU در شبکه توزیع کشورهای پیشرفته بسیار زیاد شود. داده جمع‌آوری‌شده از این ادوات، پایش کیفیت شبکه ولتاژ پایین و اطلاعات کنترلی موردنیاز را ممکن می‌سازد. همچنین، علاوه بر کنتورهای کنونی که برای گزارش‌های روزانه/ساعتی میزان مصرف و ارائه قبض مشتریان استفاده می‌شوند، گره‌های مشابه WAMS تحت عنوان کنتورهای هوشمند پیشرفته (eSM[2]) موردنیاز خواهند بود. البته تعداد، موقعیت مکانی و عملکرد eSMها همچنان در دست بررسی است.

II-۱- ترانسفورماتورهای پست‌های توزیع

به‌منظور بررسی بار ترانسفورماتور و پایش شرایط پست‌های توزیع، جمع‌آوری و تحلیل داده‌های بلادرنگ ضروری هستند. نصب کنتورهای هوشمند روی ترانسفورماتورهای پست‌های توزیع می‌تواند اطلاعات بسیار خوبی در لحظه، در خصوص وضعیت

[1] Wide Area Management Systems
[2] enhanced Smart Meter

پست‌ها ازجمله نوع مصرف و ولتاژ آن‌ها بدهد که این امر می‌تواند نقش بسزایی در افزایش کارایی پست‌ها و رفع مشکلات آن‌ها داشته باشد.

یکی از موارد پیاده‌سازی شده در کانادا بوده است که برای بررسی میزان رشد مصرف برق، میزان دقیق دزدی‌های برق و تعیین مکان آن‌ها، پایش و گزارش شرایط غیرعادی و امنیت عمومی، از داده کنتورهای AMI و فیدرها و همچنین پایش ترانسفورماتورهای توزیع استفاده می‌شود.

شرکت‌های آمریکایی Grid 20/20 و Itron برای دسترسی و ارائه اطلاعات حیاتی توزیع، همکاری داشته‌اند. پایشگر ترانسفورماتور توزیع OpaNODE ساخت Grid 20/20 به‌عنوان محصول برتر شبکه هوشمند در سال ۲۰۱۵ معرفی شد و در پروژه‌هایی مانند Ontario MOE در سال ۲۰۱۶ و با پشتیبانی بودجه از وزارت انرژی کانادا مورد استفاده قرار گرفت [۲۱۱]. اضافه کردن LTE در OpaNODE باعث توجه بیشتر به این محصول شد و پروژه‌های مشابه در سال ۲۰۱۸ در هاوایی انجام شده است [۲۱۲].

II-۲- پایش و مدیریت خطوط توزیع

شرکت کانادایی Sentient Energy به تولید حسگرهای هوشمند موردنیاز برای پایش و مدیریت خطوط توزیع صنعت برق می‌پردازد. این شرکت در سال ۲۰۱۷ به ارائه حسگرهایی پرداخت که فناوری‌های مخابراتی 3G و LTE را پشتیبانی می‌کنند [۲۱۳]. نصب این حسگرها بر روی خطوط توزیع، شناسایی خطا و تحلیل هوشمند داده‌ها منجر به بهبود ایمنی، قابلیت اطمینان و تجمیع ظرفیت‌های تولیدات منابع تجدیدپذیر شده است. همچنین، این حسگرها برای بررسی اوج بار، پایش و عیب‌یابی طرح "Worst Feeder Program" برای اجرا در ایالت Monitoba انتخاب شده‌اند. این شرکت در پایان سال ۲۰۱۷ اعلام کرد که تقاضای زیادی برای خرید و نصب این حسگرها دریافت کرده است [۲۱۴]. نمونه‌هایی از پروژه‌های پیاده‌سازی این حسگرها به‌صورت زیر است:

۱. شرکت کانادایی Manitoba Hydro بیش از ۴۰۰ ایستگاه توزیع با حدود ۱۸۰۰ فیدر را در اختیار دارد. در همه ایستگاه-های فرعی این شرکت RTU نصب نشده است، لذا پایش بلادرنگ ایستگاه‌ها با نصب حسگرهایی که داده‌ها را از طریق شبکه سلولی منتقل می‌کنند فراهم شده است [۲۱۵].

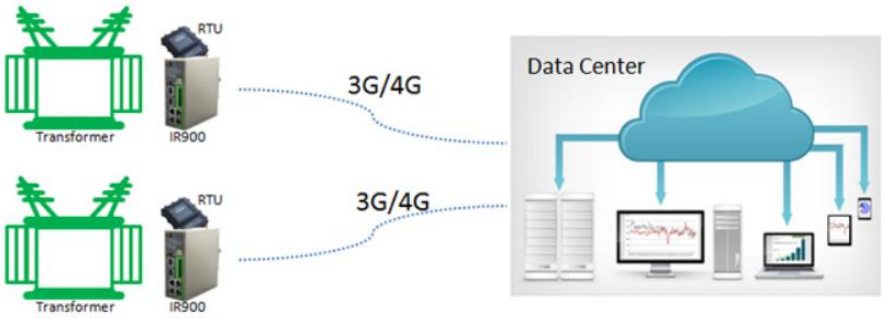
۲. شرکت بزرگ آمریکایی PG&E آزمون آزمایشگاهی استفاده از این حسگرها را در تعدادی از خطوط توزیع با موفقیت اجرا کرد. ازجمله اهداف مهم این آزمون، بررسی نحوه اتصال منابع تولید پراکنده به خطوط توزیع، پایش جهت جریان برق و تعیین مکان خطا در اتصالات تولیدات خورشیدی در خطوط بود.

۳. شرکت آمریکایی Florida Power & Light (FPL) با نصب بیش از ۱۷۰۰۰ حسگر خط، دریافت اطلاعات فاز و با کمک ماژول نرم‌افزاری شرکت Sentient Energy، به حل مشکل تعیین دقیق فاز در مدارات توزیع پرداخته است.

II-۳- پایش پست‌های فرعی[۲۱۶]

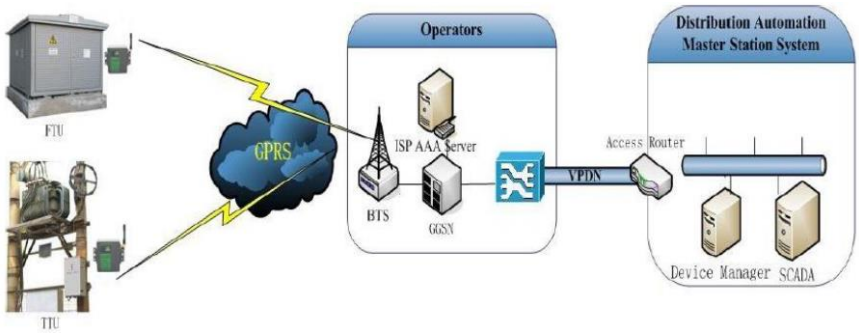
شرکت InHand Networks راه‌حل‌هایی برای اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT) و پایش ماشین‌ها و ادوات از راه دور ارائه داده است. پایش ایمن و قابل‌اطمینان برای شبکه هوشمند این شرکت، به‌صورت بخش‌های زیر می‌باشند:

۱. پایش ترانسفورماتور توزیع به کمک شبکه‌های سلولی 3G و 4G LTE: به‌منظور بهبود عملکرد شبکه توزیع برق، پایش ایستگاه‌های فرعی اهمیت ویژه‌ای دارند. این شرکت، روترهای شبکه با عنوان InRouter900 را بر اساس شبکه‌های سلولی 3G و 4G LTE طراحی کرده که پایش بلادرنگ عملکرد ایستگاه‌های فرعی شامل GOOSE، DNP3، SMS و Modbus را انجام می‌دهد که در شکل **No text of specified style in document.** !Error-۳۳نشان داده شده است.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۳۳**– **ارسال بلادرنگ اطلاعات ترانسفورماتورها از طریق شبکه سلولی**

۲. با توجه به تعداد زیاد حسگرها و سوئیچ‌ها در مناطق وسیع و هزینه بالای فیبر نوری، شرکت برق چینی SGCC از شبکه GPRS/3G شرکت InHand به‌صورت زیر بهره گرفت. همچنین مدیریت مرکزی مبتنی بر ابر این شرکت برای پایش عملکرد سیستم مانند پیکربندی از راه دور، به‌روزرسانی‌ها، پایش آنلاین و گزارش مصرف پهنای باند شبکه مورداستفاده قرار گرفته است که در شکل **No text of specified style in document.** !Error–۳۴، نشان داده شده است.



شکل .Error! No text of specified style in document– **۳۴** – **اتوماسیون توزیع در شبکه برق کشور چین**

II-٤- پایش فیدرها، ریکلوزرها و بانک‌های خازنی

شرکت Sensus Distribution Automation (DA) که در زمینه کنترل بخش توزیع صنعت برق فعال است راه‌حلی را برای کنترل از راه دور و پایش بلادرنگ همه ادوات توزیع ازجمله سوییچ‌های فیدر تنظیم ولتاژ[1]، ریکلوزرها و بانک‌های خازنی دارد. این روش از سه قسمت تشکیل می‌شود:

- مخابرات هوشمند و ادوات کنترل از راه دور
- زیرساخت ارتباطی برای شبکه قابل‌اطمینان و با تأخیر کم
- نرم‌افزار کنترل از راه دور برای مدیریت شبکه و کنترل ادوات

به‌منظور برقراری ارتباط، مشتریان می‌توانند از شبکه‌های مخابراتی سلولی و یا از شبکه Sensus FlexNet استفاده نمایند. محصولات دیگری از شرکت Sensus که می‌توانند ارتباطات 4G/LTE داشته باشند عبارت‌اند از: NaviComm، کنترل‌کننده

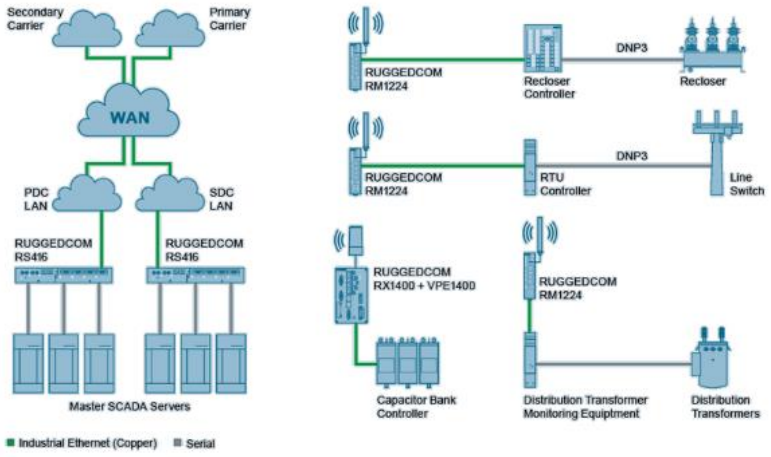
[1] Voltage Regulators Automated Feeder Switches

بانک خازنی با نام TC032 MicroRTU، جعبه کنترل ادوات مختلف مانند سوییچ‌ها، ریکلوزرها، ژنراتورها، ایستگاه‌های فرعی و غیره که با نام T866 شناخته می‌شود[۲۱۷].

شرکت Siemens نیز سیستم کنترل از راه دور فیدرهای توزیع را با عنوان SDFA[1] تولید کرده است. این سیستم که به نظارت خطوط می‌پردازد ازنظر ارتباطی می‌تواند به شبکه سلولی متصل و داده‌ها را منتقل نماید. پیاده‌سازی این سیستم کنترل با همکاری شرکت A&N Electric Cooperative و شرکت RuggedCom در یک بیمارستان در ایالت ویرجینیا انجام شده است. هدف از این پروژه، تشخیص به‌موقع خطا، جداسازی خط معیوب و کاهش قطع برق با تصحیح سریع خرابی‌ها بوده است [۲۱۸].

III- بخش انتقال

شرکت Siemens یک مسیریاب بی‌سیم با عنوان RUGGEDCOM RM1224 را برای مخابرات راه دور با پهنای باند بالا معرفی کرده است. این مسیریاب در سال ۲۰۱۶ با قابلیت اتصال به شبکه سلولی 4G LTE، می‌تواند در کاربردهای مختلفی استفاده شود ازجمله: تجمیع ایستگاه‌های فرعی راه دور، فیدرها، اطلاعات تصویری از راه دور و غیره که در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۳۵ نشان داده شده است [۲۱۹].



شکل .Error! No text of specified style in document-**۳۵- مسیریاب بی‌سیم Siemens با اتصال شبکه سلولی 4G LTE**

به‌صورت مشابه، مسیریاب RUGGEDCOM RX1400 یک مسیریاب سلولی است که ترکیبی از سوئیچینگ اترنت، مسیریابی، فضای ماشین مجازی برای کاربردهای لینوکس و توابع Firewall را ارائه می‌دهد. این دستگاه LTE و فیبر نوری را به محیط‌های سخت می‌رساند[۲۲۰]. به‌عنوان نمونه، این محصول در آزمون‌های مهم مانند آزمون جمع‌آوری داده، پایش و تحلیل در آزمایشگاه دانشگاه مریلند مورداستفاده قرارگرفته که در گزارش NIST سال ۲۰۱۷ شرح آن ذکر شده است[۲۲۱].

نمونه دیگر در بخش انتقال، حسگر توان MV شرکت tollgrade است که با دقت[2] 0.5% و با قابلیت پشتیبانی از شبکه‌های سلولی 3G، 4G LTE و یا اتصال به Wi-Fi امکان جمع‌آوری و ارسال اطلاعات را به‌صورت بلادرنگ و سریع فراهم می‌کند[۲۲۲]. این حسگر، بدون باتری و با توان القایی کار می‌کند و در کانادا توسط شرکت Toronto Hydro پیاده‌سازی شده

[1] Siemens Distribution Feeder Automation

[2] Accuracy

است. این پروژه منجر به کاهش چشمگیر زمان خاموشی مشتریان شده است. در آمریکا نیز بهبود 2.6% در شاخص رضایت مشتریان به‌دست آمده است[۲۲۳].

نمونه دیگر در بخش انتقال، سیستم Power Donut3 ساخت شرکت USi در آمریکا می‌باشد. در این سیستم، جمع‌آوری دیتا، Logگیری دیتا و سیستم هشدار مانیتورینگ برای کاربرد پایش و مانیتورینگ خطوط انتقال انجام می‌شود. ارتباط این سیستم می‌تواند از طریق رادیوی 2G/3G/4G برقرار می‌شود[۲۲۴].

شرکت آمریکایی Sentient Energy نیز محصول حس‌گر هوشمند MM3 خود را به فناوری LTE مجهز ساخته است. این محصول که برای پایش خطوط انتقال طراحی شده است برای تغذیه خود از امواج الکترومغناطیسی خطوط استفاده می‌کند[۲۲۵].

IV - بخش تولید

به‌منظور پایش و کنترل مراکز نیروگاهی بزرگ از فیبرنوری اختصاصی به‌عنوان زیرساخت مخابراتی ایمن، قابل‌اطمینان و پایدار استفاده می‌شود. اما در مراکز تولید پراکنده که وسعت زیاد و یا دسترسی سختی دارند (مانند مزارع بادی نصب‌شده در دریا)، سیستم‌های مخابراتی دیگر ازجمله شبکه‌های سلولی پیشنهاد شده است.

IV-۱- نیروگاه‌های خورشیدی

مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های مختلف صنعتی برای پایش و کنترل نیروگاه‌های خورشیدی، راه‌حل‌هایی را ارائه داده‌اند. جمع‌آوری داده‌ها، ارسال و ذخیره‌سازی آن‌ها و ارتباط با مرکز کنترل نیازمند راه‌حل مخابراتی مناسب می‌باشد. اگرچه در تحقیقات اخیر، شبکه‌های سلولی به‌عنوان راه‌حل ارتباطی صفحات خورشیدی موردبررسی و تائید قرار گرفته است اما نمونه‌های عملی زیادی از آن‌ها پیاده‌سازی نشده است. در ادامه به چند مثال مرتبط اشاره شده است:

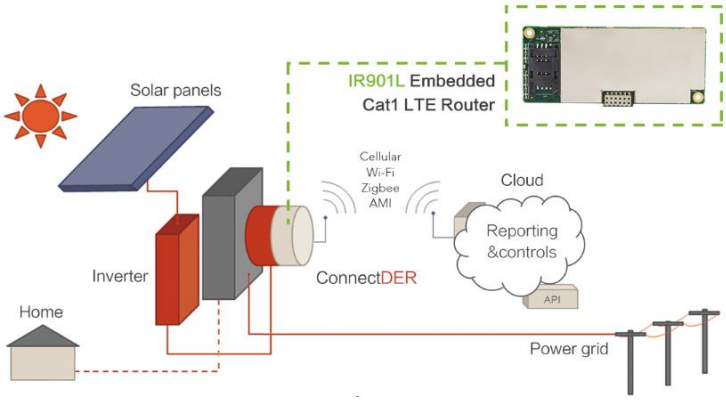
۱) به‌منظور کنترل از راه دور سیستم‌های خورشیدی یک جعبه به نام emsys Solar Box توسط شرکت energymeteo ارائه‌شده که با استفاده از روتر داخلی خود می‌تواند به سرور اصلی و نرم‌افزار نیروگاه مجازی این شرکت متصل شود. اتصال به نیروگاه مجازی می‌تواند از طریق یک ارتباط امن VPN و یا از شبکه LTE به‌واسطه سیم‌کارت داخلی جعبه برقرار شود[۲۲۶].

۲) شرکت Advantech محصولی برای ارسال داده‌های صفحات خورشیدی به‌صورت بی‌سیم و با کمک مسیریاب LTE دارد [۲۲۷].

۳) شرکت Cel-Fi برای ارسال داده‌های کنترلی مزارع خورشیدی به مرکز کنترل که در فاصله زیادی از آن قرار دارد، راه‌حلی بر اساس مخابرات سلولی را پیاده‌سازی کرده است. با نصب سیستم Cel-Fi GO X که با هدف پوشش مخابراتی وسیع و مطمئن با نصب آنتن همراه است و از 3G/4G/LTE پشتیبانی می‌کند، اطلاعات کنترلی و ویدیویی به محل موردنظر ارسال شد[۲۲۸].

۴) پیاده‌سازی LPWAN1 برای تولیدات تجدیدپذیر [۲۲۹]: ارتباطات سلولی برای تولیدات خورشیدی با استفاده از مسیریاب مجهز به LTE CAT1 و به‌صورت شکل Error! **No text of specified style in document.**-۳۶ پیاده‌سازی شده است.

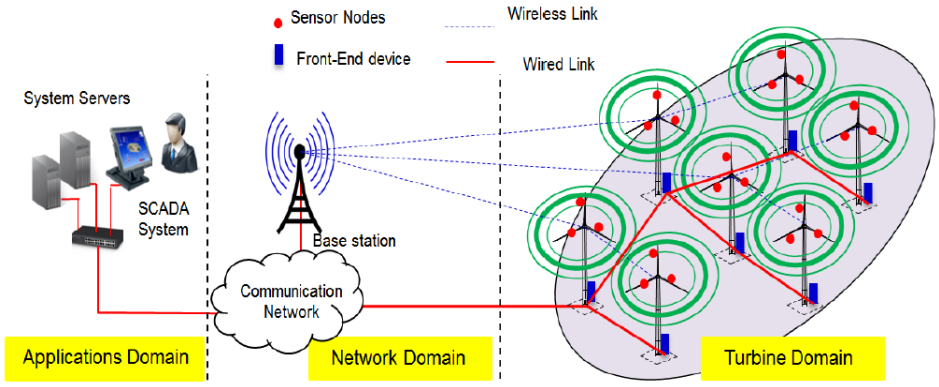
[1] low-power wide-area network



شکل .Error! No text of specified style in document–**۳۶– ارتباطات سلولی اجراشده برای سیستم خورشیدی**

IV-۲- نیروگاه‌های بادی

برای تجمیع داده‌های کنترلی توربین‌ها به‌صورت محلی و ارسال به مرکز کنترل از روش‌های ارتباطی مختلفی مانند فیبر نوری، اترنت و ارتباطات سلولی استفاده می‌شود که در شکل **.Error! No text of specified style in document** ۳۷ نشان داده شده است.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۳۷–ارتباطات مخابراتی سلولی در نیروگاه‌های بادی**

در سال ۲۰۱۸ شرکت GE اعلام کرده است که توربین‌های بزرگی با تولید 12MW را طراحی و نصب خواهد کرد. البته با توجه به گسترش نیازهای ارتباطی این توربین‌ها و شرایط محیطی محل نصب آن‌ها، ارتباطات سیمی غیرممکن خواهد بود و لذا فناوری‌های بی‌سیم ازجمله LTE موردتوجه بیشتر قرار خواهند گرفت [۲۳۰].

مزارع بادی با توجه به محل نصب، به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

الف) مزارع بادی که در خشکی نصب می‌شوند که برای پایش و کنترل آن‌ها می‌توان از شبکه‌های سلولی موجود استفاده کرد.

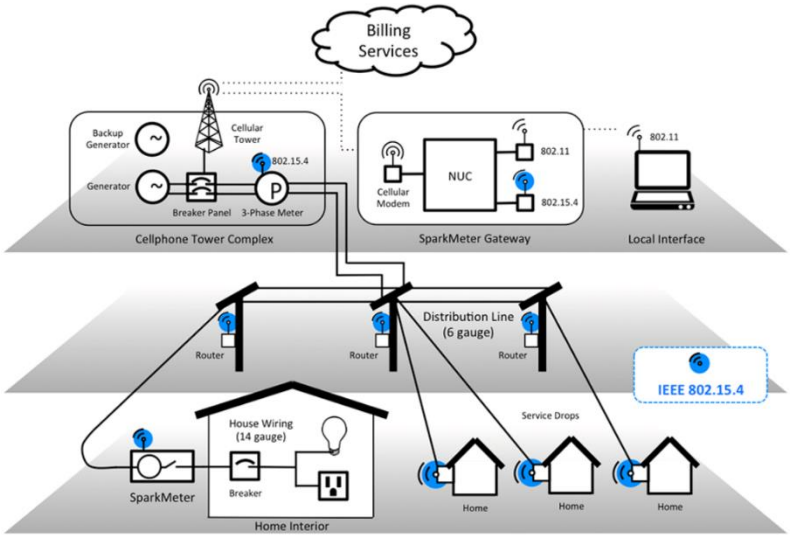
ب) مزارع بادی نصب‌شده در دریا (با فاصله بسیار زیاد از ساحل)، که برای کنترل توربین‌ها شرکت‌هایی مثل Atos می‌توان از شبکه باند وسیع مانند WiMax و یا LTE استفاده کرد [۲۳۱].

نمونه دیگر، شرکت استرالیایی RFI است که در ارتباطات مخابراتی PTT یک مزرعه بادی در دریای بالتیک از بی‌سیم‌های LTE (بجای TETRA) استفاده کرده است. در این پروژه سال ۲۰۱۸ که دارای ۷۰ عدد توربین بادی می‌باشد، ارتباطات گروهی بین کارکنان و ارتباط با مرکز کنترل توسط زیرساخت LTE ایجاد شده است [۲۳۲].

IV-۳- میکروگریدها

در پروژه Grid4eu مدیریت جریان برق با کمک ذخیره‌سازی و تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر در ایتالیا پیاده‌سازی شد. برای پایش و کنترل از زیرساخت مخابراتی LTE و به‌منظور ارسال دستورات و دریافت داده‌ها از دو ایستگاه تبدیل ولتاژ-بالا و ولتاژ-متوسط به بیش از ۱۰۰ ایستگاه ثانویه و ۴ تولیدکننده و یک سیستم ذخیره‌ساز استفاده شده است [۲۳۳].

نمونه دیگر، چندین پروژه میکروگرید اجراشده در کشور هائیتی است که یکی از آن‌ها توسط آزمایشگاه Wise Lab وابسته به دانشگاه Carnegie Mellon پیاده‌سازی شده است که در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۳۸ نشان داده شده است [۲۳۴].



شکل .Error! No text of specified style in document-**۳۸- پروژه میکروگرید در کشور هائیتی**

در این پروژه، به‌منظور مدیریت بی‌سیم میکروگرید فوق در یک منطقه روستایی، سخت‌افزارهایی مورداستفاده قرار گرفته است. سیستم، شامل پایش مبتنی بر ابر و سرویس کنترل و زیرساخت‌های شبکه مش برای کنتورهای هوشمند بی‌سیم می‌باشد. کنتورها داده‌های خود را به gateway (که مدیریت بار در سیستم را انجام می‌دهد) ارسال می‌کنند. این gateway با یک مودم سلولی به ابر متصل می‌شود.

۲-۱-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 4G

در این بخش، پروژه‌های تحقیقاتی شبکه هوشمند که در اروپا با تمرکز بر روی کاربردهای LV و کنتور هوشمند اجرا شده است و در تأمین زیرساخت مخابراتی خود از شبکه LTE استفاده کرده است ارائه و چالش‌های برطرف شده توسط هر یک از این فعالیت‌ها استخراج شده است.

لازم است ذکر شود که در استراتژی EU2020 اروپا، کنتورهای هوشمند نقش کاهش ۲۰٪ تصاعد کربن سال ۱۹۹۰ را عهده‌دار هستند. پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۲۰، تعداد کنتورهای هوشمند از ۲۰۰ میلیون کنتور در سال ۲۰۱۴ به ۳۵ میلیارد کنتور افزایش یابد. تأمین‌کنندگان انرژی در کشورهای مختلف اروپایی، از فناوری‌های مخابراتی سیمی و بی‌سیم متعدی بهره برده‌اند که از میان آن‌ها می‌توان به NB-PLC، BB-PLC، DSL، ZigBee، GSM/GPRS، 3G، WIMAX، LPWAN و LTE اشاره کرد که در این میان به پروژه‌هایی که از فناوری سلولی استفاده شده است اشاره شده است.

در [۲۳۵]، مروری بر فناوری‌های مخابراتی شبکه هوشمند است پروژه‌های اروپایی که تمرکزشان روی مبحث کاربردهای LV و کنتورهای هوشمند می‌باشد بررسی شده اند.

به‌جز بحث کنتور هوشمند، ارسال دیتا در شبکه MV نیز در این مرجع بررسی شده است که در سه پروژه از این ۲۱ پروژه به انتقال دیتا شبکه MV نیز توجه شده است که در هر سه پروژه، از فناوری بی‌سیم سلولی چون GSM، WiMax و 3G استفاده شده است و GSM و GPRS برای مانیتورینگ شبکه و تنظیم دو بار شبکه به‌طور خودکار از راه دور موردمطالعه قرار گرفته است. خلاصه نتایج بررسی شده درجدول **No text of specified style in document.** !Error–۴۷ آورده شده است.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
پروژه Inov Grid	فناوری مش رادیوئی و فناوری GPRS	پرتقال	۲۰۱۲	چالش ۱مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	در فاز اول ۵۰/۰۰۰ کنتور هوشمند و در فاز دوم ۱۰۰/۰۰۰ کنتور نصب شده است و فناوری غالب استفاده‌شده PLC DCSK می‌باشد و PLC PRIME، فناوری مش رادیوئی و فناوری GPRS نیز به‌صورت فناوری فرعی استفاده شده‌اند. این پروژه با هدف سهیم شدن در امر کنترل و مدیریت شبکه توزیع در هر لحظه انجام شده است[۲۳۶].
پروژه Hook Norton	فناوریNB-PLC– فناوری بی‌سیم	انگلیس	۲۰۱۱	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	این پروژه با هدف اندازه‌گیری مصرف انرژی در مناطق روستایی و مانیتور پست‌های توزیع انجام شده است. ارسال دیتا از منازل به هاب جمع‌کننده‌ی داده در پست‌ها از طریق فناوری NB- PLC و از جمع کننده داده تا مرکز کنترل از طریق فناوری بی‌سیم اجرا شده است و مسیر فیدبک به کاربر انتهایی برای کل مصرف انرژی از مرکز کنترل از طریق بستر اینترنت فراهم شده است[۲۳۷].
پروژه EDRP	فناوری GSM	انگلیس	سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۱	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	این پروژه با مشارکت چهار تأمین‌کننده‌ی انرژی با هدف اندازه‌گیری میزان کاهش مصرف انرژی در شرایطی که کاربر نهایی، فیدبک بهتری از مصرف انرژی خود دارد انجام شده است. در این پروژه، کنتورها از طریق GSM به تأمین‌کننده انرژی خود وصل می‌باشد. فناوری PLC در این پروژه، فناوری کمکی می‌باشد[۲۳۸].

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
پروژه E2SG	فناوری بی‌سیم توان پایین	مشارکت ۹ کشور مختلف	سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	این پروژه با هدف طراحی مکانیسمی برای کنترل و مانیتورینگ شبکه هوشمند اجرا شده است. در این پروژه، موضوعاتی چون حسگر هوشمند، کنتور هوشمند، مانیتور شبکه با استفاده از PMU، کاربردهای کنتور هوشمند، معماری جمع‌آوری دیتا، ذخیره و مدیریت دیتا مطرح می‌باشد. در این پروژه از مخابرات بی‌سیم توان پایین استفاده شده است[۲۳۹].
پروژه eSESH	فناوری GPRS	مشارکت شش کشور	سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	این پروژه با هدف به‌کارگیری سرویس‌های مدیریت انرژی از نوع آگاه به انرژی برای تعداد ۵۰۰۰ کنتور و در ۱۰ سایت ایجاد شده است. سیستم مدیریت بار با تنظیم از راه دور میزان بار مشترک و امکان رویت‌پذیری داده برای گاز، برق، گرما، سرما، آب گرم در نظر گرفته شده است. در ارسال دیتا از مراکز جمع‌کننده داده به مرکز کنترل از GPRS استفاده شده است[۲۴۰].
پروژه FINSENY	فناوری GPRS	مشارکت ۱۲ کشور	سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۱۳	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	این پروژه برای بحث مدیریت انرژی ساختمان انجام شده است. راهکارهای ICT برای عملیات شبکه‌های توزیع هوشمند، مانیتور و کنترل میکروگریدها و ارتباط آن به شبکه سرتاسری در این پروژه آدرس‌دهی می‌شوند. اتوماسیون توزیع و یکپارچه‌سازی منابع تولید پراکنده نیز در این پروژه موردتوجه قرار گرفته‌اند. پست‌ها به‌صورت حس‌گر و تجمیع دیتای کنتورها در پست در نظر گرفته شده که با GPRS اطلاعات به مراکز کنترل ارسال می‌شود[۲۴۱].
پروژه Smart Spaces	فناوری‌های Zigbee، GSM/GPRS و یا Ethernet	مشارکت ۹ کشور	سال ۲۰۱۲ تا سال ۲۰۱۵	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	این پروژه، با هدف ذخیره انرژی در ساختمان‌های عمومی اروپا از طریق راه‌حل‌های ICT انجام می‌شود. در این پروژه، برای ارتباط کنتور هوشمند تا جمع کننده داده از فناوری‌های Zigbee، GSM/GPRS و یا Ethernet استفاده می‌شود[۲۴۲].

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
پروژه Sustainable	فناوری GPRS	مشارکت ۵ کشور	سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	این پروژه برای مدیریت و مانیتور زمان – واقعی شبکه توزیع آدرس‌دهی شده است. دو سطح کنترل پیاده‌سازی شده است یکی سطح کنترل میانی در پست HV/MV Primary و دیگری در پست MV/LV Second. در این پروژه برای برخی از عملکردها چون قابلیت کنترل ولتاژ از فناوری GPRS استفاده شده است[۲۴۳].
پروژه Grid4EU	فناوری GPRS	مشارکت شش کشور	سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	این پروژه برای مانیتورینگ شبکه از نقاط LV و HV آدرس‌دهی شده است و تمرکز آن روی مدیریت منابع الکتریکی و تقاضا و تجمیع منابع انرژی پراکنده در شبکه MV می‌باشد. از فناوری GPRS در این پروژه برای ارتباط تجمیع کننده داده و مرکز کنترل استفاده شده است[۲۴۴].
پروژه Disern	فناوری GSM، GPRS و 3G	مشارکت ۵ کشور	۲۰۱۳ تا سال ۲۰۱۶	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	مانیتور نقاط LV و MV، موضوع بررسی این پروژه است مانیتورینگ و اتوماسیون شبکه MV و اندازه‌گیری AMR در این پروژه، آدرس‌دهی شده‌اند. GSM، GPRS و 3G برای ارتباط کنتورها با نقاط جمع‌کننده داده استفاده شده‌اند. همچنین برای ارتباط جمع‌کننده دیتا به مرکز کنترل از GSM، GPRS، UMTS و LTE استفاده شده است. همچنین برای ارتباط نقاط MV موردنیاز اسکادا از GSM استفاده شده است[۲۴۵].
پروژهBERCO M [۲۳۷]	فناوری موبایل LTE	همکاری بخش‌های صنعت، پژوهشگاه‌ها و دانشگاه‌ها در حوزه انرژی و مخابرات	سال ۲۰۱۵	چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	هدف اصلی پروژه، انعطاف‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی انرژی بر پایه انطباق آن‌ها بر فناوری موبایل LTE، تعریف و پیاده‌سازی SCADA روی سرویس‌های LTE و ارزیابی عملکرد سیستم‌های انرژی وابسته به شبکه‌های 4G می‌باشد. این پروژه در سطح تحقیقات است و شامل پیاده‌سازی صنعتی نمی‌شود.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
پروژه SUNSEED[1]	شبکه سلولی LTE			چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۱- کنترل‌پذیری شبکه	در پروژه FP7 SUNSEED، که در سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷ انجام شده است، شبکه‌های موجود مخابراتی برای انتخاب یک گزینه مقاوم و تاب‌آور در سیستم توزیع هوشمند برق مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند. در این پروژه، راه‌حل‌های مخابراتی برای شبکه هوشمند با استفاده از زیرساخت‌های موجود ازجمله شبکه سلولی LTE ارائه شده است.

جدول .Error! No text of specified style in document-۴۷ پروژه‌های نمونه برای حل چالش¬های موجود در صنعت برق با بهره گیری از فناوری 4G

۲-۲-۳-۳- فناوری 5G

الزامات نسل پنجم شبکه‌های پهن باند سلولی توسط موسسه ITU و با عنوان IMT-2020 معرفی شده است. فناوری بی‌سیم نسل پنجم، جدیدترین نسل فناوری‌های سلولی می‌باشد که برای افزایش سرعت و پاسخ‌دهی شبکه بی‌سیم طراحی شده است. نرخ داده ۲۰ گیگا بیت بر ثانیه با تاخیر در حدود ۱ میلی ثانیه یا کمتر که نیازمند فیدبک زمان واقعی می‌باشد. رمز و راز این افزایش جهشی در نرخ داده 5G به پهنای باند در دسترس 5G و فناوری‌های پیشرفته آنتن می‌باشد.

موسسه 3GPP، فناوری 5G NR[2] را به عنوان فناوری نسل پنجم در ITU ارائه کرده است (در ادامه منظور از 5G همان 5G NR می‌باشد). این فناوری علاوه بر بهبود در سرعت و ظرفیت و تاخیر، ویژگی‌های جدیدی را برای مدیریت شبکه پیشنهاد می‌دهد؛ برش شبکه[3]، یکی از این ویژگی‌ها می‌باشد که به اپراتور موبایل این توانایی را می‌دهد که چندین شبکه مجازی، را در یک شبکه فیزیکی 5G ایجاد نماید. این توانمندی، پشتیبانی از کاربران صنعتی یا کاربران خاص را ایجاد می‌کند و همچنین بنای فروش را بر مبنای as-a –service می‌گذارد.

فناوری 5G و سرویس‌های آن طی سال‌های پیشرو در مراحل متفاوتی توسعه داده خواهد شد تا اعتماد در حال افزایش به تجهیزات اینترنت و موبایل را با خود داشته باشد. انتظار می‌رود که 5G، تنوعی از کاربردهای جدید، موارد کسب و کار و کاربران جدید را ایجاد نماید.

[1] Sustainable and robust networking for smart electricity distribution
[2] New Radio
[3] Network Slicing

این استاندارد در دو فرکانس FR1 (۶ گیگاهرتز به پایین) و FR2 (۲۰ تا ۶۰ گیگاهرتز شامل باند فرکانسی موج میلیمتری) تعریف می‌شوند. همچنین رادیوی جدید 5G در استاندارد به صورت غیر مستقل (NSA[1])و مستقل (SA[2]) دسته‌بندی شده‌اند. در دسته غیرمستقل، شبکه 5G در زیرساخت موجود 4G پشتیبانی می‌شود. لکن در دسته مستقل، 5G دارای زیرساخت کامل و بدون نیاز به زیرساخت 4G می‌باشد.

فناوری‌های ذیل در 5G باعث توانمند شدن این نسل از شبکه موبایل شده‌اند.

موج میلیمتری، شبکه مبتنی بر نرم افزار (SDN[3])، مجازی‌سازی توابع شبکه (NFV[4])، رایانش لبه شبکه موبایل[5]، برش شبکه[6] و mMIMO[7] از جمله این فناوری‌ها می‌باشند.

همچنین انجمن ITU-R نیز موارد استفاده 5G را در سه حوزه ذیل تقسیم‌بندی نموده است.

۱. کاربرد ارتباطات ماشین گسترده mMTC[8] در 5G

هنگامی‌که در ابتدا استاندارد LTE طراحی شده بود، نیاز اصلی این بود که این فناوری باید نرخ گذردهی دیتای بالایی را از/به تجهیزات موبایل فراهم نماید که به مراتب بیشتر از فناوری UMTS باشد. درحالی‌که این امر به طور قابل توجهی تحقق یافته اما معماری شبکه منجر شده است تا این فناوری برای تجهیزات اینترنت اشیاء نوظهور ازقبیل تجهیزات پوشیدنی، سنسورهای صنعتی، لوازم خانگی و غیره مناسب نباشد. چنین دستگاه‌هایی دارای ابعاد بسیار کوچک هستند، میزان کمی از دیتا را ارسال می‌نمایند و تنها با یک باتری کوچک تجهیز شده‌اند که باید انرژی آن‌ها را برای هفته‌ها، ماه‌ها یا حتی سال‌ها تأمین نماید. علاوه‌براین، این دستگاه‌ها اغلب در مکان‌هایی قرار می‌گیرند که شبکه‌های امروزی ناحیه‌ی پوشش خوبی در آنجا ندارند مانند زیرزمین و محیط‌های صنعتی. درحالی‌که امروزه فناوری GSM برای بسیاری از کاربردهایی از این دست به‌کار گرفته شده است، اما این فناوری کاملاً قدیمی می‌باشد و بسیاری از اپراتورهای شبکه خواهان آن هستند که در سال‌های آتی آن را غیرفعال نمایند[۲۰۸]. این امر سبب شده است تا برای چنین دستگاه‌هایی در آینده به LTE یا شبکه‌های اختصاصی به عنوان گزینه اتصال روی آورده شود. استاندارد LTE با هدف کارآیی بسیار مؤثر از نظر توان مصرفی طراحی نشده بود، تا بتواند از ده‌ها یا صدها تجهیز IoT[9] در هر سلول که تجهیزات ارزان با پیچیدگی پایین هستند و میزان کمی از دیتا را ارسال می‌کنند، پشتیبانی نماید. اخیراً 3GPP قابلیت‌هایی برای LTE مشخص نموده است تا بتواند به عنوان یک واسط هوایی جدید برای اتصال تجهیزات IoT با اهداف زیر تبدیل شود:

- رادیوهای کم هزینه در تجهیزاتی که هزینه‌های کمتر از ۵ دلار دارند.
- هزاران دستگاه در هر سلول که تنها چند بایت در روز ارسال می‌کنند.
- مصرف انرژی فوق‌العاده کم، عمر باتری تا ۱۰ سال برای تجهیزاتی که تنها چند بایت در روز ارسال می‌کنند.
- پشتیبانی کارآمد برای دستگاه‌های با نرخ‌های داده‌ی پایین (چندصد کیلو بیت بر ثانیه)، کم هزینه و حساسیت رادیویی زیاد (پوشش indoor عمیق)

[1] Non-stand-alone
[2] Stand-alone
[3] Software defined radio
[4] Network function virtualization
[5] Mobile edge computing
[6] Network Slicing
[7] Massive MIMO
[8] massive machine type communication
[9] Internet of Things

درعمل، یک فناوری برای تمام موارد استفاده مناسب نیست. برخی از کاربردهای اینترنت اشیاء ممکن است قصد داشته باشند تا به طور مرتب با نرخ بیت درحدود چند صد کیلو بیت بر ثانیه، دیتا ارسال نمایند، درحالی‌که درعوض یک امکان بر روی بازدهی توان و پوشش indoor می‌تواند ایجاد شود. ازسوی دیگر، دستگاه‌های دیگر اینترنت اشیاء ممکن است قصد داشته باشند تا به طور روزانه تنها درحد چند بایت تبادل داده داشته باشند، اما باید از فاصله قابل توجهی از یک ایستگاه پایه این کار را انجام دهند و یا ممکن است در زیرزمین نصب شوند که در آن‌جا کانال‌های 10 MHz یا 20 MHz که امروزه LTE به سادگی به‌کار می‌گیرد در آن‌جا میسر نباشد. برای پاسخگویی به این الزامات مختلف، چندین پیشرفت مستقل مشخص شده است و نیز گروه‌های جدیدی برای تجهیزات مشخص شده است تا به این موارد استفاده‌ی مختلف، در یک روش مناسب پاسخ دهند. در 4G، فناوری‌های cat nb1 در گروه NB-IoT و فناوری cat-M1 در دسته LTE-M برای این نوع ارتباطات در نظر گرفته است. در ادامه مسیر 4G برای ارتباطات ماشین به ماشین، فناوری‌های نوین دیگری در 5G در حال ظهور می‌باشد که عبارتند از :

- معرفی cat nb-2 در NB-IOT
- معرفی cat –M2 در LTE-M
- معرفی R15 NB-IoT و R16 NB-IoT
- معرفی R15 LTE-M و R15 LTE-M
- معرفی NR IIOT

۲. کاربرد ارتباطات امن با تاخیر کم uRLLC[1] در 5G

در بسیاری از کشورها، سازمان‌های ایمنی ازقبیل پلیس، ادارات آتش نشانی و اورژانس برای ارتباطات خود رادیو ترانک زمینی را به خدمت می‌گیرند. فناوری رادیو ترانک، یک فناوری سوئیچینگ مداری می‌باشد که در دهه ۱۹۹۰ طراحی شده بود و از این‌رو دارای شباهت بسیاری با GSM می‌باشد. سرویس اصلی شبکه‌های ترانک ارتباطات Push-to-Talk بین دو طرف و ارتباطات Push-to-Talk گروهی می‌باشند. به دلیل عمر این فناوری و استفاده‌ی خاص آن، تجهیزات مربوطه گران قیمت هستند و همچنین نگهداری شبکه‌ها، خرید المان‌های شبکه و نیز دستگاه‌های موبایل، با گذشت زمان دشوارتر خواهد شد. دلیل دیگر برای انجمن‌های ترانک همچون TETRA برای درنظر گرفتن یک سیستم جایگزین این است که نرخ داده‌ی سیستم به چند ده کیلو بیت بر ثانیه محدود شده است بنابراین به جای طراحی یک شبکه رادیویی و یک شبکه هسته جدید برای این هدف، تصمیم گرفته شد تا نسل بعدی سیستم‌های PMR[2] برای سازمان‌های ایمنی مبتنی بر LTE و IMS باشند. از این‌رو، در 3GPP Release 12 و نیز Release 13 بلوک‌های سازنده‌ی اصلی زیر مشخص شده‌اند:

- ویژگی‌های ارتباطات گروهی PTT[3] که به عنوان MCPTT[4] شناخته می‌شوند.
- روش‌هایی برای اولویت دادن sessionهای ارتباطی نسبت به دیگران و نیز نسبت به ترافیک داده‌های کم اهمیت.
- ارتباطات دستگاه–به–دستگاه و رله نمودن ارتباطات از یک دستگاه به دیگری و از آنجا به شبکه.
- ارتباطات محلی هنگامی‌که لینک Backhaul از یک ایستگاه پایه LTE درحالت offline می‌باشد درحالی‌که ایستگاه پایه رادیویی هنوز کار می‌کند.

[1] ultra Reliable low latency communication
[2] Professional Mobile Radio
[3] Push-to-Talk
[4] Mission Critical Push to Talk

علاوه بر این، در LTE، تفکیک شبکه رادیویی از سرویس‌ها تحقق‌پذیر شده است از این‌رو، LTE به گونه‌ای طراحی شده است که به صورت یک تقسیم‌بندی واضح از یک شبکه (که بسته‌های IP را انتقال می‌دهد) و همچنین از سرویس‌هایی که داده‌ها را در شبکه ارسال می‌کنند، باشد. این امر اجازه می‌دهد تا فناوری LTE نه تنها برای مشتریان تجاری، بلکه همچنین برای سرویس‌های PMR به‌کار گرفته شود. همچنین در LTE، سرویس‌ها برای مشتریان تجاری و کاربران PMR تفکیک شده است که این امر نیز بر جاذبه‌های استفاده از LTE برای کاربردهای ماموریت بحران می‌افزاید. در ادامه تسهیلاتی که در LTE برای سرویسهای ماموریت بحران لحاظ شده است، 5G نیز یکی از ابعاد اصلی توسعه خود را بر توسعه این سرویس‌ها بنا نهاده است. در ادامه به برخی از این سرویسها در حوزه مامریت بحران اشاره خواهد شد:

- معرفی سرویس داده ماموریت بحران
- معرفی سرویس چند رسانه ای ماموریت بحران
- معرفی سرویس صوت ماموریت بحران
- معرفی R16 NR-V2X

۳. کاربرد ارتباطات eMBB[1] در 5G

یکی دیگر از موارد کاربرد تعریف شده برای فناوری 5G، موبایل پهن باند توسعه یافته می‌باشد که به عنوان توسعه‌ای بر سرویس‌های باند پهن 4G، اولین سرویس تجاری پهن باند 5G می‌باشد که در فاز اول به بهره برداری خواهد رسید و در آن رسیدن به نرخ دیتای بالا در کنار تاخیر پایین و ظرفیت بالاتر و قابلیت اتصال بهتر در کنار قابلیت تحرک بالاتر هدف بوده است.

۱-۲-۲-۳-۳- کاربردهای 5G در صنعت برق و انرژی

در ادامه سیر تکاملی 4G، 5G یکی از گزینه اصلی ارتباطی در شبکه هوشمند برق و انرژی می‌باشد که به دلیل استفاده از زیرساخت عمومی، انعطاف‌پذیری بالا، سادگی بهره‌برداری (عدم نیاز به سیم‌کشی در نودهای مورد نظر) و تکامل از منظر نرخ دیتا، امنیت، تاخیر، تجربه کاربر انتهایی از شبکه و ... نسبت به 4G دارای محبوبیت بالایی می‌باشد؛ فعالیت‌های تحقیقاتی و اجرایی متعددی در حوزه استانداردسازی فناوری 5G و توسعه verticalهای صنعتی آن در سراسر دنیا در حال انجام می‌باشدکه در ادامه به معرفی پروژه‌های تحقیقاتی و اجرایی که در سایت CORDIS که مهم‌ترین سرویس اطلاعاتی کمیسیون اروپا برای اعلام پروژه‌های با حمایت مالی اروپا می‌باشد پرداخته شده است. این پروژه‌های تحت برنامه H2020 معرفی شده‌اند.

– پروژه NRG-5[2]

صنعت انرژی یکی از مهمترین test caseهای فناوری‌های فعال 5G می‌باشد و در آن نیاز به پوشش دادن محدوده بزرگی از نیازمندیهای متفاوت در تنوع زیادی از برنامه‌های کاربردی می‌باشد. در هر حال برای پشتیبانی موثر صنعت انرژی در گذر خود به سمت سیستم‌های تجدیدپذیر غیر مرکزی بیشتر، چندین چالش در بخش‌های مدیریت شبکه‌های 5G، امنیت، تاب‌آوری، مقیاس‌پذیری و تحرک‌پذیری وجود دارد. برای مواجهه با این موضوعات، NRG-5، قالب کاری نرم‌افزاری موافق با PPP[3] که به طور خاص برای حوزه انرژی تعبیه شده است را بررسی و توسعه می‌دهد[۲۴۸].

عناوین گزارش‌های منتشر شده این پروژه در زمان تدوین این گزارش به شرح زیر می‌باشد:

Semi-automatic NS/VNF deployment

[1] enhanced mobile broadband
[2] Enabling Smart Energy as a Service via 5G Mobile Network advances
[3] Purchasing power parity

Report on marketing & promotional tools v1
NRG-5 Virtual Network abstraction
NRG-5 Low-Layer Networking VNFs

- پروژه SOGNO[1]

سیستمهای انرژی در سال ۲۰۲۵ بر پایه افزایش سطح نفوذ منابع تجدید پذیر می‌باشند و DSO ها نیاز به نگرش جدید برای اجرای بهینه عملیات از دید مالی دارند. همزمان با این مساله شبکه‌های موبایل 5G که تا سال ۲۰۲۵ توسعه داده شده‌اند سرویس‌هایی را پیشنهاد می‌دهند که دسترسی بالا و تاخیر پایین دارند و کنترل بر مبنای داده را فعال می‌کنند. تکامل بخش انرژی به سمت و سوی تمرکز بر انرژی به عنوان سرویس می‌رود. DSOها احتیاج دارند که بر قابلیت‌های خود بیافزایند و نوآوری‌هایی همچون اقتصاد مشارکتی را معرفی کنند و از سرویس‌هایی که قابلیت انعطاف را برای تطابق و کاهش نیاز به سرمایه گذاری ثابت افزایش می‌دهد استفاده شود.

SOGNO این چالش را از طریق ترکیب کاربرد تکنیک‌های هوشمند عمیق، آنالیز داده گرید صنعتی، ابزارهای مصورسازی، سنسورهای پیشرفته، واحد اندازه‌گیری توان پیشرفته و 5G براساس ICT مرتفع می‌سازند تا رویت‌پذیری و کنترلی مناسب را در هر دو شبکه‌های قدرت ولتاژ پایین و متوسط مهیا سازد و از اتوماسیون انتها به انتها در محیط مجازی استفاده کند.

برخی از تغییراتی که در استاندارد و قوانین تنظیم مقررات برای پیاده‌سازی تکنیک‌های پیشرفته نیاز می‌باشد در این پروژه دیده شده است. مدل‌های کسب و کار منصفانه برای معرفی بازار از سرویس‌های turnkey پشتیبانی خواهند شد. تجاری‌سازی نتایج پروژه چون سرویس انرژی، تغییرات در هم گسیخته‌ای را در بازار انرژی DSO نتیجه خواهد داد که پیشرفتی سریع را در سرعت و هزینه نقش اتوماسیون DSO ها ایجاد می‌کند و بازار سرویس‌های انرژی را توسعه می‌دهد. دیدگاه SOGNO از بازار جدیدی بر مبنای سرویس قفل‌گشایی می‌کند که بخش انرژی اروپا را پیشرفته‌ترین جهان می‌سازد[۲۴۹]. عناوین گزارش‌های منتشر شده این پروژه در زمان تدوین این گزارش به شرح زیر می‌باشد:

Description of initial Interfaces & services for grid awareness
Description of new SOGNO techniques for autonomous and self-healing power systems
Definition of overall SOGNO System Architecture
Identification of economically feasible value chain designs
Evaluation of potential new business model opportunities
Description of initial Interfaces & services for autonomous and self-healing power systems
Report on marketing tools

- پروژه 5G CONNI[2]

پیش بینی شده است که 5G فناوری کلیدی باشد که مرحله چهارم تکامل صنعت – با نام صنعت چهارم– را فعال سازد. کارخانه‌های هوشمند در آینده، از فناوری صنعت چهارم و 5G برای افزایش قابلیت انعطاف و موثربودن فرایندهای کارخانه‌ای استفاده خواهند کرد. از آنجایی که فناوری‌های 5G چون Network slicing ممکن است کاربردهای صنعتی را در شبکه‌های عمومی تجمیع کنند شبکه‌های اختصاصی 5G که برای کاربردی خاص به طور محلی بهینه شده‌اند روشی نو برای برآوردسازی تقاضاهای خاص از use caseها در صنعت می‌باشد.

[1] Service Oriented Grid for the Network of the Future
[2] Private 5G Networks for Connected Industries

5GCONNI قصد دارد تا بر پایه شبکه اختصاصی 5G، تست انتها به انتهای تجمیع شدهای را در 5G محقق سازد و شبکه‌های اثبات شده‌ای را برای کاربردهای صنعتی ایجاد کند تا بر استانداردسازی و پروژه‌های تحقیقاتی جاری تاثیر گذارد.

تمرکز پروژه بر تعریف شبکه اختصاصی 5G، معماری شبکه، مدل‌های اپراتوری، اندازه‌گیری و ابزاری طراحی شبکه خاص کاربردی تنظیم و مانیتور و گسترش فناوری‌های جدید ابتکاری و فعال‌سازی مولفه‌های URLLC در ارتباطات رادیویی، محاسبات لبه موبایل، طراحی شبکه هسته، بهینه‌سازی تلفیقی این مولفه‌ها می‌باشد[۲۵۰].

– پروژه 5TONIC

5Tonic با هدف ایجاد آزمایشگاهی در اکوسیستم تحقیق و نوآوری ایجاد شده است به نحوی که صنعت و دانشگاه بتواند با هم برای تقویت فناوری و فرصت‌های نوآورانه شغلی فعالیت نمایند. این آزمایشگاه، توسعه پروژه‌های مشترک، فرصت‌های کارگشایی مشترک، محافل گفتگو، کنفرانسها و رویدادها را در محیط بین‌المللی با بالاترین اثر را ترویج می‌دهد.

5Tonic، تلاش می‌کند که با هدایت شرکت‌های بین المللی در حوزه 5G، توانایی‌ها و سازگای سرویس‌ها، کاربردها و تجهیزات 5G را در مرحله قبل از تجاری‌سازی نمایان سازد. علاوه بر تحقیقات، تست‌های فیلد نیز در فعالیت‌های 5Tonic گنجانده شده است[۲۵۱].

– پروژه 5G-VINNI[1]

این طرح، به ایجاد سهولت برای سرویس‌های انتها به انتها و اعتباردهی به اجرای فناوری‌های جدید 5G که با تست سرویس‌های پیشرفته برای صنایع محقق می‌شود به ایجاد درکی از 5G در اروپا تسریع می‌بخشد.

استراتژی‌های پیشرو در این طرح به این شرح می‌باشند:

- طراحی پیشرفته‌ترین امکانات 5G برای نمایش معیارهای KPI[2] کسب و کاری و فنی که می‌تواند محقق شود
- نمونه‌های هم کاری عملیاتی برای امکانات انتها به انتها که تواناییها و باز بودن سیستم را اثبات می‌کنند
- ایجاد سیستم مدیریتی، عملیاتی و تنظیم هم‌آهنگی zero-touch و راحت برای کاربر تا اطمینان حاصل شود که امکانات در عملیات به طور موثر استفاده می‌شوند و استفاده از منابع به طور بهینه می‌باشد
- اثبات توانایی‌های 5G-VINNI از طریق تجارب توسعه ای و اندازه گیری عملکرد در مقابل KPI ها در 5G
- توسعه اکوسیستم 5G زیست پذیر برای پشتیبانی از ایجاد زیرساخت NaaS[3] به عناون یک کسب و کار ماندنی در پروژه
- ترویج ارزش نتایج 5G-VINNI به بدنه‌های استانداردهای مرتبط و اجتماع‌های open-source
- امکانات انتها به انتهای این طرح، تحقق KPIهای 5G را در پهنه ترکیب فناوری‌های دسترسی جدید و انواع تجهیزات انتهایی کاربر که به پیشرفته‌ترین تجهیزات شبکه هسته متصل می‌باشد نمایان می‌سازد. در این طرح از جدیدترین فناوری‌ها مشتمل بر نتایج پروژه‌های 5G PPP استفاده می‌شود. NFV، Network Slicing و کمپین تست خودکار برای اعتباردهی به KPI ها در ترکیبات مختلف فناوری و بارهای شبکه در این طرح بررسی می‌شود.
- برای اطمینان یافتن از سناریوهای بار واقعی، این طرح یک فریم کاری باز را از طریق APIهای باز هم از نظر قانونی و هم از نظر فنی با دسترسی آسان صنایع و و پروژه‌های مشابه ایجاد می‌کند[۲۵۲].

Pal Gronsund, “ EUCNC 2018Special Session: 5G-PPP Phase 3 introduction & ICT-19-2018 info-session 5G-VINNI (5G Verticals INNovation Infrastructure)” , 2018

[1] 5G Verticals INNovation Infrastructure
[2] Key Performance Indicator
[3] Network as a service

- پروژه 5G-EVE[1]

این طرح که یک گذر اساسی در 5G می‌باشد برای ایجاد پایه‌های نقش آفرینی وسیع شبکه انتها به انتها در اروپا ایجاد شده است. 5G-EVE گذر اساسی را با ارائه پیشنهاد به صنایع عمودی و امکانات پروژه‌های فاز سوم 5GPPP پیشنهاد می‌دهد تا KPIها و سرویس‌های آنرا اعتباردهی کند.

در این طرح موارد زیر در ۴ سایت تست می‌شوند:

- دسترسی ناهمگون از رادیوی NR، طیف مجوزدار و بدون مجوز، مدیریت بهینه طیف
- فناوری‌های سرویس/هسته، backhaul و پردازش لبه موبایل
- ابزارهای همکاری بین سایت و Slicing فناوری / هماهنگی/ domain و چند سایتی

این طرح موافق 3GPP REl.15 و 3GPP Rel.16 می‌باشد.

اهمیت دادن به صنایع عمودی در تست و آنالیز KPI از موارد اهم در این طرح می‌باشد[۲۵۳].

- پروژه 5RANGE[2]

هدف طرح این است که بر محدودیتهای فناوری‌های موجود برای مناطق بدون پوشش موبایل غلبه شود و پوشش‌دهی برای مناطق با پوشش دهی جمعیت پایین به کسب و کار ممکن تبدیل شود. هدف شعاع سلولی ۵۰ کیلومتری و حداقل ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه در لبه سلول می‌باشد و از هر دو باند فرکانسی مجوزدار و بدون مجوز و تکنیکهای رادیوی شناختی برای حفاظت از الزامها استفاده می‌شود[۲۵۴].

- پروژه 5GINFIRE[3]

بخشهای صنعتی کلیدی به سرعت به فناوری‌های ارتباطی و دیجیتالی تبدیل شده‌اند که تکامل صنعتی چهارم را راهبری می‌کنند. در میان آنها، شهر هوشمند می‌باشد که کاربردها و فناوری‌های جدیدی را زمینه سازی می‌کند. ویژگی‌های برجسته این بخش‌ها که به ورتیکالها مشهور می‌باشند این است که آنها به سرعت اکوسیستمی باز می‌باشند که در بالای منابع و زیرساختهای فیزیکی مشترک قرار می‌گیرند. این امر، درجه بالایی از همگرایی تکنولوژیکی را بین ورتیکالهای صنعتی ایجاد می‌کند که از طریق ظرفیت تکنیکی پیشرفته برای راه اندازی توسعه‌های محصولات جدید، کاربردها و سرویس‌های ابتکاری به آنها قدرت می‌بخشد[۲۵۵].

زیرساخت شبکه 5G برای " بودن به صورت محیط کلی‌نگر و با هدایت بنگاه اقتصادی برای منابع ذخیره ساز، پردازشی شبکه بندی، یکپارچه سازی کسب و کاری و فنی در یک زیرساخت متحد و قابل برنامه ریزی" هدف‌گذاری شده است. این پروژه دو موضوع را آدرس‌دهی می‌کند:

۱. محیط متحد و کلی‌نگر چگونه باید باشد؟

۲. چگونه این پروژه می‌تواند ورتیکالها را میزبانی و تجمیع کند و همزمان نیازمندی‌های متضاد و رقابتی را مرتفع سازد؟

اهداف تکنیکی عمده این پروژه، ایجاد و اجرای یک اکوسیستم مرجع 5G بر پایه NFV (Open5G-NFV) می‌باشد که از امکانات تجربی بهره ببرد تا امکانات پروژه را برای اهداف خاص ورتیکال تجمیع سازد و تجربیات صنایع ورتیکال را فعال سازد.

- پروژه 5G TRANSFORMER[4]

[1] 5G European Validation platform for Extensive trials
[2] Remote area Access Network for 5th Generation
[3] EVOLVING FIRE INTO A 5G-ORIENTED EXPERIMENTAL PLAYGROUND FOR VERTICAL INDUSTRIES
4 5G Mobile Transport Platform for Verticals

دیدگاه این پروژه این است که شبکه انتقال موبایل از شبکه‌هایی انتقال میانی سخت باید به پلتفرم پردازشی و انتقالی موبایل 5G بر پایه SDN/NFV تبدیل شود که بتواند به طور همزمان رنج وسیعی از پردازش و شبکه بندی را برای برآورده سازی نیازهای خاص ورتیکالهای صنعتی پشتیبانی نماید.

روش بدیع برش شبکه[1] برای 5G بعنوان روشی که بتواند این چالشها را آدرس‌دهی کند ایجاد شده است. مدیریت برشها را برای منابع مجازی فعال می‌سازد.

این پروژه مفهوم برش شبکه را در شبکه انتقال موبایل ایجاد می‌کند تا برشهای MTP[2] درخور نیازهای ورتیکالهای صنعتی را ایجاد و مدیریت نماید. دو موضوع در این پروژه دنبال می‌شود:

۱. فعال سازی ورتیکالهای صنعتی برای برآورده سازی نیازهای سرویس در برشهای MTP شخصی سازی شده
۲. تجمیع شبکه بندی انتقال و فابریک پردازشی از لبه به هسته و ابر برای ایجاد و مدیریت برشهای MTP در زیرساخت مجازی متحد
۳. راه حل پیشنهادی سه بلوک جدید را برای توسعه تجمیع سه ورتیکال صنعتی تعریف می‌کند:
۴. برش دهنده ورتیکال به عنوان نقطه ورودی منطقی برای ورتیکالها تا ایجاد برشهای انتقال را در مقیاس زمان – کم (در حد دقیقه) پشتیبانی کند
۵. هماهنگ کننده سرویس تا از شبکه بندی انتقال و منابع پردازشی از حوزه‌های مختلف را با هم هماهنگ نماید و اختصاص آنها به برشها را مدیریت نماید.
۶. پلتفرم پردازشی و انتقال موبایل به عنوان لایه انتقال متحد برای تجمیع شبکه backhaul و fronthaul

این پروژه، پروژه 5G PPP را با تمرکز خاص روی TA11 (موضوع شبکه 5G FlexHaul همگرا در مدل از قبل ساختاریافته)پوشش می‌دهد [۲۵۶].

– پروژه 5G CORAL[3]

این پروژه بر فراگیر کردن پردازش مه و لبه در شبکه دسترسی رادیو تمرکز دارد تا فرصتی واحد برای همگرا بودن دسترسی ایجاد کند. این امر از طریق شبکه بندی مجازی شده و تجمیع شده و راه حلهای پردازشی ممکن می‌شود به نحوی که مجموعه توابع مجازی شده، سرویسهای آگاه از محتو و برنامه‌های کاربردی طرف سوم و کاربران با هم ترکیب شوند اتصال‌پذیری و کیفیت تجربه سرویس بهتری را ارائه دهند.

دو بلوک اصلی در این پروژه در نظر گرفته می‌شود:

۱. سیستم پردازش ابری مه و لبه (EFS[4]) که که همه لایه‌های پردازش ابری و مه را به عنوان محیط میزبان مشارکتی شامل می‌شود.
۲. سیستم کنترل و هماهنگ سازی که EFS را مدیریت و کنترل نماید فعالیت‌های بین سایر حوزه‌های non EFS (مثل شبکه هسته و انتقال) نیز در این قسمت دیده شده است

[1] Network Slicing
[2] Mobile Transport Platform
[3] 5G Convergent Virtualized Radio Access Network living at the edge

[4] Edge and Fog Computing System

این پروژه چندین نشانگر اجرای کلیدی (KPI1) را بخصوص برای تاخیرهای انتها به انتهای خیلی پایین در مقیاس میلی ثانیه محقق می‌سازد.

جنبه‌های کسب و کاری جدید با سرمایه گذاران جدید در زنجیره ارزشی (دارایی‌های شبکه بندی و محاسباتی خرده مالکین در مناطق سرویس محلی) نیز در نظر گرفته می‌شود[۲۵۷].

علاوه بر پروژه‌های مذکور برخی از تست‌های میدانی و پایلوت نیز برای بررسی نحوه عملکرد 5G در بخش انرژی انجام گرفته است. به عنوان مثال پروژه مشترک شرکت هواوی و China Telecom با State GRID را می‌توان ذکر کرد. در این پروژه، به طور مشترک اولین تست استاندارد 5G Standalone را برای تست Slice در صنعت برق انجام می‌دهند و از مزیت تاخیر در مقیاس چند میلی ثانیه در شبکه 5G و اطمینان از SLA در slicing شبکه بهره می‌برد. در این پروژه همچنین، ارتباطات بین شبکه قدرت و کاربران بهبود می‌یابد و از مدیریت واحدهای توان کوچک در ترمینالهای شبکه قدرت که در اوج بار می‌باشد ایجاد می‌شود. حداقل‌سازی اثرات اجتماعی–اقتصادی قطع شدن برق از مزایای این پروژه می‌باشد. بعد از اتمام فاز ۱ این پروژه، فعالیت این پروژه به کل صنعت برق بسط داده می‌شود[۲۵۸].

۲-۲-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 5G

در این بخش بر اساس کاربردهای مختلف فناوری 5G به بیان پروژه‌هایی پرداخته خواهد شد که در رفع چالش‌های صنعت برق و انرژی موثر خواهند بود. این پروژه‌ها در قالب

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه

بیان شده‌اند.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
NRG-5	-فناوری 5G -فناوری برش شبکه۲ -فناوری توابع مجازی‌سازی شبکه۳	Cordis H2020	€6 941 275 2017-2019	•چالش ۱-مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ - استاندارد سازی تبادل داده	برای پشتیبانی موثر صنعت انرژی در گذر خود بسمت سیستم‌های تجدیدپذیر غیرمرکزی بیشتر، چندین چالش در بخش‌های مدیریت شبکه‌های 5G، امنیت، تاب آوری، مقیاس پذیری و تحرک پذیری وجود دارد. برای مواجهه با این موضوعات، NRG-5، قالب کاری نرم‌افزاری موافق با PPP4 که به طور خاص برای حوزه انرژی تعبیه شده است را بررسی و توسعه می‌دهد.
SOGNO	فناوری 5G	Cordis H2020	€ 3 999 945	•چالش ۱-مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۹ - استاندارد سازی تبادل داده	سیستم‌های انرژی در سال ۲۰۲۵ بر پایه افزایش سطح نفوذ منابع تجدیدپذیر می‌باشند و DSO ها نیاز به نگرش جدید برای اجرای بهینه عملیات از دید مالی دارند.

[1] key performance indicator
[2] Network Slicing
[3] Network virtualization Function
[4] Public Private Partnership

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
			2018-2020		SOGNO این چالش را از طریق ترکیب کاربرد تکنیک‌های هوشمند عمیق، آنالیز داده شبکه صنعتی، ابزارهای مصورسازی، سنسورهای پیشرفته، واحد اندازه گیری توان پیشرفته و 5G براساس ICT پوشش می‌دهد تا رویت پذیری و کنترلی مناسب را در هر دو شبکه‌های قدرت ولتاژ پایین و متوسط مهیا سازد و از اتوماسیون انتها به انتها در محیط مجازی استفاده کند.
5G CONNI	- فناوری 5G - فناوری برش شبکه - فناوری لبه موبایل	Cordis H2020	€4 082 082,50 2019-2022	•چالش ۱-مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ - استاندارد سازی تبادل داده تقاضا چالش ۱۲- بازار	5GCONNI قصد دارد تا بر پایه شبکه اختصاصی 5G، تست انتها به انتهای تجمیع شده‌ای را در 5G محقق سازد و شبکه‌های اثبات شده‌ای را برای کاربردهای صنعتی ایجاد کند تا بر استانداردسازی و پروژه‌های تحقیقاتی جاری تاثیر گذارد. تمرکز پروژه بر تعریف شبکه اختصاصی 5G، معماری شبکه، مدل‌های اپراتوری، اندازه‌گیری و ابزاری طراحی شبکه خاص کاربردی تنظیم و مانیتور و گسترش فناوری‌های جدید ابتکاری و فعال‌سازی مولفه‌های URLLC در ارتباطات رادیویی، محاسبات لبه موبایل، طراحی شبکه هسته، بهینه سازی تلفیقی این مولفه‌ها می‌باشد.
5 Growth	- فناوری 5G - فناوری برش شبکه	Cordis H2020	€14 109 226 2019-2021	•چالش ۱-مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ - استاندارد سازی تبادل داده	این طرح با هدف توانمند ساختن ورتیکالهایی چون انرژی و ارائه راهکارهای انتها به انتها تعریف شده است. در این طرح، فرایند پشتیبانی از ورتیکال‌های صنعتی متنوع به سه روش زیر میسر می‌شود: ۱- پلتفرم انتها به انتهای 5G با ایجاد برش شبکه ۲- اتوماسیون حلقه بسته و کنترل SLA برای مدیریت چرخه حیات سرویس‌های ورتیکال ۳- راه حل‌های شبکه انتها به انتها برای بهینه‌سازی همزمان منابع مه و لبه، ابر و

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					هسته، انتقال و دسترسی با استفاده از فناوری‌های متعدد
5G-VINNI	– فناوری 5G – فناوری برش شبکه – فناوری لبه موبایل	Cordis H2020	€ 19 997 733	•چالش ۱–مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده	امکانات انتها به انتهای این طرح، تحقق KPIهای 5G را در پهنه ترکیب فناوریهای دسترسی جدید و انواع تجهیزات انتهایی کاربر که به پیشرفته‌ترین تجهیزات شبکه هسته متصل می‌باشد نمایان می‌سازد. در این طرح از جدیدترین فناوری‌ها مشتمل بر نتایج پروژه‌های 5G PPP استفاده می‌شود. NFV، Network Slicing و کمپین تست خودکار برای اعتباردهی به KPIها در ترکیبات مختلف فناوری و بارهای شبکه در این طرح بررسی می‌شود. برای اطمینان یافتن از سناریوهای بار واقعی، این طرح یک فریم کاری باز را از طریق APIهای باز هم از نظر قانونی و هم از نظر فنی با دسترسی آسان صنایع و و پروژه‌های مشابه ایجاد می‌کند.
5G-EVE	– فناوری 5G – فناوری برش شبکه – فناوری‌های سرویس/ هسته و بک هال – پردازش لبه موبایل	Cordis H2020	€ 15 742 222,50 2018-2021	•چالش ۱ –T5 مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده	این طرح که یک گذر اساسی در 5G می‌باشد برای ایجاد پایه‌های نقش آفرینی وسیع شبکه انتها به انتها در اروپا ایجاد شده است. 5G-EVE گذر اساسی را با ارائه پیشنهاد به صنایع عمودی و امکانات پروژه‌های فاز سوم 5GPPP پیشنهاد می‌دهد تا KPI ها و سرویس‌های آنرا اعتباردهی کند. این طرح موافق 3GPP REl.15 و 3GPP Rel.16 می‌باشد. اهمیت دادن به صنایع عمودی در تست و آنالیز KPI از موارد اهم در این طرح می‌باشد.
5RANGE	– فناوری 5G – فناوری‌های رادیوی شناختی	Cordis H2020	€ 999 906,25 2017-2020	•چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده	هدف طرح این است که بر محدودیت‌های فناوری‌های موجود برای مناطق بدون پوشش موبایل غلبه شود و پوشش‌دهی برای مناطق با پوشش دهی جمعیت پایین به کسب و کار ممکن تبدیل شود. هدف شعاع سلولی ۵۰ کیلومتری و حداقل ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه در لبه سلول می‌باشد و از هر دو باند فرکانسی مجوزدار و بدون مجوز

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					و تکنیکهای رادیوی شناختی برای حفاظت از الزامها استفاده می‌شود.
5GINFIRE	- فناوری 5G - فناوری توابع مجازی‌سازی شبکه	Cordis H2020	€ 5 382 782,50 2017-2019	•چالش ۱-مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ - استاندارد سازی تبادل داده	این پروژه دو موضوع را آدرس دهی می‌کند: ۱- محیط متحد و کلی نگر چگونه باید باشد؟ ۲- چگونه این پروژه می‌تواند ورتیکالها را میزبانی و تجمیع کند و همزمان نیازمندی‌های متضاد و رقابتی را مرتفع سازد؟ اهداف تکنیکی عمده این پروژه، ایجاد و اجرای یک اکوسیستم مرجع 5G بر پایه NFV (Open5G-NFV) می‌باشد که از امکانات تجربی بهره ببرد تا امکانات FIRE موجود را برای اهداف خاص ورتیکال تجمیع سازد و تجربیات صنایع ورتیکال را فعال سازد.
5G TRANSFORMER	- فناوری 5G - فناوری DN/NFV - فناوری برش شبکه	Cordis H2020	2018-2019 € 8,510,582.50	•چالش ۱- T5 -مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ - استاندارد سازی تبادل داده	دیدگاه این پروژه این است که شبکه انتقال موبایل از شبکه‌هایی انتقال میانی سخت باید به پلتفرم پردازشی و انتقالی موبایل 5G بر پایه SDN/NFV تبدیل شود که بتواند به طور همزمان رنج وسیعی از پردازش و شبکه‌بندی را برای برآورده‌سازی نیازهای خاص ورتیکالهای صنعتی پشتیبانی نماید. دو موضوع در این پروژه دنبال می‌شود: ۱- فعال‌سازی ورتیکال‌های صنعتی برای برآورده‌سازی نیازهای سرویس در برشهای MTP شخصی‌سازی ۲- تجمیع شبکه‌بندی انتقال و فابریک پردازشی از لبه به هسته و ابر برای ایجاد و مدیریت برشهای MTP در زیرساخت مجازی متحد
5G CORAL	فناوری 5G - فناوری پردازش ابری و لبه - فناوری برش شبکه - فناوری توابع مجازی شده	Cordis H2020	€ 3 856 973,75 2017-2019	•چالش ۱-مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ - پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	این پروژه بر فراگیر کردن پردازش مه و لبه در شبکه دسترسی رادیو تمرکز دارد تا فرصتی واحد برای همگرا بودن دسترسی ایجاد کند. این امر از طریق شبکه‌بندی مجازی شده و تجمیع‌شده و راه‌حلهای پردازشی ممکن می‌شود به نحوی که

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				•چالش ۹ –استاندارد سازی تبادل داده چالش ۱۲– بازار	مجموعه توابع مجازی شده، سرویسهای آگاه از محتوی و برنامه‌های کاربردی طرف سوم و کاربران با هم ترکیب شوند اتصال پذیری و کیفیت تجربه سرویس بهتری را ارائه دهند. جنبه‌های کسب و کاری جدید با سرمایه گذاران جدید در chain ارزشی (دارایی‌های شبکه بندی و محاسباتی خرده مالکین در مناطق سرویس محلی) نیز در نظر گرفته می‌شود.
پروژه مشترک شرکت هواوی و Chin a Telec om با State GRI D	– فناوری 5G – فناوری برش شبکه	شرکت هواوی و اپراتور China telecom و شرکت برق State Grid	–	•چالش ۱–مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه •چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت •چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده	این پروژه، بطور مشترک اولین تست استاندارد 5G Standalone را برای تست Slice در صنعت برق انجام می‌دهند و از مزیت تاخیر در مقیاس چند میلی‌ثانیه در شبکه 5G و اطمینان از SLA در slicing شبکه بهره می‌برد. در این پروژه، ارتباطات بین شبکه قدرت و کاربران بهبود می‌یابد و از مدیریت واحدهای توان کوچک در ترمینالهای شبکه قدرت که در اوج بار می‌باشد ایجاد می‌شود. حداقل سازی اثرات اجتماعی–اقتصادی قطع شدن برق از مزایای این پروژه می‌باشد. بعد از اتمام فاز ۱ این پروژه، فعالیت این پروژه به کل صنعت برق بسط داده می‌شود.

جدول .Error! No text of specified style in document–**۴۸- پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق**

۳-۲-۳-۳- فناوری 802.16s

استاندارد 802.16، جزو استانداردهای بی سیم باند پهن می‌باشد که توسط موسسه IEEE[1] تدوین شده است. این استاندارد برای شبکه منطقه شهری بی‌سیم[2] (WMAN) طراحی شده است. این استاندارد با نام تجاری وایمکس مشهور می‌باشد. این خانواده

[1] Institute of Electrical and Electronics Engineers
[2] wireless metropolitan area networks

استاندارد دارای چندین عضو می‌باشد که از ابتدا کم کم ایجاد شده و بعضاً منقضی یا با استانداردهای دیگر ترکیب شدند. جدول زیر، مجموعهٔ اعضای این استاندارد که در حال حاضر فعال می‌باشند را نمایش می‌دهد.

استاندارد	توضیحات	وضعیت
802.16.2	IEEE Recommended Practice for Local and metropolitan area networks Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems (Maintenance and rollup of 802.16.2–2001 and P802.16.2a) Released on 2004-March-17.	Current
802.16k	IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges Amendment 2: Bridging of IEEE 802.16 (An amendment to IEEE 802.1D) Released on 2007-August-14.	Current
802.16.1	IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems Released on 2012-September-07.	Current
802.16p	IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems .Amendment 1: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications Released on 2012-October-08.	Current
802.16.1b	IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems .Amendment 1: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications Released on 2012-October-10.	Current
802.16n	IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems .Amendment 2: Higher Reliability Networks. Approved on 2013-March-06.	Current
802.16.1a	IEEE Standard for WirelessMAN-Advanced Air Inndasterface for Broadband Wireless Access Systems. Amendment 2: Higher Reliability Networks. Approved on 2013-March-06.	Current
802.16-2017	IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems. .)rollup of 802.16p, 802.16n, 802.16q and Std 802.16s(Released on 2017-September.	Current

جدول .Error! No text of specified style in document–**۴۹– اعضای فعال خانواده استاندارد ۸۰۲.۱۶**

استاندارد 802.16s عضوی دیگر از خانواده وایمکس می‌باشد که سال ۲۰۱۷ با هدف ارائه خدمات به مشترکین دولتی و صنعتی ماموریت–بحران ایجاد شد. EPRI[1] و UTC[2]، ارائه‌دهندگان و سازندگان اصلی فناوری را دور هم جمع کردند تا این استاندارد را توسعه دهند. LTE (شبکه موبایل 4G) و وایمکس هیچ‌کدام برای پوشش دادن نیازهای کاربردهای ماموریت بحران طراحی نشده بودند. در حالی که استاندارد 802.16s برای کاربرد اینترنت اشیای ماموریت بحران طراحی شده است و مشکل عدم پوشش نقاط دوردست در این استاندارد مرتفع شده است. همچنین موضوعاتی چون قابلیت اطمینان بالا و مستقل بودن از شبکه عمومی در شرایط بحران و اضطرار و رقابت برای دسترسی به شبکه در این استاندارد مرتفع شده است. در این استاندارد از باند فرکانسی مجوزدار استفاده شده است و پهنای باند کانال از 100kHz تا 2MHz قابل استفاده می‌باشد. انعطاف‌پذیری این استاندارد، اپراتورهای شبکه را قادر می‌سازد که از طیفی که تصرف نشده یا اینکه در حال استفاده نمی‌باشد بهره گیرند. همچنین در این استاندارد بر مسأله

[1] Electric Power Research Institute
[2] Utilities Technology Council

بهینه‌سازی استفاده از طیف برای رسیدن به نرخ حداکثری داده در پهنای باند کانال باریک تمرکز شده است و از تکنیک TDD1 که نیاز به تخصیص باند فرکانسی خاص برای لینک فراسو و فروسو نمی‌باشد استفاده شده است.
این استاندارد به همراه برخی دیگر از اعضای خانواده وایمکس با هم، در استاندارد جدید 802.16-2017 جمع شدند[۲۵۹].

۱-۳-۲-۳-۳- کاربردهای 802.16s در صنعت برق و انرژی

این استاندارد برای ایجاد زیرساخت ارتباطی با درجه اطمینان بالا برای انتقال داده به صورت بی سیم توسعه داده شده است که در ابتدا کاربرد اتوماسیون پست و اتوماسیون توزیع مد نظر بوده است. لکن در حال حاضر این استاندارد برای کاربرد منابع تولید پراکنده مشتمل بر منابع ذخیره محلی، بادی و خورشیدی در حال توسعه می‌باشد. کاربرد منابع تولید پراکنده، درصنعت برق دارای اهمیت بسزایی می‌باشد که نیازمند ارتباطات زمان–واقعی برای ایجاد تعادل بین بخش تولید و مصرف می‌باشند[۲۶۳]. دو نمونه از رادیوهای منطبق بر این استاندارد در ذیل ارائه شده است ؛ با وجودیکه این استاندارد در سال ۲۰۱۷ نهایی شده است لکن با توجه به ظهور سرویس‌های ماموریت بحران نسل چهارم شبکه سلولی و همچنین تعریف سناریوی URLLC در نسل پنجم مخابرات سلولی به نظر می‌رسد، در سطح بین المللی این استاندارد به توفیق مطلوبی دست نیابد؛ در حال حاضر ساخت این رادیو محدود به آمریکای شمالی می‌باشد.

- شرکت آمریکایی Chevron با استفاده از رادیوی 802.16s در سال ۲۰۱۸ پایلوتی را برای نفت و گاز در کنار تجهیزات شبکه شرکت Ondas برای انتقال داده ماموریت–بحران اجرا کرده است. این پایلوت در فرکانس 1.4GHz و طی توافقنامه با موسسه نفتی آمریکا[۲] (API) برای تامین ارتباطات از طریق این بستر مخابراتی ایجاد شده است [–۲۶۱ ۲۶۳].
- رادیوی شرکت Ondas برای شبکه FAN اتوماسیون توزیع در شرکت برق Rappahannock ایالت ویرجینیا در مساحتی به ابعاد ۸۰۰۰ مایل مربع و تنها با استفاده از ۹ ایستگاه پایه نصب و بهره برداری شده است.
- رادیوی FullMAX Cobalt-Plus S1G، ساخت شرکت کانادایی Full spectrum است که مطابق استاندارد 802.16s و برای شبکه FAN در صنعت برق ارائه شده است[۲۶۲].

۲-۳-۲-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری 802.16s

ام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
ساخت رادیوی ondas Fullmax MC-IIoT platform	پلتفرم SDR[3] MCIIoT4	شرکت آمریکایی Ondas	۲۰۱۸ –	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	شرکت Chevron، پایلوتی برای نفت و گاز در کنار تجهیزات شبکه Ondas برای انتقال داده ماموریت–بحران اجرا کرده است. این پایلوت در فرکانس 1.4GHz و طی توافقنامه با موسسه نفتی آمریکا (API5) برای تامین ارتباطات از طریق این بستر مخابراتی ایجاد شده است

[1] time division duplexing
[2] American Petroleum Institute
[3] Soft Defined Radio
[4] Mission critical industrial internet of things
[5] American Petroleum Institute

ساخت رادیوی FullMAX Cobalt-Plus S1G	پلتفرم SDR[1] MC-IIoT[2]2	شرکت کانادایی Full spectrum	۲۰۱۸ -	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	مطابق استاندارد 802.16S و برای شبکه FAN در صنعت برق ارائه شده است.

جدول .Error! No text of specified style in document-۵۰ **پروژه ها و جالش های بر طرف شده توسط فناوری 5G**

٤-۲-۳-۳- شبکه 6G

6G، گام بعدی فناوری ارتباطی موبایلی است و باعث منسوخ شدن 5G خواهد شد. در حال حاضر الزامات نسل ششم هنوز تعریف نشده است لکن به نظر می رسد [۲۶۴] فناوری 6G به لطف هوش مصنوعی می‌تواند نگرش‌ها' سلیقه‌ها و حتی ترجیحات ما را کنترل و حتی سودمندتر کند. بر اساس اطلاعاتی که تا امروز ارتباط با فناوری 6G به دست آمده، در نسل بعدی شبکه‌های موبایل روی فناوری بی‌سیم و هوش مصنوعی تمرکز شکل خواهد گرفت. گفته می‌شود در دوره 6G، فناوری هوش مصنوعی با توان تحلیل مغز انسان برابری می‌کند و تفاوت زیادی بین آن‌ها وجود نخواهد داشت.

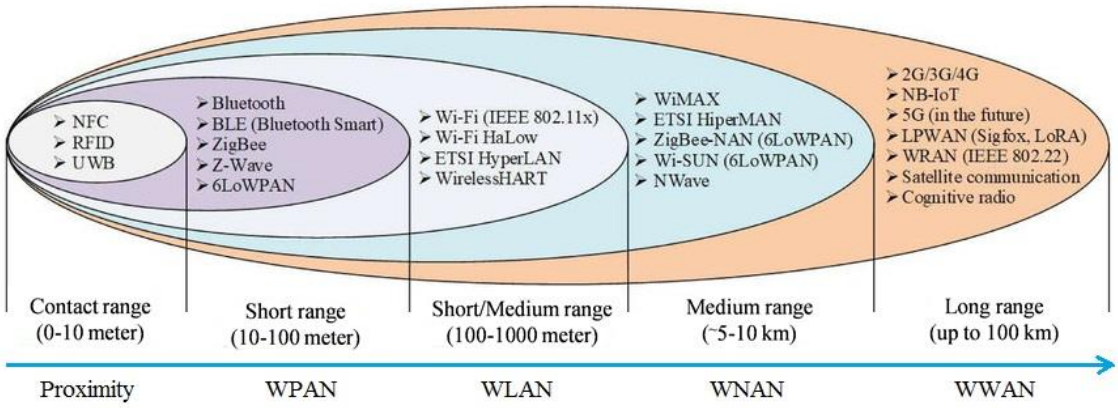
۳-۳-۳- مخابرات بی‌سیم غیر سلولار

فناوری‌های نوین مخابراتی برای برقراری ارتباطات بی‌سیم و اتصال ادوات به صورت گسترده‌ای مورد بررسی و پیشرفت قرار گرفته‌اند. شکل **.No text of specified style in document** !Error-۳۹دسته‌بندی فناوری‌های بی‌سیم ارسال اطلاعات بر اساس برد ارسال را نشان می‌دهد. این فناوری‌ها به گروه‌هایی با قابلیت ارسال در مسافت‌های کوتاه، متوسط و بلند طبقه‌بندی شده‌اند.

فناوری‌هایی که تبادل داده را در برد بلند امکان‌پذیر می‌سازند، به دو گروه شبکه‌های سلولی و شبکه‌های غیرسلولی تقسیم می‌شوند. تمرکز این بخش بر مطالعه فناوری‌های تبادل اطلاعات در برد بلند و در گروه غیر سلولی می‌باشد.

شبکه‌های ارتباطی غیرسلولی در چند گروه اصلی مورد مطالعه قرار می‌گیرند که عبارتند از: ارتباطات مایکروویو، ارتباطات ماهواره‌ای، شبکه‌های LPWAN و رادیوهای خصوصی. در ادامه این بخش به بررسی هریک از این فناوری‌ها پرداخته خواهد شد.

[1] Soft Defined Radio
[2] Mission critical industrial internet of things



شکل .Error! No text of specified style in document–**۳۹- دسته‌بندی فناوری‌های بی‌سیم مخابراتی**

۱-۳-۳-۳- ارتباطات مایکروویو

واژه مایکروویو به معنای امواج با طول موج کوتاه و فرکانس بسیار بالا می‌باشد. مزایای مهم امواج مایکروویو در صنعت مخابرات، پهنای باند وسیع آن است. سیستم مایکروویو شامل رادیوهایی است که در بالای دکل‌های مایکروویو قرار دارند و به منظور برقراری ارتباطات مایکروویو از فناوری خطوط رادیویی مایکروویو به صورت مستقیم استفاده می‌کنند.

همچنین سیگنال‌های مایکروویو، به طور گسترده برای برقراری ارتباطات بی‌سیم نقطه به نقطه[1] ایده‌آل هستند زیرا طول موج‌های کوتاه این امکان را فراهم می‌کنند که آنتن‌ها به راحتی بتوانند با استفاده از پرتوهای باریک و مستقیم به ارسال و دریافت آنها در آنتن گیرنده بپردازند.

مقرون به صرفه بودن هزینه‌های تهیه تجهیزات مخابراتی و رادیویی مایکروویو، نصب آسان و گستردگی پشتیبانی منجر به استفاده زیاد از این نوع ارتباط شده است. مزایای استفاده از امواج مایکروویو نسبت به انتقال دیتا بر مبنای فیبر نوری و کابل عبارتند از:

۱. سرعت پیاده‌سازی لینک‌های مایکروویو بسیار بالاست و در ظرف یک روز می‌تواند برقرار گردد.
۲. عواملی همچون تغییرات آب و هوایی تأثیر کمی بر روی انتشار امواج مایکروویو دارند.
۳. انعطاف‌پذیری در افزایش ظرفیت لینک‌های مایکروویو
۴. در پروژه‌هایی که محدودیت کابل‌کشی و کاهش هزینه‌های زیرساخت مطرح است، بهترین گزینه می‌باشد.
۵. سهولت نگهداری و تعمیرات لینک‌های مایکروویو
۶. در بلایای طبیعی و شرایط اضطراری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

معایب لینک مایکروویو نیز به شرح زیر می‌باشند:

۱. هزینه بالای راه‌اندازی اولیه
۲. لینک‌های مایکروویو ممکن است با اتلاف سیگنال (Signal Loss) مواجه گردند.
۳. لینک مایکروویو به دید مستقیم (LOS) جهت برقراری ارتباط نیاز دارند، چرا که سیگنال در خط مستقیم منتشر می‌گردد.
۴. تجهیزاتی همچون دکل، تکرارکننده و سایر تجهیزات مایکروویو نسبت به فیبر نوری گران‌قیمت می‌باشند.
۵. عواملی همچون تغییرات دما و عبور پرنده و هواپیما از مسیر لینک رادیویی می‌توانند باعث تداخل گردند.

[1] Point to Point

۱-۱-۳-۳-۳- ارتباطات ماهواره‌ای

یکی از روشهایی که می‌تواند به طور مناسب جوابگوی نیازهای فعلی وآتی بشر در زمینه ارتباطات باشد، استفاده از ماهواره‌های مخابراتی است. ماهواره مخابراتی سفینه‌ای است که سیگنال‌های الکتریکی را از فرستنده‌ای بر روی زمین دریافت می‌کند و آنها را بعد از تقویت و تغییر فرکانس‌های حامل، به سمت ایستگاه‌های زمینی در نقاط دیگر می‌فرستد. چون ماهواره‌های مخابراتی سیگنال‌ها را تقویت می‌کنند و بازگشت می‌دهند بیشتر به عنوان تکرارکننده و رله شناخته می‌شوند.

ارتباطات ماهواره‌ای، نوعی از ارتباطات راه دور است که از طریق اقمار مصنوعی ارتباطی صورت می‌پذیرد. ماهواره‌ها به دو نوع کلّی تقسیم می‌شوند (ارتباطات ماهواره ای, بدون تاریخ):

۱. ماهواره‌های فعال؛ این‌گونه از ماهواره‌ها، دارای فرستنده و گیرنده هستند و قادرند پیام‌های دریافتی را با موج دیگری مجدداً به سوی کره زمین ارسال نمایند. این ماهواره‌ها سیگنال‌های دریافتی از زمین را تقویت کرده و فرکانس آن را تغییر می‌دهند و مجدداً به سطح زمین می‌فرستند.
۲. ماهواره‌های غیرفعال؛ این دسته از ماهواره‌ها از خود انرژی نداشته و کار آنها صرفاً انعکاس امواج ارسالی از زمین به سوی کره زمین است. منعکس‌کننده‌های غیرفعال در مقابل سیگنال‌های با قدرت متفاوت و فرکانس‌های مختلف نیازمند آنتن بسیار بزرگ و فرستنده بسیار پرقدرت زمینی می‌باشند. این‌گونه از ماهواره‌ها در یک‌جا ثابت نبوده و به سادگی ردیابی نمی‌شوند.

از ویژگی‌های ماهواره‌های مخابراتی می‌توان به گسترش منطقه تحت پوشش، انعطاف‌پذیری، پهنای باند زیاد، هزینه کم و ضریب اطمینان بالا و از معایب آن به تأخیر زیاد اشاره کرد. مخابرات ماهواره‌ای ویژگی‌ها و فناوری‌های مختلفی را در بر می‌گیرد. با توجه به انتخاب ویژگی‌ها (مانند سطح مدار از زمین، انتخاب لایه فیزیکی، نوع مدیریت کانال و پروتکل‌های شبکه) کاربردهای مختلفی قابل ارائه هستند.

ارتباطات ماهواره‌ای در شبکه هوشمند برق در همه حوزه‌ها کاربرد دارد از جمله نظارت بر بخش‌های شبکه برق که دور از دسترس هستند، انتقال داده PMUها در شبکه انتقال برق، انتقال اطلاعات کنتورها در زیرساخت AMI، اطلاعات RTUها در شبکه توزیع و ادوات متحرک مانند خودروهای برقی در حوزه مصرف‌کننده‌ها.

VSAT یکی از انواع مخابرات ماهواره‌ای است که برای تبادل اطلاعات M2M، ارتباط ادوات IP-based، استفاده در سیستم‌های SCADA و برای مزارع بادی در دریا (با پلتفرم Offshore) مورد استفاده قرار دارد. نمونه دیگر، پهپادها (UAV[1]) هستند که برای پرواز در مسیرهای طولانی و مسیریابی از ارتباطات ماهواره‌ای استفاده می‌کنند. همچنین، ایستگاه‌های HAP[2] که در ارتفاع ثابت ۲۰ تا ۵۰ کیلومتر از سطح زمین قرار دارند، سیستم مخابراتی بین شبکه‌های ارتباطی رایج در زمین و سیستم‌های ماهواره‌ای هستند.

۲-۱-۳-۳-۳- LPWAN

فناوری شبکه‌های دوربرد توان پایین یا شبکه‌های LPWAN امکان اتصال دستگاه‌ها در فواصل دور، با مصرف توان (باطری) کم را فراهم می‌کند. LPWAN گروه وسیعی از پروتکل‌ها و فناوری‌ها را شامل می‌شود که امکان اتصال حسگرها و کنترل‌کننده‌ها را فراهم می‌کند. اگرچه نرخ ارسال داده در این شبکه‌ها کم است اما به علت هزینه کم و کاربرد در فناوری‌های نوین IoT و M2M

[1] Unmanned Aerial Vehicles
[2] High-altitude platform

بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. البته باید توجه داشت که این فناوری‌ها به عنوان مکمل و سطح میانی شبکه‌های سلولی و فناوری‌های برد کوتاه (مانند Bluetooth) درنظر گرفته می‌شوند.

- مزایای استفاده از شبکه‌های LPWAN عبارتند از:
- مصرف بسیار کم انرژی
- پوشش‌دهی شبکه در محدوده وسیع
- پشتیبانی از تعداد زیاد ادوات متصل
- نفوذ بالای امواج شبکه در نقاط مختلف
- هزینه کم راه‌اندازی و پشتیبانی

مهمترین شبکه‌ها و پروتکل‌های LPWAN که در بازار توسعه یافته‌اند عبارتند از: LoRaWAN، SigFox و NB-IoT (linkap, 2018). همچنین در این گزارش به دو پروتکل Weightless و Dash7 نیز اشاره خواهد شد.

I- شبکه LoRa

LoRaWAN شبکه ادواتی است که از پروتکل LoRa برای اتصال و ایجاد ارتباط استفاده می‌کنند. ویژگی‌های اصلی این فناوری ارسال داده در فواصل دور، مصرف توان کم و نرخ داده پایین می‌باشد. این فناوری به سیگنال اجازه می‌دهد تا در سطوح پایین‌تر از نویز منتشر و سپس بازیابی شوند. تجهیزات مبتنی بر LoRaWAN می‌توانند تا سال‌ها فقط با یک باطری کار کنند. LoRa ویژه اینترنت اشیا ارائه شده و در باندهای فرکانسی بدون نیاز به مجوز (ISM) کار می‌کند که می‌تواند محدوده وسیعی را با توان مصرفی پایین تحت پوشش قرار دهد.

معماری شبکه این فناوری شامل ادوات، دروازه‌ها[1]، سرور شبکه و نرم‌افزار کاربردی می‌باشد. توپولوژی اتصال ادوات به صورت ستاره‌ای است. پس از ارسال داده از یک دستگاه به دروازه، اطلاعات (از طریق اینترنت، LTE و یا شبکه‌های اختصاصی) به سرور فرستاده می‌شود. در نهایت، این اطلاعات توسط سرور به نرم‌افزار داده شده و در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. انتقال فرامین کنترلی در مسیر معکوس به سمت ادوات انتهایی نیز صورت می‌گیرد. پروتکل LoRaWAN در لایه بالایی MAC قرار می‌گیرد و بر پایه مدولاسیون LoRa در لایه فیزیکی کار می‌کند. این پروتکل با منبع باز در اختیار همه کاربران قرار دارد و این امر به عنوان یکی از عوامل پیشرفت سریع LoRa شناخته می‌شود.

II- شبکه Sigfox

شبکه Sigfox یکی از انواع شبکه‌های LPWAN است که ویژگی‌های آن قیمت کم، مصرف توان پایین و نرخ تبادل داده محدود می‌باشد. این شبکه که برای کاربردهای IoT ارائه شده در باندهای فرکانسی بدون نیاز به مجوز (ISM) کار می‌کند. پروتکل‌های لایه شبکه Sigfox محرمانه بوده و تنها در اختیار کمپانی آن است. امکان تبادل داده دوطرفه برای ادوات انتهایی شبکه Sigfox با اعمال محدودیت‌هایی در تعداد پیام‌های ارسالی وجود دارد.

هدف Sigfox این است که به عنوان یک اپراتور سراسری شبکه IoT عمل کرده و با ارائه شبکه/نرم‌افزار به عنوان خدمت، کسب درآمد کند. با توجه به این راهبرد تجاری، Sigfox یک رویکرد بالا به پایین (Top-down) اتخاذ کرده است و تمام فناوری از بخش داده و سرور ابری تا نرم‌افزار سمت دستگاه‌های انتهایی را به صورت کامل و انحصاری در اختیار خود دارد. تنها بخشی که Sigfoxبه سایر کمپانی‌ها اجازه مشارکت می‌دهد، ساخت دستگاه‌های انتهایی است.

[1] Gateways

III- شبکه NB-IoT1

NB-IoT یکی از فناوری‌های LPWAN و مبتنی بر شبکه مخابراتی سلولی است که توسط سازمان استانداردسازی 3GPP و برای اینترنت اشیا (IoT) توسعه داده شده است. NB-IoT پس از شبکه‌های LoRa و SigFox عرضه شد و هدف از آن ارایه پروتکلی بود که بتواند توسط اپراتورهای موبایل و در باندهای فرکانسی مجوزدار استفاده شود. لذا مدل توسعه NB-IoT نیز کاملاً مشابه شبکه‌های ارتباطی موبایل و مبتنی بر اپراتورهاست.

NB-IoT یک فناوری دوربرد توان پایین ویژه راهکارهای IoT است و نسبت به LTE-M که پیش‌تر و برای ارتباطات M2M ارائه شده بود، توان مصرفی پایین‌تر، هزینه کمتر و ناحیه پوشش وسیع‌تر را (که از ویژگی‌های مشترک شبکه‌هایLPWAN است) در اختیار قرار می‌دهد. در سوی دیگر اما نرخ داده این شبکه نسبت به فناوری‌های دیگر 3GPP پایین‌تر است.

IV- شبکه Weightless

Weightlessیکی از ماندنی‌ترین بازیگران در رقابت شبکه‌های دوربرد و با مصرف پایین (LPWAN) می‌باشد. سه پروتکل مختلف در این گروه ارائه شده که عبارتند از: Weightless-N، Weightless-W و Weightless-P که از روش‌ها و موارد استفاده مختلفی پشتیبانی می‌کنند.

استاندارد باز Weightless-W، برای کار کردن در طیف فرکانسی TVWS (فضای سفید تلویزیون) طراحی شده است. گروه Weightlessاز مدولاسیون‌های بسیار پیچیده‌ای برای استاندارد Weightless-W استفاده می‌کند. اما Weightless-N سیستمی با پهنای باند بسیار کم می‌باشد که خیلی مشابه با Sigfox است و می‌توان آن را یک Sigfox مبتنی بر LoRa تصور کرد. فناوری Weightless-P، که در سال ۲۰۱۶ عملیاتی شده است ویژگی‌های دوطرفه و سرویس‌های با کیفیتی را ارائه می‌دهد که بسیار مهم هستند.

V- شبکه Dash7 (D7A)

Dash7 پروتکل شبکه حسگرها و عملگرهای بی‌سیم با منبع باز است که در باندهای آزاد فرکانسی ISM۲ و در محدوده کمتر از ۱GHz کار می‌کند. نیاز به انرژی بسیار کم و تأخیر پایین برای اتصال ادوات متحرک از ویژگی‌های مهم این پروتکل محسوب می‌شود، هرچند که مسافت متوسط در حد ۲ کیلومتر را پوشش می‌دهد.

یکی از کاربردهای تجاری که برای Dash7 عنوان شده است، استفاده در شبکه هوشمند انرژی می‌باشد. در این بخش و کاربردهای اتوماسیون، شبکه Dash7 با نیاز کمتری به زیرساخت‌ها و هزینه نهایی کمتر قابل پیاده‌سازی و بهره‌برداری می‌باشد.

۳-۱-۳-۳-۳- رادیوهای خصوصی

سیستم رادیوهای خصوصی یا شبکه رادیوترانک مشابه سیستم‌های تلفنی راه دور می‌باشد که مشترکین می‌توانند برای ارتباطات بی‌سیم، از یک کانال یا فرکانس به صورت مشترک استفاده نمایند. از کانالهای رادیوترانک دیجیتالی برای ارتباط داده و صحبت می‌توان استفاده نمود.

تفاوت شبکه‌های سلولی با رادیوترانک‌ها این است که شبکه‌های تلفن همراه به صورت عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما رادیوترانک برای کاربردهای خاص و مربوط به بخش‌هایی نظیر ادارات است. در سیستم رادیوترانک سرعت ارسال داده کم، پوشش وسیع، خطای بیت متوسط و هزینه تجهیزات بسیار پایین می‌باشد. در خصوص پیاده‌سازی این سیستم‌ها، شرکت Tetra یکی از اصلی‌ترین ارائه‌دهندگان محصولات مرتبط با رادیوهای خصوصی در دنیا است.

[1] NarowBand-IoT
[2] Industrial, Scientific, and Medical radio band

۲-۳-۳-۳- مقایسه فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم در شبکه‌های غیرسلولی

در این بخش، مقایسه‌ای از فناوری‌های مطرح شده در این گزارش ارائه می‌شود. جدول Error! **No text of specified style in document.**-۵۱ ویژگی‌های فناوری‌های غیرسلولی با برد بلند و همچنین کاربردهای نوین هریک از آنها را نشان می‌دهد.

فناوری	مایکروویو	ارتباطات ماهواره‌ای	LPWAN					رادیوهای خصوصی
			LoRa	Sigfox	NBIoT	Weightless	Dash7	
برد	تا ۸۰km	تا ۱۰۰۰km	تا ۱۰ km	تا ۱۲ km	تا ۱۵ km	تا ۱۰ km	۲ km	تا ۵۰ km
فرکانس کاری	۱-۱۰۰GHz	۳-۳۰GHz	باند آزاد	باند آزاد	دارای مجوز	باند آزاد	باند آزاد	۶۶-۹۶۰ MHz
نرخ بیت	تا 6 Gbps	تا چند Mbps	۵۰-۱۰ Kbps	حدود ۰.۱ Kbps	۱۰۰ Kbps	۰.۱-۱۰۰ Kbps	۲۰۰Kbps	تا ۱۰۰ Kbps
توان مصرفی	متوسط	متوسط	بسیار کم					
هزینه پیاده‌سازی	متناسب با کاربرد	زیاد	بسیار کم					بسیار کم
کاربرد نوین	ارتباطات نقطه به نقطه (مانند V2V)، شبکه بک‌هال 4G و 5G، انتقال بی‌سیم انرژی، سیستم‌های راداری	ارتباطات M2M، پهبادها، HAPها، ارتباط کنتورهای هوشمند	ارتباطات اینترنت اشیاء و M2M، کاربردهای صنعتی از جمله پایش و جمع‌آوری داده، کاربرد در شبکه هوشمند برق					انتقال داده و صدا، ارتباطات اضطراری سیستم‌های امنیت عمومی

جدول Error! No text of specified style in document.-**۵۱- مقایسه ویژگیهای فناوریها با برد بلند**

۳-۳-۳-۳- کاربردهای شبکه‌های غیرسلولی در صنعت برق و انرژی

در این بخش، کاربرد شبکه‌های برد بلند غیرسلولی در حوزه‌های مختلف شبکه هوشمند برق که عبارتند از بخش‌های مصرف، توزیع، انتقال و تولید، ارائه شده‌اند. جدول Error! **No text of specified style in document.**-۵۲ کاربرد هریک از فناوری‌های فوق در هر یک از بخش‌های شبکه هوشمند برق و تابع عملیاتی و فناوری پیشنهاد شده برای آنها را نشان می‌دهد.

بخش	حوزه کاربردی	تابع عملیاتی	فناوری
مصرف کننده و تولیدکننده خانگی (Prosumer)	میکروگرید	کنترل و تبادل اطلاعات با DSO و TSO، ارتباط بازار برق	LPWAN
	تولیدات پراکنده (DGs)	پایش وضعیت تولید و تطابق با تقاضا، ارتباط با DSO و TSO	ارتباطات ماهواره‌ای، LPWAN

	خودرو برقی	سیستم شارژ، اندازه‌گیری، کنترل	مایکروویو (V2V)، ارتباطات ماهواره‌ای، LPWAN
	AMI و کنتور هوشمند	بک‌هال شبکه جهت انتقال اطلاعات مصرف، تقاضا و غیره	ارتباطات ماهواره‌ای، LPWAN
توزیع	شبکه‌های NAN	مش‌بندی کنتورهای هوشمند	ارتباطات ماهواره‌ای
	SCADA	سیستم پایش و مدیریت	ارتباطات ماهواره‌ای
	ایستگاه‌های شارژ خودرو برقی	کنترل و مدیریت، ارتباط با اپراتور توزیع	LPWANمایکروویو،
پست و انتقال	مدیریت دارایی، کنترل و حفاظت	پایش و کنترل ادوات	رادیوهای خصوصی، LPWAN
	PMU	پایش وضعیت و شرایط محیطی	ارتباطات ماهواره‌ای
تولید	حفاظت پیرامونی در نیروگاه	شبکه بی‌سیم دوربین مداربسته ارسال آنلاین یا آفلاین تصویر	رادیوهای خصوصیLPWAN
	نیروگاه‌های بادی و خورشیدی	پایش شرایط	LPWAN

جدول .Error! No text of specified style in document-**۵۲- کاربردهای شبکه‌های غیرسلولی در شبکه هوشمند برق**

٤-۳-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری بی سیم غیر سلولی

تعدادی از پروژه‌های مرتبط با هوشمندسازی بخش‌های مختلف شبکه برق، شهر هوشمند و پیاده‌سازی IoT و همچنین ارتباطات M2M در شبکه هوشمند آینده از شبکه‌های غیرسلولی استفاده کرده‌اند. در جدول **Error! No text of specified style in document.**-۵۳به تعدادی از این پروژه‌ها اشاره شده است. با توجه به اینکه مطالعه و تقسیم‌بندی گروه ETIP برای پروژه‌هایی انجام شده است که تا سال ۲۰۱۸ پایان پذیرفته‌اند، در ستون چالش‌های جدول زیر شماره کنترل چالش‌های آنها مشخص شده‌اند. اما برای پروژه‌هایی که بعد از سال ۲۰۱۸ در حال انجام بوده یا هستند، شماره کنترل چالش ذکر نشده است.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور	بودجه و سال	چالش/شماره کنترل	شرح مختصری بر پروژه
WIVE	-	فنلاند	۴ M€ ۲۰۱۷-۲۰۱۸	چالش ۱مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	فناوری‌های بی-سیم برای صنایع، گسترش فناوری-های رادیویی آینده و کاربرد آنها برای صنعت برق و خدمات مرتبط مانند کاربرد در

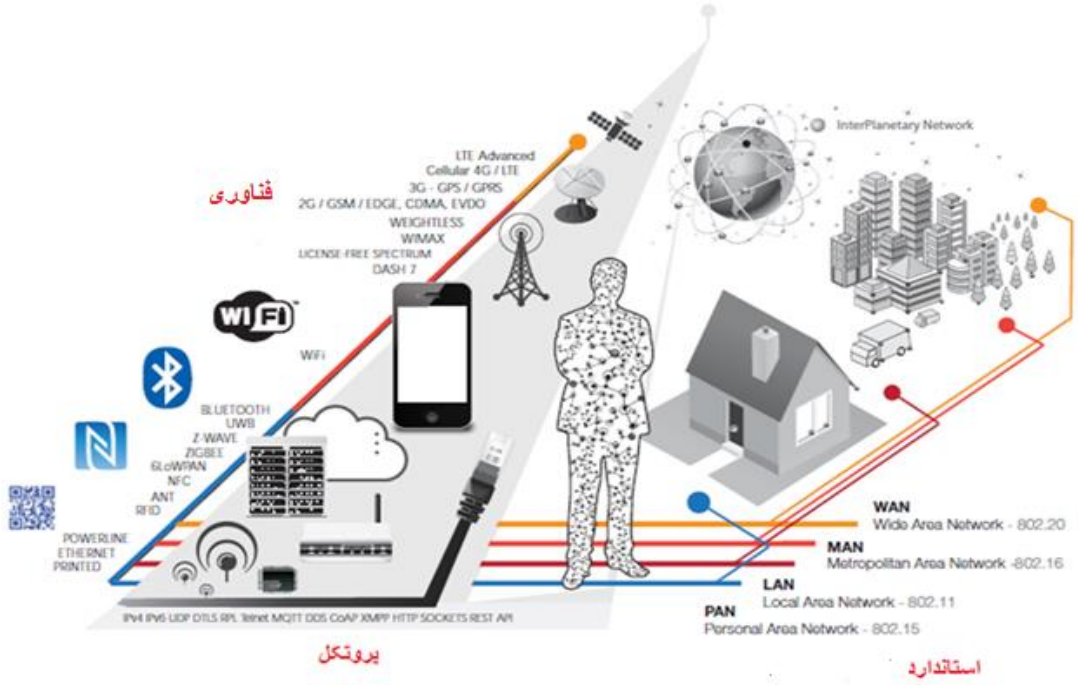
نام پروژه	دانش فناوری	کشور	بودجه و سال	چالش/شماره کنترل	شرح مختصری بر پروژه
					بخش‌های پایش، کنترل و حفاظت
ITCITY	VSAT	لاتویا	۰.۶ M€ ۲۰۱۷–۲۰۲۰	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	استفاده از فناوری‌های نوین ICT در بخش‌های مختلف انرژی
FED4SAE	LPWAN (LoRaWAN)	فرانسه	۷.۶ M€ ۲۰۱۷–۲۰۲۰	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	مطالعه سیستم‌های CPS برای زیرساخت‌های هوشمند در اروپا
FLEXIGRID	–	سوئد	۱۰.۴ M€ ۲۰۱۹–۲۰۲۳	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	کاربرد فناوری‌های نوین در تبادل انرژی محلی در سطح شبکه توزیع
IOTEE	LPWAN، ارتباطات ماهواره‌ای	آلمان	۱.۸ M€ ۲۰۱۷–۲۰۱۹	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	استفاده از سرویس‌های LPWA برای گسترش کاربرد IoT، همچنین گسترش مزایای LPWAN در مخابرات ماهواره‌ای
SMILE	–	ایتالیا	۱۴ M€ ۲۰۱۷–۲۰۲۱	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	پیاده‌سازی فناوری‌های نوین در مقیاس وسیعی از شبکه هوشمند در بخش‌هایی چون سیستم مدیریت انرژی، کنترل بار، مدیریت شارژ EVها، سیستم مدیریت انرژی و سیستم ذخیره‌ساز، سیستم هوشمند انرژی جزیره

نام پروژه	دانش فناوری	کشور	بودجه و سال	چالش/شماره کنترل	شرح مختصری بر پروژه
TESTBED	–	انگلستان	۰.۶ M€ ۲۰۱۷–۲۰۱۹	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	تست و ارزیابی فناوری‌های پیچیده ICT برای پیشبرد شبکه هوشمند
Space-based Services for Distributed Energy Networks	ارتباطات ماهواره‌ای	–	در حال دریافت پروپوزال	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	سرویس‌های فضایی برای کاربرد در شبکه توزیع برق

جدول .Error! No text of specified style in document–**۵۳– چالشهای مرتفع شده توسط ارتباطات بیسیم در شبکه‌های غیرسلولی**

٤-۳-۳- مخابرات بیسیم کوتاه برد

ارتباطات مخابراتی بی‌سیم نیز از نظر برد مخابراتی به دو دسته کوتاه برد و بلند برد تقسیم‌بندی می‌شوند که در این بخش گزارش ارتباطات مخابراتی بی‌سیم با برد کوتاه بررسی شده است. مطابق شکل Error! **No text of specified style in document.**-۴۰ استانداردها، پروتکل‌ها و فناوری‌ها سه بخش مهم یک زیرساخت مخابراتی بی‌سیم می‌باشد.



استاندارد		پروتکل	فناوری	
برد کوتاه	برد بلند	IPV4, IPV6, UDP, MQTT, …	برد کوتاه	برد بلند
PAN,LAN	MAN,WAN		RFID, BLUETOOTH, WIFI, NFC, …	2G, 3G, LTE, LTE-A, WEIGHTLESS, …

شکل Error! No text of specified style in document.**-۴۰- ساختار ارتباطات بیسیم (برد بلند – برد کوتاه)**

۱-٤-۳-۳-مزایا و معایب

در مورد شبکه‌های مخابراتی بی‌سیم با برد کوتاه مشخصه‌هایی مانند نوع فناوری (پیچیدگی و سادگی)، قابلیت اطمینان، تاخیر، فرکانس کاری، برد مخابراتی، نرخ بیت، تداخل‌پذیری، توان مصرفی، امنیت، هزینه پیاده‌سازی، نوع استاندارد (باز یا اختصاصی) و ... می‌توانند به عنوان مزیت یا عیب آن فناوری محسوب شوند که در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۵۴به برخی آنها اشاره شده است.

جدول **Error! No text of specified style in document.**-۵۴- مزایا و معایب فناوری های مخابراتی کوتاه برد

فناوری	فرکانس کاری	برد	توان مصرفی	نرخ بیت	هزینه	اکوسیستم	امنیت	ارائه‌دهنده‌ی فناوری	نوع کاربرد	استاندارد باز یا اختصاصی	توضیحات
CyNet		-	-	-	بالا	□		Cyanconnode http://cyanconnode.com	LAN	-	-
Silverspring Starfish		-	-	-	بالا	□		SilversPringnet https://www.silverspringnet.com//starfish	LAN	-	-
Dash7	315,	تا ۱ کیلومتر	کم	–		✓ □	رمز شده	Haystack http://haystacktechnologies.com/products-and-services/what-is-/dash7	LAN	-	-
Wi-Fi HaLow	900 MHz	تا ۱ کیلومتر	کم	347 Mbps	نامناسب	✓ □	رمز شده	IEEE	LAN	open	WiFi با برد بیشتر و توان مصرفی کمتر
Telensa Ultra-Narrow-Band		–	–	–				مدیریت شده توسط ETSI و شرکت Telensa	LAN	-	-

فناوری											
فرکانس کاری		IEEE 802.15.4	ZigBee,Wirel essHart,ISA100.11	2.4GHz/915 MHz (US)	915 MHz (US)	2.4 GHz					
برد		۳۰ متر تا ۹۹ متر		۳۰ متر تا ۹۹ متر	۶۰ متر						
توان مصرفی		کم		کم	کم	کم					
نرخ بیت		250 kbps (2.4) 40 kbps (915) 20 kbps (868)		40 kbps (915) 20 kbps (868)	25 Mbps						
هزینه	بالا	مناسب		مناسب	مناسب	مناسب					
اکوسیستم	□	√		□ √	√						
امنیت		رمز شده		رمز شده	رمز شده						
ارائه‌دهنده‌ی فناوری	http://www.te lensa.com/unb- /wireless و	اتحادیه Zigbee http://www.zi gbee.org	Comcast, Kroger, Samsung, TI	اتحادیه Z-wave http://z- wavealliance.org	Bluetooth Special Interest Group (3k members)						
نوع کاربرد		LAN		LAN	PAN						
استاندارد باز یا اختصاصی		open		open	open						
توضیحات		-		بهینه تر از Zigbee	-						

فناوری	Bluetooth 5	Bluetooth Low Energy (BLE)	Wi-Fi	Thread	MiWi
فرکانس کاری	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 / 5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
برد	۲۴۵ متر	۶۰ متر	۳۵ تا ۹۰ متر	۳۰ متر	۲۴۵ متر
توان مصرفی	کم	کم	زیاد	کم	کم
نرخ بیت	50 Mbps	10 kbps	7 Gbps	250 kbps	250 kbps
هزینه	مناسب	مناسب	مناسب	-	-
اکوسیستم	√	√	√	□	□
امنیت	رمز شده	رمز شده	رمز شده	رمز شده	رمز شده
ارائه‌دهنده‌ی فناوری	Bluetooth Special Interest Group (3k members)	Bluetooth Special Interest Group (3k members)	IEEE	Thread Group Google, Samsung,etc.	MiWi
نوع کاربرد	PAN	PAN	LAN	LAN	LAN & WAN
استاندارد باز یا اختصاصی	open	open	open	open	Proprietary
توضیحات	-	پروتکل مناسب‌تر برای IOT	-	-	شبیه به DiGi Mesh و تغییر یافته Zigbee

فناوری	فرکانس کاری	برد	توان مصرفی	نرخ بیت	هزینه	اکوسیستم	امنیت	ارائه‌دهنده‌ی فناوری	نوع کاربرد	استاندارد باز یا اختصاصی	توضیحات
EnOcean	900Mhz (US)	۹ تا ۳۰ متر	Battery Free	125 kbps	-	□	رمز شده	EnOcean	LAN	Proprietary	عملکرد بدون باتری
6LoWPAN	2.4 GHz	۱۰۰متر	کم	250 kbps	مناسب	√	انتخابی	IEEE	LAN	open	مناسب برای IOT و مبتنی بر IPv6
mcThings	2.4 GHz	۲۰۰ متر	کم	50 kbps	–	□	؟؟	mcThings	LAN	Proprietary	
RFID	433 MHz and ۳۰سانتیمتر تا ۲ کیلومتر		کم	□ 100 kbps	مناسب	√	کم	RFID Consortium	LAN,PAN,BAN	open	کاربرد آسان
NFC	13.56	Short range	کم	106 kbit/s to □	مناسب	√ □	کم	NFC Forum	PAN,BAN	open	-

جدول .Error! No text of specified style in document**-۵۵- چالشهای مرتفع شده توسط ارتباطات بیسیم در**

√ : شکل گرفته □ : شکل نگرفته √□ : در حال شکل گیری – : اطلاعاتی یافت نشد

شبکه‌های غیرسلولی

۲-٤-۳-۳- شرکت‌های فعال

جدول **No text of specified style in document.** Error!-۵۴، لیست موسسات، کارگروه‌ها و شرکت‌های موسس در حوزه استانداردسازی و ارائه‌دهندگان معماری‌های مخابراتی فناوری‌های فوق را مشخص کرده است.

موسسه یا کار گروه	شرکت‌های موسس و ماموریت‌ها	توضیحات
IEEE	IEEE 802.3 Ethernet IEEE 1901 - Broadband over Power Line Networks IEEE 802.15.4e - IEEE Standard for Local and metropolitan area networks IEEE 802.15.4g - Physical Layer (PHY) IEEE 802.11 – WiFi http://standards.ieee.org/innovate/iot/stds.html https://www.postscapes.com/internet-of-things-alliances-roundup/	
RFID Consortium	ارائه UHF-RFID برای کاربردهای صنعتی با قیمت مناسب و تحت حمایت استانداردهای سازمان EPCglobal و ISO http://www.rfidlicensing.com	
NFC Forum	ارائه فناوری ارتباطات میدان نزدیک (NFC) با توسعه مشخصات فنی و اطمینان از قابلیت همکاری بین دستگاه‌ها، خدمات، آموزش و بازار http://nfc-forum.org مشخصات فنی در لینک زیر قابل رویت است : http://nfc-forum.org/our-work/specifications-and-application-documents/specifications/nfc-/forum-technical-specifications	
Dash 7 Alliance	توسعه پروتکل DASH7 بر اساس استاندارد ISO 18000-7 http://www.dash7-alliance.org مشخصات فنی در لینک زیر قابل رویت است : http://www.dash7-alliance.org/dash7-alliance-/protocol	
Bluetooth SIG	تقویت نام تجاری بلوتوث با قدرت دادن به اعضای SIG بمنظور همکاری و نوآوری و ایجاد فناوری بی‌سیم برای اتصال دستگاه‌های مختلف https://www.bluetooth.com/membership-working-groups/get-started-as-a-new-member https://www.bluetooth.com	

موسسه یا کار گروه	شرکت‌های موسس و ماموریت‌ها	توضیحات
Wifi Alliance	یک شبکه‌ی جهانی از شرکت‌هایی که فناوری Wi-Fi را ارائه می‌دهند. https://www.wi-fi.org/who-we-are https://www.wi-fi.org/beacon/rolf-de-vegt/wi-fi-aware-a-platform-for-proximity-based-wi-fi-innovation	
Zigbee Alliance	انجمن غیر انتفاعی با حدود ۴۰۰ عضو برای توسعه استانداردهای ZigBee با رویکرد نوآوری، قابلیت اعتماد و استفاده‌ی آسان به عنوان پیشرو در شبکه‌های بی‌سیم سنجش و کنترل با کاربردهای تجاری و صنعتی	
The ULE Alliance	فعال بر روی فناوری‌های مخابراتی بیسیم با توان مصرفی کم که مناسب کاربرد در منازل و ساختمان‌ها می‌باشد https://www.ulealliance.org	
Wi-SUN Alliance	توسعه‌ی اتصال یکپارچه با قابلیت همکاری و مبتنی بر اساس استاندارد IEEE 802.15.4gTM برای بازارهای منطقه جهانی https://www.wi-sun.org/mission	
LoRa Alliance	شبکه‌های گسترده با توان کم مستقر در سراسر جهان برای کاربردهای اینترنت اشیاء، ماشین به ماشین (M2M)، شهر هوشمند و کاربردهای صنعتی https://www.lora-alliance.org Founding Members: Actility, Cisco, Eolane, IBM, Kerlink, IMST, MultiTech, Sagemcom, Semtech, Microchip Technology, Bouygues Telecom, KPN, SingTel, Proximus, Swisscom, and FastNet (part of Telkom South Africa)	
Weightless SIG	هماهنگی و فعال نمودن تمام فعالیت‌های مورد نیاز برای ارائه استاندارد Weightless استاندارد Weightless-N اتصال رو به بالای (UpLink) مبتنی بر فناوری فرا باند باریک (Ultra Narrow Band) را ارئه می‌دهد. http://www.weightless.org Founding Members: Neul, Landis+Gyr, Cable & Wireless, and ARM	
Internet Engineering Task Force(IEFT)	IETF یک جامعه بین المللی باز و بزرگ از طراحان شبکه، اپراتورها، فروشندگان و محققان مرتبط با تکامل معماری اینترنت و عملکرد روان اینترنت است که درب آن برای هر فرد علاقه مند باز است. https://www.ietf.org	

موسسه یا کار گروه	شرکت‌های موسس و ماموریت‌ها	توضیحات
Oasis IoT	OASIS یک کنسرسیوم غیر انتفاعی است که همگرایی و تصویب استانداردهای باز برای جامعه جهانی اطلاعات را توسعه می‌دهد. https://www.oasis-open.org/committees Founding Members: AIS, ArborText, Avalanche, Computer Task Group, Database Publishing Systems, EBT, Fulcrum, InfoDesign, Information Dimensions, Intergraph, Interleaf, Open Text, Object Design, Officesmith/CTMG, Oracle, SoftQuad, XSoft	
UPnP Forum	معماری یکپارچه و ساده LAN مبتنی بر اینترنت اشیا را پیشنهاد داده که برای محیطهای indoor مانند خانه و محیطهای سازمانی http://upnp.org Founding Members: 14 companies including Microsoft, Intel, HP, Sony, Canon, Panasonic, and others	
EnOcean Alliance	توسعه نظارت و کنترل سیستم‌های بی‌سیم بدون باتری برای ساختمان‌ها از طریق استانداردهای بی‌سیم سازگار https://www.enocean-alliance.org/en/aboutus Founding Members: General Electric, Lutron, Osram, Panasonic, Philips, and Toshiba محصولات https://www.enocean-alliance.org/products	
Open Mobile Alliance	OMA یک سازمان غیر انتفاعی برای ارائه مشخصات باز و خدمات سازگار در تمامی مرزهای جغرافیایی، بر روی هر شبکه حامل است. مشخصات OMA در سراسر شبکه‌های تلفن همراه مختلف، از جمله شبکه تلفن همراه سنتی و جدید، شبکه‌های ماشین به ماشین و میلیاردها پایانه‌ی جدید و موجود ثابت و همراه است. http://technical.openmobilealliance.org/Technical/technical-information/omna/lightweight-m2m-lwm2m-object-registry	
Hypercat Consortium	کنسرسیوم Hypercat در زمینه کشف داده و قابلیت همکاری فعالیت می‌کند. http://www.hypercat.io/consortium.html Founded by 8 consortia: DISTANCE, EyeHub, IoTBay, i-MOVE, OpenIoT Smart Streets, Stride	
Open Interconnect Consortium	اتصال و همکاری بین میلیاردها دستگاه اینترنت اشیاء را تعریف می‌کند و ارائه دهنده خدمات و فناوری‌های حمل و نقل جهت ایجاد یک شبکه از همه چیز می‌باشد. http://openinterconnect.org Founding Members: Atmel, Dell, Intel, Samsung, Wind River	

موسسه یا کار گروه	شرکت‌های موسس و ماموریت‌ها	توضیحات
International Organization for Standardization (ISO)	ISO (سازمان بین المللی استاندارد) یک سازمان غیر دولتی مستقل و بزرگترین توسعه دهنده استانداردهای بین المللی در جهان است. IEC یک سازمان استانداره بین‌المللی است که در زمینه فناوری‌های الکتریکی، الکترونیکی و مرتبط استاندارد منتشر می‌کند که آدرس اینترنتی آن http://www.iec.ch/ می‌باشد. OGC (Open Geospatial Consortium) کنسرسیوم OGC متشکل از ۵۱۱ شرکت، سازمان دولتی و دانشگاه می‌باشد که در فرایند اجماع برای توسعه استانداردهایی برای استفاده عموم شرکت می‌کند و پشتیبان خدمات "وب، بی‌سیم ، خدمات مبتنی بر مکان و IT می‌باشد. آدرس اینترنتی آن: http://www.opengeospatial.org می‌باشد.	

جدول .Error! No text of specified style in document-**۵۶- موسسات فعال در حوزه‌ی استانداردسازی و ارائه معماری مخابراتی**

۳-٤-۳-۳- کاربردهای شبکه‌های مخابراتی کوتاه برد در صنعت برق و انرژی

شبکه مخابراتی به عنوان یک زیرساخت اصلی برای بسیاری از توابع عملکردی در بخش‌های مختلف صنعت برق مانند تولید، انتقال، توزیع و مصرف می‌تواند کاربرد داشته باشد. لذا با توجه به تعریف فناوری که معمولا منطقه پوشش آن با برد کوتاه می‌باشد در جدول **No text of specified style in document.** !Error-۵۴کاربردهایی اشاره شده است که این عملکرد در آن برجسته باشد.

بخش	حوزه کاربردی	تابع عملیاتی	فناوری، استاندارد یا پروتکل
مصرف کننده و تولیدکننده خانگی (Prosumer)	شبکه‌های HAN،IAN،BAN	اتوماسیون خانگی، خانه هوشمند، ساختمان هوشمند	ZigBee, WiFi (Halow), Z-Wave, Bluetooth, EnOcean
	شبکه‌های میکروگرید	کنترل و حفاظت	WiFi(802.11b),WiFiHalow, ZigBee (802.15.4)
	خودرو برقی	شارژ، اندازه‌گیری، کنترل	ZigBee,Wi-Fi,WiFiHalow, 6LoWPAN
	AMI و کنتور هوشمند	اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان مصرفی	Bluetooth,6LoWPAN, ZigBee
توزیع	شبکه‌های NAN	مش‌بندی کنتورهای هوشمند	Dash7,ZigBee,WiFi,WiFiHalow, Z-Wave

بخش	حوزه کاربردی	تابع عملیاتی	فناوری، استاندارد یا پروتکل
	کنترل و حفاظت	LBS[1], Recloser کنترل جریان و ولتاژ	Coaxial Cable (RS-232), ZigBee DNP3.0, MODBUS and IEC 60870-5-101/104
	مدیریت دارایی	پایش ترانسفورماتور به کمک شبکه سنسوری کنترلِ جریان، ولتاژ، روغن عایق و دما	Coaxial Cable, ZigBee
	ایستگاه‌های شارژ خودرو برقی	کنترل و مدیریت	ISO15118, IEC63110
پست	مدیریت دارایی	پایش ترانسفورمر اصلی 154 kV (M.Tr) به کمک شبکه سنسوری آنالیز گاز، کنترل PD2، حرارت روغن، سطح روغن و ...	Coaxial Cable, ZigBee
	کنترل و حفاظت	کنترل PD تجهیز 245kV GIS[3] به کمک شبکه سنسوری کنترل دما، فشار، CNT4 و UHF	Coaxial Cable, ZigBee
انتقال	پایش وضعیت دکل فشار قوی	پایش شرایط محیطی به کمک شبکه سنسوری سرعت و جهت باد، تابش خورشید، دما، رطوبت، باران و UV	ZigBee
		پایش وضعیت دکل به کمک شبکه سنسوری تنش خط[5]، جریان، دما، گرادیان، شیب دکل، جریان نشتی	ZigBee
		سنسور هشداردهنده به هواپیما CDS(optic)	ZigBee

[1] Load Breaker Switch
[2] Partial Discharge
[3] Gas Insulated Switchgear
[4] Carbon Nanotube
[5] Line Tension

بخش	حوزه کاربردی	تابع عملیاتی	فناوری، استاندارد یا پروتکل
تولید	حفاظت پیرامونی در نیروگاه	شبکه بی‌سیم دوربین مداربسته ارسال آنلاین یا آفلاین تصویر	IEEE 802.15.4 ZigBee,WirelessHart,ISA100.11a
	توربین بادی	پایش شرایط محیطی به کمک شبکه سنسوری سرعت و جهش باد، دما	UTP1 Cable, IEEE 802.15.4 ZigBee,WirelessHart,ISA100.11a
	سلول خورشیدی	پایش شرایط محیطی به کمک شبکه سنسوری رطوبت و دما	UTP2 Cable, IEEE 802.15.4 ZigBee,WirelessHart,ISA100.11a

جدول .Error! No text of specified style in document-**۵۷-برخی از کاربردهای شبکه‌های بیسیم کوتاه برد در بخش‌های تولید، انتقال، توزیع و مصرف**

۴-۴-۳-۳- چالش های مرتفع شده توسط فناوری بیسیم کوتاه برد

اتحادیه اروپا از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳، برنامه‌ی هفتم تحقیق و توسعه فناوری اتحادیه اروپا ۳ (FP7) بیش از ۵۰ میلیارد یورو معادل ۵۵ میلیارد دلار، به تحقیق و نوآوری در تمام زمینه‌های علمی، فناوری و اجتماعی اختصاص داده است. سهم بودجه اختصاص داده شده به پروژه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در این سند بیش از ۹۰۵۰ میلیون یورو معادل ۱ میلیارد دلار بوده است.

برنامه	بازه‌ی زمانی	کل بودجه تحقیقاتی	بودجه اختصاصی به فناوری اطلاعات و ارتباطات	توضیحات
FP7	۷ ساله (۲۰۰۷-۲۰۱۳)	۵۰ میلیارد یورو	۹۰۵۰ میلیون یورو	به سایت مراجعه شود. https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm
Horizon 2020	۷ ساله (۲۰۱۴-۲۰۲۰)	۸۰ میلیارد یورو	-	به سایت مراجعه شود. http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en

[1] Unshielded Twisted Pair Cable
[2] Unshielded Twisted Pair Cable
[3] 7th Framework Programme for Research and Technological Development

برنامه	بازه‌ی زمانی	کل بودجه تحقیقاتی	بودجه اختصاصی به فناوری اطلاعات و ارتباطات	توضیحات
Horizon Europe	۷ ساله (۲۰۲۷-۲۰۲۱)	۱۰۰ میلیارد یورو	-	به سایت مراجعه شود. https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/support-policy-making/support-eu-research-and-innovation-policy-making/evaluation-impact-assessment-and-monitoring/horizon-europe_en

جدول .Error! No text of specified style in document-**۵۸- برنامه‌های پژوهشی اتحادیه اروپا برای فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)**

دریافت‌کنندگان کمک‌های مالی از سند FP7، شامل دانشگاه‌ها و صنعت، و در قالب مشارکت بخش دولتی و خصوصی است که به مرزهای همکاری خارج از اتحادیه اروپا (E.U)، نیز کشیده شده و پروژه‌هایی برای ایجاد گسترده "معماری‌های مرجع" به عنوان پایه و اساس محور فناوری شبکه‌های اطلاعاتی و ارتباطی منجر شده است. بخش دوم برنامهٔ پژوهشی E.U در یک افق ۷ ساله بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ می‌باشد که بودجه‌ی ۸۰ میلیارد یورویی معادل ۸۸ میلیارد دلار به آن اختصاص داده شده است. پروژه‌های نوآورانه فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) مطمئنا نقش مهمی در پروژه‌های H2020 مخصوصا در مناطقی که چالش‌های اجتماعی مانند افزایش سن جمعیت، امنیت غذایی، بهره‌وری انرژی و پایداری مشهود است، خواهد داشت. و در بخش سوم فعالیت‌های تحقیقاتی این اتحادیه سند Horizon Europe با بودجه ۱۰۰ میلیارد یورویی تعریف شده که در بازه زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۷ محقق خواهد شد. این پروژه ها در قالب جدول Error! **No text of specified style in document.**-۵۹بیان شده اند.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
SUN SEED	wireline (e.g. copper, fiber)or wireless and mobile	TELEKOM SLOVENIJE DD Slovenia	€ 4 745 054 2014-2017	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ - توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	SUNSEED یک رویکرد تکاملی برای استفاده از شبکه‌های ارتباطی موجود از طرف اپراتورهای انرژی و مخابرات ارائه می‌دهد. یک زیرساخت ارتباطی همگرا برای شبکه‌های هوشمند انرژی در آینده و ارائه خدمات باز

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
	(e.g. WiFi, 4G)				
SA-WSN	Cognitive Wireless sensor network Zigbee	BAHCE SEHIR UNIVERSITESI FOUNDATION Turkey	€5,196,176 2013-2016	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	SA-WSN ، یک معماری شبکه حسگر بیسیم طیف–آگاه (Cognitive) کارآمد برای کاربردهای در حال حاضر شبکه هوشمند پیشنهاد داده است.
INTEGRIS	Hybrid PLC & Wireless	ENEL IBERIA SRL Spain	€ 5 789 200 2010-2012	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	INTEGRIS، یک زیرساخت ICT جدید و انعطاف پذیر مبتنی بر فناوری‌های ارتباطی یکپارچه باسیم و بیسیم برای شبکه‌های برق هوشمند آینده را ارائه می‌دهد. کاربردهای گسترده‌ای از جمله نظارت، بهره‌برداری، یکپارچه‌سازی مشتری، مدیریت سمت تقاضا، کنترل ولتاژ، کنترل کیفیت خدمات، کنترل منابع انرژی توزیع شده، مدیریت دارایی و انواع عملکردهای پیشرفته شبکه برق با این زیرساخت توسعه یافته ICT مدنظر بوده است.
TEA SCONE	wireless communication networks, networked control	KUNGLIGA TEKNISKA HOEGSKOLAN Sweden	€ 44 100 2012-2016	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	TEASCONE، چشم انداز دنیای بهم پیوسته که در آن حسگر بیسیم، محرک (actuator) و کنترلر در همه جا تعبیه شده است. مرحله بعدی در این تکامل این است که به طور خودکار بر اساس اندازه‌گیری سنسور بر روی محیط فیزیکی عمل کند. نمونه‌هایی از چنین شبکه کنترلی در مقیاس بزرگ در شبکه‌های هوشمند، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، سلامت الکترونیکی و ... یافت می‌شود.
Smart-FiWi-HetNets	fiber-wireless (FiWi), Wimax	CENTRE TECNOLOGIC DE TELECOMUNICACIONS	€ 115 018,30 2014-2015	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره،	FiWi، شبکه دسترسی ترکیبی بی سیم و فیبر نوری بمنظور دسترسی به پهنای باند در نظر گرفته شده است. لایه ۲ و ۳ در FiWi شبکه‌های نوری منفعل اترنت

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
		DE CATALUNYA Spain		ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده	(EPON) و شبکه‌های WLAN-mesh برای پرداختن به چالش‌های تحقیقاتی در حال ظهور شبکه‌های ناهمگن (HetNets) LTE-Advanced و 3GPP می‌باشد.
ICe Water	wirel ess sensor networks, data analytical	SIEMENS AKTIENGE SELLSCHA FT	€ 4 652 581 2012-2015	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری چالش ۹ – استاندارد سازی تبادل داده	ICeWater با تنظیم منابع آبی و میزان مصرف واقعی ، ثبات تأمین آب شیرین را برای شهروندان در مناطق شهری افزایش می‌دهد، ضمن اینکه مصرف انرژی را از طریق شبکه هوشمند و تشخیص نشتی به حداقل می‌رساند. ICeWater از شبکه‌های حسگر بی سیم برای نظارت بر جریان آب استفاده می‌کند و سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری را برای تاسیسات آب فراهم می‌کند تا الگوهای عرضه و تقاضا در زمان واقعی مطابقت داشته باشد.

جدول .Error! No text of specified style in document-۵۹- پروژه‌های نمونه مخابرات بی سیم کوتاه برد برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق

۵-۳-۳- مخابرات بی‌سیم نوری (OWC)

گسترش خدمات و کاربردهای چند رسانه‌ای[1] و تقاضا برای ارتباطات بی‌سیم با سرعت‌های بالا، روز به روز در حال افزایش است. به گونه‌ای که ارتباطات رادیویی (RF) در آینده برای این حجم تقاضا پاسخگو نخواهند بود.

لذا ارتباط بیسیم نوری (OWC[2])، که از طیف گسترده‌ای از فرکانس‌های بدون نیاز به مجوز شکل گرفته است، به عنوان یک راه حل امیدوارکننده برای غلبه بر بحران ارتباطات رادیویی (RF) پیشنهاد شده است. این فناوری در دهه گذشته هم برای ارتباطات داخلی[3] مانند ارتباطات داخل خانه‌های هوشمند و هم برای ارتباطات فضای باز[4] مانند ارتباطات زیرساختی شبکه برق، توجه پژوهشگران در سراسر دنیا را به خود جذب کرده است. فناوری‌های OWC می‌تواند ترافیک داده‌های بزرگ شبکه‌های ارتباطی را با سرعت 100 Gb/s جابجا کند که این سرویس‌ها هم به صورت ارتباطات داخلی و هم ارتباطات بیرونی ارائه می‌شود و برد مخابراتی آن از چندین نانومتر تا بیش از ۱۰،۰۰۰ کیلومتر می‌باشد [۲۷۳]. سیستم‌های OWC به انتقال نور، که در آن نورهای

[1] Multimedia
[2] Optical Wireless Communication
[3] Indoor
[4] Outdoor

مرئی (VL)، مادون قرمز (IR[1]) یا ماوراء بنفش (UV[2]) به عنوان کانال انتشار هستند، اشاره دارد. فناوری‌های شکل گرفته در این حوزه VLC۳، LiFi۴، OCC[5]، FSO[6] و LiDAR[7] می‌باشد. مطابق شکل **Error! No text of specified style in document.**-۴۱ این پلتفرم می‌تواند در حوزه‌های مختلف همچون صنعت، حمل و نقل، پزشکی از راه دور، ساختمان هوشمند و ... کاربرد داشته باشد. اما کاربرد اصلی این فناوری در نسل جدید مخابرات بیسیم یعنی 5G و IoT می‌باشد. در واقع سیستم‌های OWC به یک زیرساخت ارتباطی امیدوارکننده برای پشتیبانی از ارتباطات با سرعت بالا در 5G و اتصالات گسترده در IoT تبدیل شده است. روش موثر برای افزایش ظرفیت شبکه، کوچک‌کردن سلول‌ها است. بنابراین شبکه‌ها به سرعت در حال توسعه سلول‌های کوچک مانند پیکوسل(picocells) و فمتوسل (femtocells) برای 5G و نسل‌های بعدی مخابرات می‌باشند. VLC، LiFi و OCC می‌توانند خدمات نقطه داغ (hotspot) در سلول‌های کوچک را ارائه دهند. امنیت، قابلیت اطمینان، بازده طیفی، ظرفیت بالا و مصرف توان کم از ضروریات ارتباطات در 5G و IoT می‌باشد که سیستم‌های OWC به راحتی می‌توانند این الزامات را پوشش دهند [۲۷۵-۲۷۴].

[1] infrared
[2] ultraviolet
[3] Visible Light Communication
[4] Light Fidelity
[5] Optical Camera Communication
[6] Free Space Optical
[7] Light Detection and Ranging



شکل .Error! No text of specified style in document–**۴۱– سکوهای کاربردی OWC [۲۷۴]**

۱-۵-۳-۳- مزایا و معایب

در مورد شبکه‌های مخابراتی بیسیم نوری مشخصه‌هایی مانند برد مخابراتی، نرخ بیت، تاخیر، فرکانس کاری، تداخل‌پذیری، توان مصرفی، امنیت، هزینه پیاده‌سازی، اثرات محیطی، آسیب برای انسان و ... می‌توانند به عنوان مزیت یا عیب آن فناوری محسوب شوند که در جدول **.No text of specified style in document**–Error! ۶۰به برخی آنها اشاره شده است. سیستم‌های مخابرات نوری بیسیم برد کوتاهی دارند و بیشتر برای کاربردهای indoor استفاده می‌شود. همچنین نورهای طبیعی و مصنوعی به عنوان یک عامل تداخل برای این سیستم‌ها محسوب می‌شود.

فناوری	فرکانس کاری	برد	توان مصرفی	نرخ بیت	هزینه	تداخل پذیری	امنیت	نوع کاربرد	استاندارد	توضیحات
VLC	VL 360nm-760nm	چند ده متر (حدود ۲۰m)	م	بالا تا ۱۰۰ Gb/s	متوسط	کم	لا	LAN	IEEE 802.15.7-2011	تداخل‌پذیری کم، کاربرد روشنایی، مخابراتی و مکان‌یابی دارد.
LiFi	VL for (Uplink) VL,IR, UV for (Downlink) IR:760 nm-1mm UV:10 nm-400nm	ده متر (حدود ۱۰m)	م	بالا تا ۱۰۰ Gb/s	متوسط	کم	لا	LAN	IEEE 802.15.7m IEEE 802.15.11 LC SG	توامان برای ارسال اطلاعات، روشنایی و یا مکان‌یابی استفاده می‌شود. برای انسان مضر نیست.
OCC	IR , VL	چند صد متر (حدود ۲۰۰m)	م	کم تا ۵۴ Mb/s	کم	بسیار کم	لا	LAN, MAN	IEEE 802.15.7m TG	ارتباط بدون تداخل، سیگنال به نویز بالا، بدون نیاز به پردازش‌های سنگین و پایداری در برابر تغییرات فاصله
FSO	NIR , VL, UV	چند صد کیلومتر (حدود۱Km ۰۰۰۰)	یاد	زیاد تا ۴۰ Gb/s	متوسط	کم	لا	LAN, MAN,WAN	IrDA (SIR, MIR, FIR, VFIR ,UFIR Giga-IR) IEEE 802.15.7 (PHY I, PHY	حساسیت نسبت به محیط پیرامون در صورت استفاده از LD برای انسان (مخصوصا چشم) مضر است.
LiDAR	NIR , VL	چند ده کیلومتر (حدود ۱۰۰۰۰)	قریبا زیاد		بالا	کم	لا	Ranging and Detection, Remote Sensing	FEMA1, NOAA2, USGS3	یک فناوری نوری سنجش از راه دور است که قابلیت آشکارسازی طیف وسیعی از اطلاعات در مورد یک هدف را دارد.

جدول .Error! No text of specified style in document-۶۰- **مشخصات فناوری‌های مخابرات نوری بیسیم (OWC)**

۲-۵-۳-۳- شرکت‌های فعال

جدول **.Error! No text of specified style in document**-۶۱ لیست موسسات و شرکت‌هایی که در حوزه استانداردسازی و ارائه محصولات OWC فعال هستند را نشان می‌دهد.

[1] Federal Emergency Management Agency
[2] National Oceanic and Atmospheric Administration
[3] United State Geological Survey

موسسه / شرکت	نوع فعالیت	توضیحات
IEEE	استانداردسازی در حوزه VLC، LiFi، OCC و FSOhttps://www.postscapes.com/internet-of-things-alliances-roundup/	
ITU	استانداردسازی در حوزه FSO	
Samsung	ارائه محصولاتی با فناوری LiFi و ۲۶ ثبت اختراع در این مورد	
Huawei	ارائه محصولاتی با فناوری LiFi و ۳ ثبت اختراع	
University of Edinburgh	پروفسور Harald Haas از این دانشگاه اولین نفری که فرضیه LiFi را ارائه داد و به عنوان پدر LiFi شناخته می‌شود. این دانشگاه ۶ ثبت اختراع در مورد LiFi دارد.	
University of ETRI	دانشگاهی در کشور کره جنوبی با ۵ ثبت اختراع	
Panasonic	ارائه محصول و ثبت ۳ اختراع	
PureLiFi	ارائه محصولی با نام LiFi-X Error! Hyperlink reference not valid.https://purelifi.com/	
fSONA Networks	فعال در زمینه ارائه فناوری FSO پهن باند http://signify.com/ http://www.fsona.com/	

موسسه / شرکت	نوع فعالیت	توضیحات
GE	فعال در زمینه VLC و تجمیع BLE،VLC و حسگر https://www.oledcomm.net/ https://www.gelighting.com/LightingWeb	
LightPointe Communications	ارائه‌دهنده خدمات شبکه نوری پهن باند برای اتصالات building-to-building و point-to-point برای پشتیبانی از شبکه‌های 4G/LTEhttps://vlncomm.com/ https://www.lightpointe.com	
LVX System	سیستم LVX را تولید و روانه بازار کرده که گروهی از لامپ‌های LED و تجهیزات اختصاصی است که امکان انتقال داده را با لرزش سریع لامپ های LED فراهم می کند. Error! Hyperlink reference not valid.	
Nakagawa Laboratories	در تحقیق و توسعه و فروش فناوری ارتباط بیسیم نوری مشغول فعالیت است. این هدف برای سرعت بخشیدن و ارتقاء استانداردسازی فناوری VLC است. یکی از محصولات آن کیت توسعه سیستم VL ID است. این کیت در ایجاد آگاهی و افزایش دانش در مورد VLC و کمک به توسعه برنامه در ارتباط VLC ID کمک می‌کند. www.naka-lab.jp	
Oledcomm	ارائه دهنده پیشرو دستگاه‌های رابط شبکه Li-Fi است که امکان برقراری ارتباط بیسیم با سرعت بالا و با استفاده از شبکه روشنایی LED را فراهم می کند. سبد محصولات این شرکت شامل هاب‌های Li-Fi ، آداپتورهای Li-Fi، روترهای Li-Fi، سوئیچ ها ، درایور های LED، منبع تغذیه DC-DC ، منبع تغذیه شبکه و روشنایی LED است. https://www.oledcomm.net	
Outstanding Technology	در ژاپن مستقر است و یک فناوری با نام Visilink را توسعه داده است ، که یک راه حل VLC است و با استفاده از زیرساخت های روشنایی LED ، اتصال به اینترنت همه جانبه را فراهم می کند. https://www.outstandingtechnologies.co.uk/	

موسسه / شرکت	نوع فعالیت	توضیحات
Koninklijke Philips	یک فناوری VLC برای سیستم موقعیت‌یابی داخلی ارائه می‌دهد که از وسایل LED ، یک پایگاه داده مبتنی بر ابر و یک کیت توسعه نرم افزار است که مشتریان می‌توانند از آنها برای ساخت پلتفرم تعامل با موبایل خود استفاده کنند. https://www.philips.com	
OPAL	اسکنر جدید 3D LiDAR این شرکت با استفاده از جدیدترین نوآوری‌ها در لیزر ، فناوری‌های تشخیص و پردازش هوشمند در زمان واقعی ساخته شده است. http://www.neptectechnologies.com/products/opal/?gclid=EAIaIQobChMIsfDetJ2M5QIVEOh3Ch13gQuvEAAYASAAEgKKlfD_BwE#primary	
Hexagon AB https://hexagon.com	ساخت LiDAR	
Velodyne Lidar https://velodynelidar.com		
Sick AG https://www.sick.com		
Topcon Positioning Systems https://www.topconpositioning.com		
Trimble (Geospatial) https://geospatial.trimble.com		
RIEGL Laser Measurement Systems GmbH www.riegl.com		

موسسه / شرکت	نوع فعالیت	توضیحات
Teledyne Optech https://www.teledyneoptech.com		
Leosphere www.leosphere.com		
Waymo LLC https://waymo.com		
Valeo S.A. https://www.valeo.com		

جدول .Error! No text of specified style in document-۶۱ **موسسات فعال در حوزه‌ی استانداردسازی و ارائه معماری مخابراتی**

۳-۵-۳-۳- کاربردهای شبکه‌های مخابراتی بیسیم نوری در صنعت برق و انرژی

شبکه مخابراتی بیسیم نوری به عنوان یک زیرساخت ارتباطی با مزایا و مایبی که در بخش قبل به آن اشاره شد می‌تواند در آینده برای برخی از توابع عملکردی در بخش‌های مختلف صنعت برق مانند تولید، انتقال، توزیع و مصرف کاربرد داشته باشد. لذا با توجه به تعریف فناوری در کاربردهایی اشاره شده است.

کاربرد	حوزه عملکردی	تابع عملیاتی	فناوری
زیرساخت ارتباطی	شبکه‌های HAN،IAN،BAN	اتوماسیون خانگی، خانه هوشمند، ساختمان هوشمند	LiFi,VLC,FSO
	شبکه‌های میکروگرید	کنترل و حفاظت	VLC, FSO
	خودرو برقی	شارژ، اندازه‌گیری، کنترل	OCC, FSO
	AMI و کنتور هوشمند	اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و توان مصرفی	LiFi, FSO
	شبکه‌های NAN	مش‌بندی کنتورهای هوشمند	VLC, LiFi, FSO
کنترل و حفاظت	کنترل و حفاظت	LBS[1], Recloser کنترل جریان و ولتاژ کنترل PD تجهیز 245kV GIS[2] به کمک شبکه سنسوری کنترل دما، فشار، CNT3[3] و UHF	LiFi,VLC
	ایستگاه‌های شارژ خودرو برقی	کنترل و مدیریت	LiFi, FSO
مدیریت دارایی	پایش وضعیت ترانسفورمر	پایش ترانسفورماتور به کمک شبکه سنسوری کنترلِ جریان، ولتاژ، روغن عایق و دما	LiFi,VLC, FSO ,
	پایش وضعیت دکل فشار قوی	پایش شرایط محیطی به کمک شبکه سنسوری سرعت و جهت باد، تابش خورشید، دما، رطوبت، باران و UV	LiFi,VLC, FSO ,
		پایش وضعیت دکل به کمک شبکه سنسوری تنش خط[4]، جریان، دما، گرادیان، شیب دکل، جریان نشتی	LiFi,VLC, FSO ,
		سنسور هشداردهنده به هواپیما CDS (optic)[5]	LiFi,VLC, FSO ,
	توربین بادی	پایش شرایط محیطی به کمک شبکه سنسوری سرعت و جهش باد، دما	LiFi,VLC, FSO ,
	سلول خورشیدی	پایش شرایط محیطی به کمک شبکه سنسوری رطوبت و دما	LiFi,VLC, FSO ,

[1] Load Breaker Switch
[2] Gas Insulated Switchgear
[3] Carbon Nanotube
[4] Line Tension
[5] cadmium sulfide

کاربرد	حوزه عملکردی	تابع عملیاتی	فناوری
امنیت فیزیکی و سایبری	حفاظت پیرامونی در نیروگاه	شبکه بی‌سیم دوربین مداربسته ارسال آنلاین یا آفلاین تصویر	, OCC LiFi,VLC
	امنیت سایبری	شبکه‌های ارتباطی حساس مانند اسکادا و دیسپاچینگ	, OCC LiFi,VLC
نقشه‌برداری با رزولیشن بالا	GIS	پست‌ها، خطوط و تجهیزات	LiDAR
سنجش از دور	پایش پارامترهای فیزیکی و الکتریکی خطوط داغ	پست، خطوط فشار قوی و ...	LiDAR

جدول .Error! No text of specified style in document-**۶۲- برخی از کاربردهای شبکه‌های بیسیم نوری در صنعت برق**

٤-٥-٣-٣- چالش های مرتفع شده توسط فناوری بی سیم نوری

اتحادیه اروپا

از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳، برنامه‌ی هفتم تحقیق و توسعه فناوری اتحادیه اروپا [1] (FP7) بیش از ۵۰ میلیارد یورو معادل ۵۵ میلیارد دلار، به تحقیق و نوآوری در تمام زمینه‌های علمی، فناوری و اجتماعی اختصاص داده است. سهم بودجه اختصاص داده شده به پروژه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در این سند بیش از ۹۰۵۰ میلیون یورو معادل ۱ میلیارد دلار بوده است.

برنامه	بازه‌ی زمانی	کل بودجه تحقیقاتی	بودجه اختصاصی به فناوری اطلاعات و ارتباطات	توضیحات
FP7	۷ ساله (۲۰۰۷-۲۰۱۳)	۵۰ میلیارد یورو	۹۰۵۰ میلیون یورو	به سایت مراجعه شود. https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm
Horizon 2020	۷ ساله (۲۰۱۴-۲۰۲۰)	۸۰ میلیارد یورو	-	به سایت مراجعه شود. http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en
Horizon Europe	۷ ساله (۲۰۲۱-۲۰۲۷)	۱۰۰ میلیارد یورو	-	به سایت مراجعه شود. https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/support-policy-making/support-eu-research-and-

[1] 7th Framework Programme for Research and Technological Development

				innovation-policy-making/evaluation-impact-assessment-and-monitoring/horizon-europe_en

جدول .Error! No text of specified style in document-۶۳ **برنامه‌های پژوهشی اتحادیه اروپا برای فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)**

دریافت‌کنندگان کمک‌های مالی از سند FP7، شامل دانشگاه‌ها و صنعت، و در قالب مشارکت بخش دولتی و خصوصی است که به مرزهای همکاری خارج از اتحادیه اروپا (E.U)، نیز کشیده شده و پروژه‌هایی برای ایجاد گسترده "معماری‌های مرجع" به عنوان پایه و اساس محور فناوری شبکه‌های اطلاعاتی و ارتباطی منجر شده است. بخش دوم برنامهٔ پژوهشی E.U در یک افق ۷ ساله بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ می‌باشد که بودجه‌ی ۸۰ میلیارد یورویی معادل ۸۸ میلیارد دلار به آن اختصاص داده شده است. پروژه‌های نوآورانه فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) مطمئنا نقش مهمی در پروژه‌های H2020 مخصوصا در مناطقی که چالش‌های اجتماعی مانند افزایش سن جمعیت، امنیت غذایی، بهره‌وری انرژی و پایداری مشهود است، خواهد داشت. و در بخش سوم فعالیت‌های تحقیقاتی این اتحادیه سند Horizon Europe با بودجه ۱۰۰ میلیارد یورویی تعریف شده که در بازه زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۷ محقق خواهد شد. این پروژه ها در قالب جدول **.No text of specified style in document**-Error! ۶۴ بیان شده اند.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
DETERMINE	free space communication over the optical spectrum	LINKOPINGS UNIVERSITET Sweden	€ 428 400 2013-2017	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	DETERMINE تحقیق، توسعه و طراحی سیستم‌های بیسیم نوری در آینده می‌باشد که مفاهیم، مدل‌ها، الگوریتم ها و معماری مورد نیاز برای ارتباط فضایی آزاد در طیف نوری را توسعه می دهد.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
FOCUS	Free-space optical (FSO) communication	OZYEGIN UNIVERSITESI Turkey	€100000 2010-2014	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	FOCUS ، ارتباطات نوری فضای آزاد (FSO) که یک فناوری دسترسی بدون مجوز فرکانسی با ظرفیت و پهنای باند زیاد است. این فناوری یک جایگزین قدرتمند و مکمل برای فیبر نوری و لینک‌های رادیویی است.
BROWSE	OWC & Wireless	TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN Netherlands	€ 2 430 352,80 2012-2017	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	BROWSE، پروژه‌ای است که از مزایای سیستم‌های نوری مانند پهنای باند زیاد، ظرفیت بسیار زیاد و عدم تداخل‌پذیری آنها در ترکیب با زیرساخت‌های ارتباطی بیسیم رادیویی (RF) بهره می‌برد. یک زیرساخت جدید و انعطاف پذیر برای شبکه‌های برق هوشمند آینده را ارائه می‌دهد.
WISCON	waveleng th-division-multiplexing	DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET Denmark	€ 216 241 2011-2013	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره،	TEASCON E، چشم انداز دنیای بهم پیوسته که در آن حسگر بیسیم، محرک

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
	(1WDM) optical multi-modulation format radio-over-fiber (RoF) systems			ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیر ی، چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	(actuator) و کنترلر در همه جا تعبیه شده است. مرحله بعدی در این تکامل این است که به طور خودکار بر اساس اندازه‌گیری سنسور بر روی محیط فیزیکی عمل کند. نمونه‌هایی از چنین شبکه کنترلی در مقیاس بزرگ در شبکه‌های هوشمند، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند، سلامت الکترونیکی و ... یافت می‌شود.
Smart-FiWi-HetNets	fiber-wireless (FiWi), Wimax	CENTRE TECNOLOGIC DE TELECOMUNICACIONS DE CATALUNYA Spain	€11 5 018,30 201 4-2015	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیر ی، چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱– مشاهده‌پذی ری و	FiWi، شبکه دسترسی ترکیبی بی سیم و فیبر نوری بمنظور دسترسی به پهنای باند در نظر گرفته شده است. لایه ۲ و ۳ در FiWi شبکه‌های نوری منفعل اترنت (EPON) و شبکه‌های WLAN-mesh برای پرداختن به چالش‌های تحقیقاتی در حال ظهور شبکه‌های ناهمگن (HetNets) LTE-Advanced و 3GPP می‌باشد.

[1] Wavelength division multiplexing

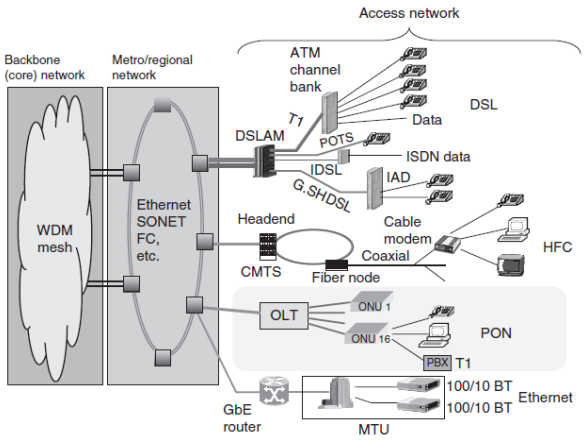
نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				کنترل‌پذیری شبکه	

جدول .Error! No text of specified style in document-**۶۴روژه‌های نمونه مخابرات بی سیم نوری برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق**

٦-۳-۳- مخابرات نوری فیبری

امروزه مخابرات فیبر نوری یکی از پایه‌های پیشرفت صنعت مخابراتی را تشکیل می‌دهند و از پایه‌های پیشرفت صنعت مخابرات بسوی توسعه سرویس‌های باند پهن بوده‌اند. ارتباطات از طریق فیبر نوری با توجه به انتقال سریع داده‌ها و ایمنی در مقابل نویز الکتریکی، از محیطهای مخابراتی قابل توجه می‌باشد. بکارگیری فناوری نوری در انتقال دیتا نسبت به مدارات الکترونیکی مزایای فراوانی از جمله قدرت پردازش و نرخ انتقال دیتا بالا دارد. از طرفی امنیت در برابر تداخل امواج الکترومغناطیسی، پهنای باند بسیار وسیع و نویزپذیری پایین سبب کاربرد زیاد آن در بستر شبکه‌ها شده است. به واسطه نیاز روزافزون به سرعت پردازش بالاتر و افزایش متقاضیان دسترسی به اینترنت و سرویس‌های ویدئو و تلویزیون، نیاز به پهنای باند بالاتر است. در واقع فراهم‌کنندگان سرویس‌های جدید مخابراتی نیاز به مدل‌های ارسال سه‌گانه، ترکیبی از صدا، داده و ویدئو دارند که برای انتقال حجم بالایی از داده وابسته به پهنای باند بالاتری هستند. این‌ها دلایلی برای گسترش شبکه‌های نوری برای ایجاد نسل جدیدی از تکنولوژی‌های مخابرات هستند.

با توجه به اینکه فناوری‌های مخابراتی مختلفی در مخابرات فیبر نوری مطرح می‌باشد، دسته‌بندی ارائه شده در این بخش براساس دیتای شبکه مخابراتی صورت گرفته است. هر شبکه مخابراتی بر اساس دیتا شامل سه بخش عمده است که عبارتند از شبکه زیرساخت، شبکه انتقال و شبکه دسترسی. شکل **.No text of specified style in document** !Error-۴۲ساختار کلی یک شبکه مخابراتی را نشان می‌دهد. نوع شبکه بستگی به این دارد که فیبر نوری در چه بخشی از آن به کار رفته باشد. مثلا به عنوان یک بستر انتقالی در نظر گرفته شود و یا تا خانه‌های مصرف کنندگان رسیده باشد. هسته یا زیرساخت، یک بستر ارتباطی برای فواصل طولانی است و شبکه دوم در توابع مالتی پلکسینگ و چیدمان ترافیک کاربرد دارد. دو شبکه اول یکدست‌تر از شبکه دسترسی هستند و قیمت آنها مابین مشترکین زیادی تقسیم می‌شود اما شبکه دسترسی یک اتصال نهایی را برای مشترکین و در حجم زیاد برقرار می‌سازد.



شکل Error! No text of specified style in document.-**۴۲- لایه‌های یک شبکه مخابراتی براساس دیتا**

تکنولوژی‌های مخابرات نوری برای شبکه‌های مختلف مخابراتی متفاوت می‌باشند. در شبکه زیرساخت نرخ دیتای بالا (بیشتر از 10 G) مورد نیاز می‌باشد و این نوع شبکه در فواصل زیاد در حد کل کشور مطرح است. از تکنولوژی‌های مورد استفاده در سطح شبکه زیرساخت، می‌توان به SDH/SONET، OTN[1] و WDM اشاره نمود. شبکه انتقال که در ساختار شبکه مخابراتی یک لایه از زیرساخت پایین‌تر است، نرخ دیتا (در محدوده 2-10G) و محدوده‌اش نسبت به زیرساخت کم‌تر می‌شود. لایه دسترسی در ارتباط با دیتای مشترک بوده و نرخ دیتا در این لایه کمتر از لایه‌های دیگر است. پیش از این در لایه دسترسی از تکنولوژی PDH بصورت ارتباطات node-to-node یا chain استفاده می‌شده است، که البته هنوز هم در حال استفاده است. تکنیک دیگری که در لایه دسترسی مطرح می‌باشد، به‌کارگیری سوئیچ‌های معمول با پورت نوری و تکنولوژی اترنت است که پشتیبانی از IP از مزایای آن محسوب می‌گردد. امروزه برای لایه دسترسی تکنولوژی‌های جدیدتر از جمله EPON و GPON بسیار مورد توجه می‌باشد. در تکنولوژی‌های PON[2] ساختار ارتباطی بصورت ستاره بوده و برای مجموعه مشترکین متراکم در یک نقطه منجر به‌صرفه‌جویی در فیبر موردنیاز می‌گردد. در مقایسه با معماری node-to-node، پیکربندی PON تجهیزات مرکزی و مقدار فیبر مورد نیاز را کاهش می‌دهد.

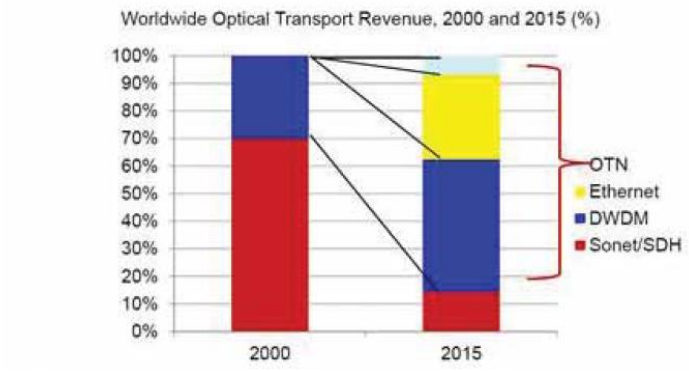
۱-۶-۳-۳- بررسی سیر تکاملی شبکه‌های مخابرات نوری در لایه انتقال و زیرساخت

استفاده از فیبرهای نوری برای انتقال سیگنال‌های باند وسیع، عملاً با معرفی سیستم‌هایی به نام PDH عملی شد. سیستم‌های PDH برای ارتباطات نقطه به نقطه بهینه شده و دسترسی به نرخ‌های انتقال تا نرخ بیت 140Mbps در آن‌ها استاندارد شده است. این سیستم برای پهنای باند مورد نیاز دهۀ ۸۰ میلادی پاسخگو بود. ولی با افزایش شدید نیاز به پهنای باند بالاتر و نیز لزوم استفاده از فیبر نوری برای ارتباطات نقطه به چند نقطه، کارایی خود را از دست داد. با معرفی سیستم‌های SDH در اوایل دهۀ ۹۰ میلادی، بسیاری از کاستی‌های سیستم PDH برطرف گشت. در این سیستم یک نرخ بیت پایه (۱۵۵ مگابیت بر ثانیه یا STM-1) برای انتقال اطلاعات در نظر گرفته می‌شود. استاندارد به گونه‌ای طراحی شده است که نرخ بیت‌های بالاتر به صورت مضرب صحیحی از ۴ برابر این نرخ بیت پایه ساخته می‌شوند (STM-4، STM-16 و STM-64). در این زمینه هیچ محدودیتی برای سقف نرخ بیت ارسالی از دیدگاه استاندارد وجود ندارد و تکنولوژی، تنها عامل محدود کننده آن است. در این سیستم، ارسال با نرخ‌های بالاتر از طریق عملیات مالتی‌پلکسینگ زمانی (TDM3) صورت می‌گیرد. با گسترش روزافزون تقاضا برای پهنای باندهای بیشتر، برخلاف

[1] Optical Transport Network
[2] Passive Optical Network
3 Time Division Multiplexing

انتظار این سیستم نیز قادر به برآوردن این نیاز نبود. طبعاً ساده‌ترین راه که برای حل این مشکل به نظر می‌رسید، استفاده از فیبرهای بیشتر جهت انتقال اطلاعات بود. این روش غیر از اینکه هزینه‌های هنگفتی را برای گسترش شبکه اعمال می‌کرد، هیچ ضمانتی را برای برطرف کردن نیاز در سال‌های آینده نمی‌داد. در واقع، این مشکل به دلیل محدودیت تکنولوژی ایجاد شده بود و طبعاً با گذشت زمان حالت حادتر به خود می‌گرفت؛ ایدهٔ استفاده از چند طول موج در یک فیبر (WDM[1]) به عنوان راه‌حلی بلندمدت برای این مشکل مطرح شد.

تا به حال شبکه‌های SDH در شبکه‌های انتقال چه به صورت WDM چه به صورت تک طول موجی مورد استفاده بوده‌اند. ولی با گرایش شبکه‌ها به سمت شبکه‌هایی برمبنای IP این شبکه‌ها کارایی خود را از دست داده و برای تطبیق آنها با شبکه‌های IP، شبکه نسل جدید SDH معرفی شدند و بحث IP بر روی SDH و WDM مطرح شد. این شبکه‌ها در واقع همان شبکه‌های SDH کلاسیک هستند که قابلیت‌هایی به آنها اضافه گردیده است. در واقع در این شبکه‌ها بحث ارائه بستری واحد برای برقراری انواع سرویس‌ها مطرح گردید[۲۸۱-۲۸۲]. پس از آن شبکه‌های OTN مطرح گردید که بصورت ترکیبی با WDM می‌باشد و با استفاده موثر از پهنای باند فیبر، ظرفیت انتقال را بصورت قابل توجهی افزایش داده است. براساس مطالعات انجام شده، روند تکاملی شبکه‌های انتقال به سمت به کارگیری فناوری OTN می‌باشد. در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۴۳ روند تکاملی فناوری‌های مخابراتی مورد استفاده در شبکه‌های انتقال نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌گردد، در فاصله بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ میلادی، به‌کارگیری شبکه‌های SDH از % 70 به % 15 کاهش پیدا کرده است، فناوری‌های WDM و اترنت گسترش بالایی داشته است و شبکه‌های OTN نیز ظهور پیدا کرده‌اند. با توجه به نیاز روزافزون به افزایش ظرفیت و پهنای باند در شبکه‌های مخابراتی، روند تکاملی به سمت استفاده گسترده‌تر از شبکه‌های OTN می‌باشد. در ادامه به معرفی فناوری‌های SDH، NG-SDH، WDM و OTN به عنوان فناوری‌های متداول و مطرح در مخابرات فیبر نوری در سطح شبکه‌های انتقال و دیتا پرداخته خواهد شد. در خصوص اترنت، همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد، از آنجا که این فناوری با توجه به استانداردهای متعدد ارائه شده، در هر سه سطح دسترسی، انتقال و زیرساخت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، بصورت جداگانه ارائه شده است.



شکل Error! No text of specified style in document.**-۴۳- روند تکاملی فناوری‌های مخابراتی مورد استفاده در شبکه‌های انتقال**

۱-۱-۶-۳-۳- شبکه‌های SDH

[1] Wave Division Multiplexing

فناوری SDH، جهت انتقال سیگنال‌های دیجیتال با روش سلسله‌مراتبی همزمان می‌باشد که در سال ۱۹۸۸ توسط ITU-T استاندارد شد و سپس در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۷ مورد تجدید نظر قرار گرفت. فناوری SDH استاندارد اروپایی و فناوری SONET استاندارد آمریکایی انتقال سیگنال‌های دیجیتال با روش سلسله‌مراتبی همزمان می‌باشند. شبکه SDH یک شبکه همزمان است که کلیه اجزای آن از یک کلاک واحد برای همزمانی استفاده می‌کنند. نرخ بیت پایه در این شبکه 155.52 Mbps می‌باشد که به آن STM-1 می‌گویند. برای دسترسی به نرخ بیت بالاتر از حالت مالتی پلکس سیگنال پایه STM-1 استفاده می‌شود. نرخ بیت پایه در شبکه SONET، 51.84 Mbps می‌باشد که به آن STS-1 گفته می‌شود. در SDH، عبارت STM-n به مشخصه انتقال لینک سطح N گفته می‌شود. برخلاف SONET که برای حامل‌های نوری‌اش، عبارت OC-n و برای سطوح سیگنال الکتریکی STS-n را به کار می‌برد، سیستم SDH عبارت STM-n را برای هر دو سیگنال الکتریکی و نوری بکار می‌گیرد. مقادیر استاندارد برای نرخ‌بیت‌های SONET/SDH در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۶۵ نشان داده شده است.

از مشخصه‌های مهم شبکه SDH/SONET، می‌توان به همزمانی اشاره نمود. در شبکه SDH کلیه بخش‌ها از یک کلاک واحد باکیفیت بالا برای همزمانی استفاده می‌کنند. همچنین در این شبکه‌ها از تکنیک پوینتر جهت مشخص نمودن ابتدای اطلاعات قرار گرفته در فریم STM-n استفاده می‌شود و بدین ترتیب می‌توان بطور مستقیم در تمام سطوح به اطلاعات دسترسی داشت. در شبکه SDH، تعداد زیادی بایت‌های سربار[1] برای نظارت بر خطا، مدیریت و کنترل شبکه وجود دارد که در نگهداری سیستم بسیار مفید می‌باشد. بایتهای سربار حاوی اطلاعات زیادی درباره وضعیت عملکرد سیستم می‌باشند و مدیریت لایه‌ای که از مزایای سیستم‌های SDH است، را برای سیگنال‌های SDH محقق نموده‌اند.

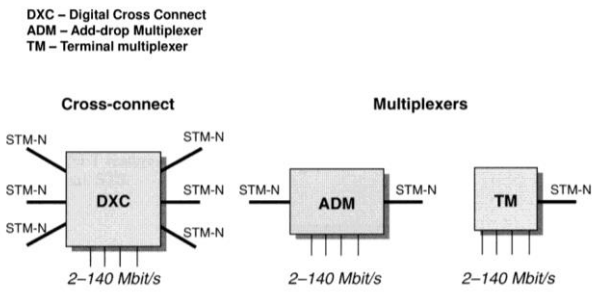
SONET Level (Optical)	SONET Frame Format (Electrical)	SDH Level and Frame Format	Line Rate (Kbit/s)
OC-1	STS-1	STM-0	51,840
OC-3	STS-3	STM-1	155,520
OC-12	STS-12	STM-1	622,080
OC-24	STS-24	-	1,244,160
OC-48	STS-48	STM-16	2,488,320
OC-192	STS-192	STM-64	9,953,280
OC-768	STS-768	STM-256	39,813,120
OC-3072	STS-3072	STM-1024	159,252,480

جدول .Error! No text of specified style in document-۶۵- **مقادیر استاندارد نرخ بیت‌های SONET/SDH**

اجزای سیستم SDH شامل بازسازی کننده[2]، مالتی پلکسر لاین ترمینال (تبدیل ورودی‌ها در سطوح پایین/Tributary به یکی از سطوح STM-n) ، مالتی پلکسر ترمینال/TM[3] (جهت انجام مالتی پلکس به سطوح بالاتر)، کراس کانکت/-Cross

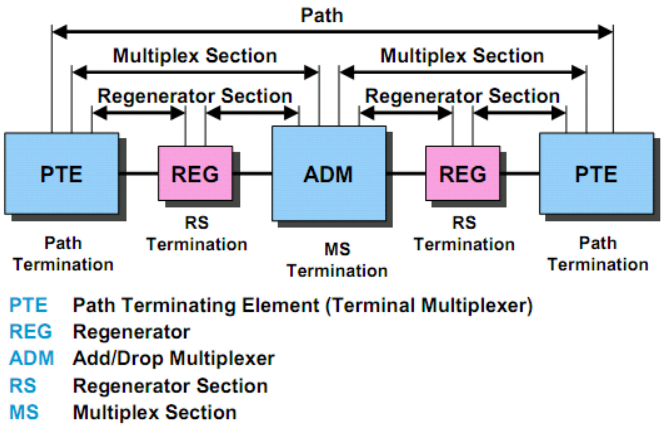
[1] Overhead
[2] Regenerator
[3] Terminal Multiplexer

Connect و مالتی پلکسر حذف و اضافه/ADM[1] می‌باشد (شکل Error! **No text of specified style in document.**-۴۴).



شکل Error! No text of specified style in document.-۴۴- **اجزای سیستم SDH**

با توجه به اجزای سیستم، سیستم SDH به سه لایه تقسیم می‌شود که در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۴۵نشان داده شده است. این لایه‌ها عبارتند از Multiplex Section Layer (قسمتی از مسیر انتقال که بین یک TM و یک تجهیز کراس کانکت یا ADM مجاور و یا بین دو TM مجاور قرار گرفته است)، Regenerator Section Layer (قسمتی از یک مسیر انتقال است که بین یک TM یا کراس کانکت (DXC) و یک بازسازی کننده مجاور و یا بین دو بازسازی کننده قرار گرفته است) و Path Layer (مسیر انتقال بین نقطه‌ای که یک سیگنال Tributary سوار بریک VC می‌شود و نقطه‌ای که سیگنال Tributary از VC پیاده می‌شود)



شکل Error! No text of specified style in document.-۴۵- **لایه‌های مختلف سیستم SDH**

۲-۱-۶-۳-۳- شبکه‌های NG-SDH

شبکه‌های نسل جدید (NG-SDH) نیز مانند تکنولوژی قدیمی‌تر، مبتنی برسوییچینگ مداری هستند و برای انتقال دیتا نیز از عملکرد فریمینگ استفاده می‌نمایند. ولی این شبکه‌ها نسبت به شبکه SDH دارای چهار مولفه می‌باشند که عبارتند از: GFP[2]،

[1] Add Drop Multiplexer
[2] Generic Framing Procedure

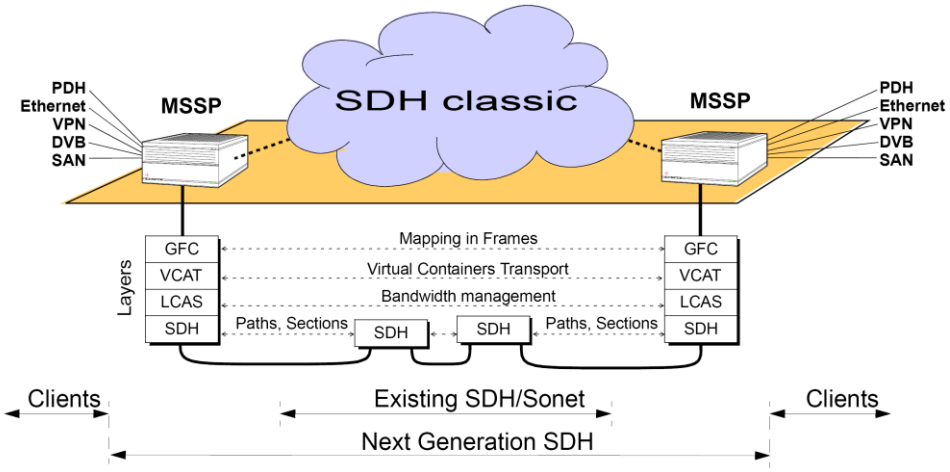
VCAT[1] و LCAS[2]. تکنیک فریمینگ عام یا GFP، یک روش تلفیق استاندارد و مقاوم، برای انتقال دیتای بسته‌بندی شده در تکنولوژی SDH است. کار اصلی GFP آن است که داده‌ها را از شبکه اترنت و VPN گرفته و آن را در قالب SDH فریم‌بندی می‌نماید و در واقع عمل انطباق را برای کم و زیاد شدن نرخ‌بیت (در اترنت) به وجود می‌آورد و سرویس‌هایی که به صورت آبشاری و غیر همزمان هستند را برای ارسال روی شبکه همزمان و برعکس آماده می‌نماید.

تکنیک VCAT یا روش الحاق مجازی نیز مکانیزمی است که در آن به جای استفاده از تکنیک تخصیص نمایی پهنای باند به فرمت الحاق پیوسته، از تخصیص پهنای باندهای تکی استفاده می‌شود. بنابراین در تکنیک VCAT، پهنای باند از قابلیت انعطاف و کارآیی بیشتری برخوردار است. در واقع این روش برای الحاق بسته‌هایی که متناسب با استاندارد SDH نیستند، استفاده می‌شود. در الحاق مجازی، VCها می‌توانند کوچک در حد VC12 (2.048 Mbps) و VC3 (34.368 Mbps) نیز باشند و هر VC می‌تواند یک مسیر جداگانه را طی نماید (کل VCهای یک مجموعه یک VCG نام دارد). اما در الحاق مجاورتی که در شبکه‌های SDH قدیمی بکار برده می‌شد، کوچکترین VC، VC4 (139.264 Mbps) بوده و این VCها تنها می‌توانستند پشت سر هم قرار بگیرند. بنابراین روش الحاق مجازی دارای امکان استفاده بهینه از پهنای باند است. اما این روش مشکلاتی را نیز در پیش رو داشت که عبارتند از:

- قابلیت پهنای باند متغیر را ندارد.
- در صورتیکه که یک VC خراب شود کل VCG غیر قابل استفاده است.

برای حل این مشکلات در NG-SDH از تکنیکی به نام LCAS استفاده می‌شود. در واقع این تکنیک روشی است که به صورت دینامیکی برای تغییر و اصلاح پهنای باند اختصاص داده شده توسط VCAT بکار می‌رود و مشکل الحاق مجازی را بر طرف می‌کند. در واقع اجازه پهنای باند دینامیک را در اختیار می‌گذارد و امکان حفاظت را فراهم می‌سازد.

با توجه به مطالب بیان شده، مراحل توسعه شبکه SDH به NG-SDH را می‌توان به صورت زیر بیان نمود (شکل **Error! No text of specified style in document.**-۴۶). NG-SDH=Clasic SDH + {GFP + VCAT + LCAS }



[1] Virtual Concatenation
[2] Link Capacity Adjustment Scheme

شکل .Error! No text of specified style in document–**۴۶– شبکه مخابراتی مبتنی بر تکنولوژی NG-SDH**

در شبکه NG-SDH تجهیزات مختلفی بکار گرفته می‌شود که بسته به اینکه چه قابلیتی به شبکه SDH اضافه شده است، شامل موارد زیر است:

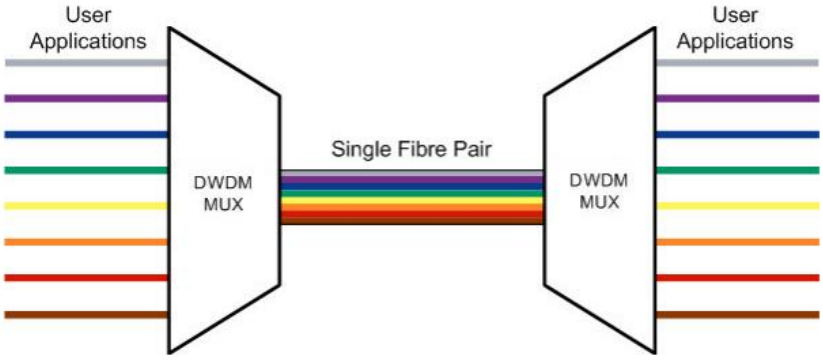
۱. تجهیز MSPP[1] که سه پروتکل GFP، VCAT و LCAS را به شبکه SDH اضافه نموده و در واقع واسط ارتباط TDM، اترنت، GE، DVB و ... به شبکه SDH می‌باشد. این سیستم دارای واسط نوری در سطوح STM-N می‌باشد.
۲. تجهیز MSTP[2] که در واقع MSPP با قابلیت بستر انتقال نوری DWDM می‌باشد.
۳. تجهیز MSSP[3] که دارای Cross-Connect برای انجام سوئیچینگ ترافیک در سطوح مختلف STM-N و VC ها می‌باشد. این سیستم در واقع تجهیز اصلی شبکه نسل جدید است و تمامی قابلیت‌های تجهیزات قبلی را در بر دارد [۲۸۲]

۳-۱-٦-۳-۳- فناوری WDM

ایده استفاده از چند طول موج در یک فیبر (WDM)، در روزهای آغازین استفاده از فیبر نوری برای انتقال اطلاعات مطرح شده بود، ولی در آن زمان محدودیت تکنولوژی امکان استفادهٔ عملی از آن را نمی‌داد. کلید حل این مشکل در استفاده از تقویت‌کننده‌های نوری بود که عملیات تقویت سیگنال نوری را بدون تبدیل آن به سیگنال الکتریکی انجام می‌دهند. به مرور زمان، استفاده از حداکثر طول موج در فیبر (DWDM[4]) مد نظر قرار گرفت. امروزه نیز با استفاده از این تکنولوژی، امکان ارسال ۱۶۰ طول موج در یک فیبر ممکن شده است. غیر از افزایش پهنای باند در سیستم DWDM، هزینهٔ تجهیزات برای افزایش پهنای باند در این روش بسیار کمتر از سیستم SDH است. دلیل این مسأله این است که در DWDM افزایش پهنای باند بخاطر استفاده از چندین طول موج در یک فیبر، نیازی به افزودن تجهیزات اضافی نظیر فیبر یا تکرارکننده وجود ندارد. سیستم DWDM برای کاربردهای راه دور طراحی و بهینه شده است. با افزایش حجم ترافیک در محدوهٔ شهری، نیاز به استفاده از سیستم‌های باند وسیع، که در محدودهٔ شهری صرفهٔ اقتصادی داشته باشند، احساس شد. سیستم CWDM5 پاسخگوی این نیاز بود. در این سیستم، نسبت به سیستم DWDM، تعداد طول موج‌های کمتر با "فاصلهٔ بین طول موج" بیشتر استفاده می‌شود. در واقع تمایز بین نرخ افزایش ترافیک شهری و ترافیک بین‌شهری منجر به بکارگیری سیستم CWDM برای مناطق شهری شد. در مناطق شهری نرخ افزایش ترافیک کمتر از مناطق بین‌شهری است. به عبارت دیگر، در ترافیک‌های شهری هزینهٔ سیستم DWDM به ازای هر کانال خیلی بیشتر از سیستم CWDM است.

[1] Multi Service Provisioning Platform MSPP

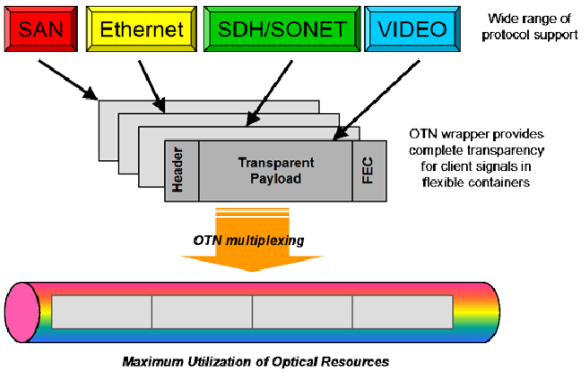
[2] Multi Service Transport Platform
[3] Multi Service Switching Platform
[4] Dense Wave Division Multiplexing
[5] Coarse Wave Division Multiplexing



شکل Error! No text of specified style in document.**-۴۷- مالتی پلکسینگ طول موج (WDM)**

٤-١-٦-٣-٣- شبکه OTN

به دلیل تقاضای روزافزون برای افزایش پهنای باند، شبکه‌های انتقال SDH/SONET که برای اینترفیس‌های نوری از یک طول موج استفاده می‌کنند، دیگر به تنهایی پاسخگو نبودند و به منظور افزایش ظرفیت، استفاده از فناوری WDM بصورت ترکیبی مطرح گردید. پس از آن به منظور رفع مشکل پهنای باند که با رشد سریعی در حال افزایش است، شبکه‌های OTN ارائه شدند. شبکه OTN امکان ارائه طول موج به ظرفیت‌های مختلف را فراهم می‌کند و همچنین با به‌کارگیری فناوری WDM، از پهنای باند فیبر نوری بصورت موثر استفاده می‌کند. شبکه OTN هیچ منافاتی با شبکه‌های NG-SDH و اترنت نداشته و به عنوان لایه زیرساخت در خدمت این شبکه‌هاست. درواقع شبکه ارسال نوری OTN، با الهام از فناوری SONET/SDH و با کمک فناوری WDM، برای رسیدن به یک شبکه مقرون به صرفه‌تر و با سرعت بالا، توسط موسسه ITU-T ارائه شده است. برخلاف فناوری قبلی SONET/SDH، OTN یک شبکه به طور کامل شفاف است که برای پشتیبانی شبکه‌های نوری براساس WDM استفاده می‌شود. از آنجا که در OTN، فریم‌های داده‌های مختلف و متعدد با هم در یک نهاد واحد پیچیده می‌شود، OTN را به عنوان "دستگاه بسته‌بندی دیجیتال" مطرح می‌کنند.



شکل Error! No text of specified style in document.**-۴۸- قابلیت پشتیبانی OTN از انواع داده‌های مختلف**

تعاریف ساختار OTN توسط موسسه استاندارد ITU-T ارائه شده است و استانداردهای ITU-T G872 و ITU-T G-709 به ساختار OTN، فرمت فریم و mappingهای payload پرداخته‌اند.

علاوه بر فراهم نمودن پهنای باند بالاتر، فناوری OTN دارای ویژگی‌های مهم دیگری نیز می‌باشد از جمله اینکه OTN فناوری آسنکرون بوده و بنابراین نیازمند الزامات پیچیده و پرهزینه زمان‌بندی که SDH نیاز دارد، نیست. ویژگی دیگر فناوری

OTN ترنسپرنت بودن آن است که می‌تواند ترافیک آسنکرون همچون گیگابیت اترنت، ترافیک سنکرون همچون SONET/SDH، و حتی مخلوطی از ترافیک‌های سنکرون و آسنکرون را حمل نماید.

مزایای شبکه‌های OTN نسبت به SONET/SDH عبارتند از FEC۱ با قدرت بالاتر، سطوح بیشتر TCM۲، شفافیت در انتقال سیگنال‌های کلاینت و مقیاس‌پذیری سوئیچینگ. درکنار مزایای مذکور، تنها ایرادی که درخصوص شبکه‌های OTN می‌توان بیان نمود، نیاز به سخت‌افزار و سیستم مدیریت جدید می‌باشد.

Signal	Approximate data rate (Gb/s)	Optimized for
OTU1	2.66	SONET OC-48 or SDH STM-16 signal transport
OTU2	10.70	SONET OC-192 or SDH STM-64 or 10GbE Wide Area Network (WAN) physical layer (PHY) transport
OTU2e	11.09	10GbE Local Area Network (LAN) PHY transport (for IP/Ethernet switches/routers ports) at full line rate (10.3 Gb/s)
OTU3	43.01	SONET OC-768 or SDH STM-256 or 40GbE signal transport
OTU3e2	44.58	Transport of up to four OTU2e signals
ODU4	112	100GbE signal transport

شکل Error! No text of specified style in document.**-۴۹- نرخ بیت‌های استاندارد OTN**

۲-۶-۳-۳- شبکه‌های مخابرات نوری در لایه دسترسی

۱-۲-۶-۳-۳- شبکه PON[3] و سرویس‌های FTTx[4]

شبکه نوری پسیو PON یک فرم بخصوص از شبکه دسترسی و مترادف FTTx است. منظور از x کاربرد مورد نظر آن است که می‌تواند home، premises، curb و یا neighborhood و ... باشد. شکل Error! **No text of specified style in document.**-۵۰ انواع FTTx را نشان می‌دهد. یک شبکه نوری یک نقطه-به-چند نقطه است که به سرویس‌دهندگان اجازه می‌دهد یک فیبر نوری را بین چندین خانه یا ساختمان به اشتراک بگذارند و هیچ جزء فعالی نیز مابین دفتر و مشترک وجود ندارد. بدین وسیله هزینه توان الکتریکی، حق تقدم فضا و نگهداری تجهیزات الکترونیکی حذف می‌شود. بنابراین PONها کسری از هزینه لازم جهت فیبرهای نقطه-به-نقطه جدید یا استعمال مجدد حلقه‌های SONET/SDH موجود را در بر دارد. اگر از اجزاء فعال استفاده شود در اینصورت به آن AON[5] می‌گویند.

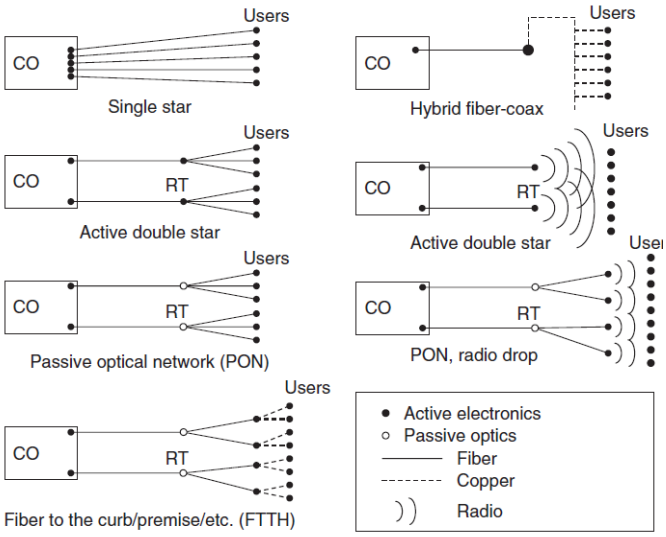
همانطور که شکل Error! **No text of specified style in document.**-۵۰ نیز نشان می‌دهد در ساده ترین حالت فیبرهای نوری متعدد از یک دفتر مرکزی CO به مشترکین نهایی متصل می‌شوند و در فرم دیگر یک ترمینال ریموت RT فعال

1 Forward error correction

2 Tandem Connection Monitoring

[3] Passive optical network
[4] Fiber to the x
[5] Active optical network

یا غیر فعال به کمک توابع مالتی‌پلکسینگ، طول مورد استفاده را کاهش می‌دهد. یک شبکه PON توسط یک RT غیر فعال شکل می‌پذیرد. مزیت روش یا معماری PON این است که هزینه‌های تجهیزات را در مقایسه با معماری point-to-point بشدت کاهش می‌دهد.



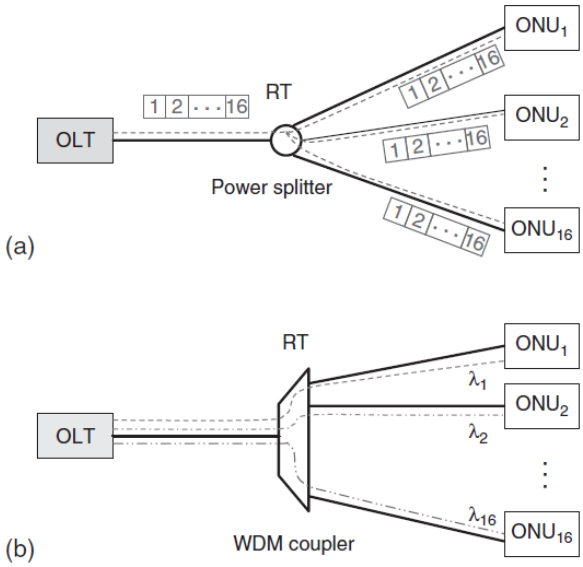
شکل Error! No text of specified style in document.**-۵۰ انواع FTTx**

شبکه PON دارای یک نود خط مرکزی یا OLT[1] است. ۲ONU واحدی است که سرویس شبکه PON را به تجهیزات مشترک مانند home gateway و یا office firewall ارائه می‌دهد. یک ONT3 نیز بخشی از یک ONU است که تجهیزات نهایی یک مشترک مانند دفتر کار یا خانه را شامل می‌شود.

مالتی پلکسینگ در دو فرم زمانی TDM-PON و طول موج WDM-PON انجام می‌گیرد. در هر دو، تجهیزات فیبر از ترمینال OLT در CO تا واحد شبکه ONU در مشترک کاملا غیر فعال است. تفاوت این دو روش در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۵۷ مشخص است. شبکه PON از مزایای WDM بهره می‌جوید یک طول موج برای ترافیک Downstream و یکی برای Upstream دارد. استانداردهای BPON، EPON، GEPON و GPON از همین مبنا استفاده می‌کنند و طول موج 1490 nm برای Downstream و طول موج 1310 nm برای Upstream است و طول موج 1550 nm نیز برای کاربردهای اختیاری (مانند ویدئو RF) رزرو شده است.

یک PON یک شبکه به اشتراک گذاشته شده است وقتی OLT یک رشته از ترافیک Downstream را می‌فرستد که توسط تمامی ONU ها دیده می‌شود. هر ONU محتویات پکتهایی که آدرس مربوط به خودش است را فقط می‌خواند. از طرفی از روش‌های رمز گذاری نیز برای حفاظت بیشتر استفاده می‌شود.

[1]Optical Line Terminal
[2]Optical Network Unit
[3]Optical Network Terminal



شکل .Error! No text of specified style in document–**۵۱– مالتی پلکسینگ در فیبر نوری a) TDMA، b) WDM**

استانداردهای مرتبط با فناوری PON، توسط موسسه ITU ارائه شده است. استاندارد ITU-T G.983.1 در سال ۱۹۹۸ بر مبنای مد ارسال غیرهمزمان یا ATM[1] بود و نام APON[2] را به خود گرفت. در تحقیقات بعدی این نسل توسعه یافت و یک نسل باند گسترده یا BPON۳ تولید شد. عموما APON/BPON ترافیک با نرخ 622Mbps در باند Downstream و 155Mbps در Upstream را در دسترس قرار می‌دهند. ورژن جدیدتر آن در سال ۲۰۰۵ و با نرخ 1244.16Mbps اضافه شد. در استاندارد G.983.1 ساختار اولیه، کاراکترهای انتقال، ساختار فریم‌ها و توابع مسافت‌یابی[4] در APON تعیین شده است. استاندارد GPON5 یا ITU-T G.984 ترقی یافته BPON است که پهنای باند بیشتری در اختیار دارد و راندمان پهنای باند آن نیز از طریق پکت‌های بزرگتر و با طول متغیر افزایش یافته است. هر چند استاندارد قابلیت استفاده از چندین نرخ دیتا را فراهم نموده است اما در صنعت نرخ 2.488Gbps برای Downstream و 1.244Gbps برای Upstream بیشتر بکار می‌رود. نرخ بیتی که استاندارد 984.2 تعریف می‌کند عبارت است از1244.16 Mbps/2488.32 Mbps برای Downstream و 155.52 Mbps/622.08 Mbps/1244.16 Mbps/2488.32 Mbps برای Upstream.

استاندارد G.987 نیز 10G-PON را با نرخ 10Gbps برای Downstream و 2.5Gbps برای Upstream تعیین کرد و GPON like را شکل داد که قابلیت همکاری با تجهیزات GPON را در یک شبکه دارند.

در واقع استاندارد G.987 را می‌توان مجموعه ای از استاندارد شبکه‌های دسترسی تحت عنوان XG-PON نامید.

[1]Asynchronous Transfer Mode
[2]ATM-PON
[3] Broadband PON
[4] ranging
[5] Gigabit-capable PON

استراتژی GPON تبعیت از ATM است اما افزایش نرخ تا گیگا بیت و رمزنگاری بهتر، پهنای باند بیشتر و استفاده از پکته هایی با طول بلند و متغیر از مزایای آن است. در واقع GPON به کمک بسته بندی ترافیک مشترک و تقسیم فریمها، QoS بهتری برای صدای حساس به تاخیر و ترافیک مخابرات ویدئو فراهم آورده است.

در سال ۲۰۰۴ اترنت PON (GEPON یا EPON) توسط IEEE 802.3ah استاندارد شد. EPON از استاندارد 802.3 و با فرمهای متقارن 1Gbps در Upstream و downstream استفاده کرد و برای کاربردهای شبکه‌های دیتا–مبنا[1] مانند سرویس‌های کامل صدا، دیتا و تصویر بکار رفت. استاندارد 10Gbps EPON یا 10G-EPON نیز از سری 802.3av که نرخ 10/1Gbps را پشتیبانی می‌کند که به طور همزمان نرخ ۱۰ گیگا را روی یک طول موج و یک گیگا را روی طول موج دیگر می‌فرستد تا هر دو استاندارد 802.3av و 802.3ah پشتیبانی شوند. تکنولوژی EPON یک تکنولوژی جهانی است که در بسیاری از نقاط بکار رفته است.

شبکه EPON جهت انتقال بهینه اطلاعات داده‌ای طراحی شده است و از همان روش‌های الحاق داده های برگشتی روی همان فیبر و TDMA استفاده می‌کند. لذا در مقابل APON که در انتقال صدا موفق است، EPON در انتقال ترافیک دیتا موفق تر است. شبکه‌های آتی مبتنی بر IP یا اترنت خواهند بود و بنابراین IP را روی EPON ها طراحی می‌گردد.

استاندارد 10 Gbit/s EPON که 10G-EPON خوانده می‌شود. این استاندارد دو وضعیت را شامل می‌شود:

- نرخ بیت متقارن 10Gbps در هر دو جهت
- نرخ بیت نامتقارن 10Gbps در جهت downstreamو 1Gbps در جهت upstream

در سال ۲۰۰۹ به عنوان IEEE 802.3av تصویب شد. فرض بر توانایی عملکرد همزمان کانال‌های 1G و 10G است چرا که 1G برروی طول موج 1260nm تا 1360 و 10G بروی طول موج 1575-1580nm انتقال می‌یابند. در جهت upstream با هم همپوشانی دارند لذا با روش تفکیک زمانی از هم جدا می‌شوند.

۳-٦-۳-۳- فناوری اترنت مبتنی بر فیبر نوری

امروزه اترنت یکی از متداول‌ترین فناوری‌های مخابراتی محسوب می‌گردد که با توجه به نرخ دیتا و فاصله قابل پوشش استانداردهای متعددی در این خصوص ارائه شده است. مدیای فیزیکی مورد استفاده در شبکه‌های اترنت بسته به نوع استاندارد متفاوت می‌باشد که فیبر نوری یکی از انواع مطرح به ویژه برای نرخ‌های بالا و پوشش فواصل طولانی در شبکه می‌باشد که بسته به استاندارد اترنت موردنظر و نرخ دیتا در هر سه لایه شبکه مخابراتی شامل دسترسی، انتقال و زیرساخت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در چنین شبکه‌هایی از سوئیچ‌های اترنت مبتنی بر فیبر نوری با قابلیت پشتیبانی از استاندارد اترنت مربوطه استفاده می‌شود. با توجه به پیشرفت‌های گسترده و قابل توجه اترنت و دستیابی به نرخ انتقال دیتا در حدود 100Gbps و بالاتر، امروزه فناوری اترنت سرعت بالای مبتنی بر فیبر نوری، به عنوان یکی از فناوری‌های مورد توجه در شبکه‌های مخابرات نوری بسیار مورد توجه قرار گرفته است. استانداردهای فناوری اترنت توسط موسسه IEEE تدوین شده و در مجموعه استاندارد IEEE 802.3 ارائه شده‌اند. در ادامه برخی از مهمترین استانداردهای مربوطه در جداول ۳ و ۴ ارائه شده‌اند. براساس مشخصه‌های فیزیکی فیبرهای نوری، نوع mutli mode فیبر برای فواصل نزدیک و نوع single mode در فواصل طولانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو چنانچه در شبکه دسترسی

[1] Data-Centric

از اترنت مبتنی بر فیبر نوری استفاده شود، در استانداردهای مربوطه نیز مدیای فیزیکی، فیبر نوری نوع multi mode درنظر گرفته شده است. همچنین در استانداردهای اترنت نرخ‌های بالاتر که در شبکه‌های انتقال و زیرساخت دیتا مورد استفاده قرار می‌گیرند، به دلیل نیاز به پوشش فواصل طولانی در این نوع شبکه‌ها، مدیای فیزیکی، فیبر نوری نوع single mode می‌باشد.

Application	Parameter	Single-mode	
		TIA 492CAAA (OS1) orTIA 492CAAB (OS2)	
	Nominal wavelength (nm)	1310	1550
Ethernet 1000BASE-LX	Channel attenuation (dB)	4.5	-
	Supportable distance m (ft)	5000 (16405)	-
Ethernet 10GBASE-LX4	Channel attenuation (dB)	6.3	-
	Supportable distance m (ft)	10000 (32810)	-
Ethernet 10GBASE-L	Channel attenuation (dB)	6.2	-
	Supportable distance m (ft)	10000 (32810)	-
Ethernet 10GBASE-E	Channel attenuation (dB)		11.0
	Supportable distance m (ft)		40000 (131240)
Ethernet 40GBASE-LR4	Channel attenuation (dB)	6.7	
	Supportable distance m (ft)	10000 (32810)	
Ethernet 100GBASE-LR4	Channel attenuation (dB)	6.3	
	Supportable distance m (ft)	10000 (32810)	

جدول .Error! No text of specified style in document-**۶۶- استانداردهای اترنت سرعت بالا مبتنی بر فیبر نوری Single mode**

Application	Parameter	Multimode Fiber Type							
		62.5/125 µm TIA 492AAAA (OM1)		50/125 µm TIA 492AAAB (OM2)		850 nm laser-optimized 50/125 µm TIA 492AAAC (OM3)		850 nm laser-optimized 50/125 µm TIA 492AAAD (OM4)	
	Nominal wavelength (nm)	850	1300	850	1300	850	1300	850	1300
Ethernet 10/100BASE-SX	Channel attenuation (dB)	4.0	-	4.0	-	4.0	-	4.0	-
	Supportable distance m (ft)	300 (984)	-	300 (984)	-	300 (984)	-	300 (984)	-
Ethernet 100BASE-FX	Channel attenuation (dB)	-	11.0	-	6.0	-	6.0	-	6.0
	Supportable distance m (ft)	-	2000 (6560)	-	2000 (6560)	-	2000 (6560)	-	2000 (6560)
Ethernet 1000BASE-SX	Channel attenuation (dB)	2.6	-	3.6	-	4.5	-	4.8	-
	Supportable distance m (ft)	275 (900)	-	550 (1804)	-	800 (2625)	-	880 (2887)	-
Ethernet 1000BASE-LX	Channel attenuation (dB)	-	2.3	-	2.3	-	2.3	-	2.3
	Supportable distance m (ft)	-	550 (1804)	-	550 (1804)	-	550 (1804)	-	550 (1804)
Ethernet 10GBASE-S	Channel attenuation (dB)	2.4	-	2.3	-	2.6	-	3.1	-
	Supportable distance m (ft)	33 (108)	-	82 (269)	-	300 (984)	-	450 (1476)	-
Ethernet 10GBASE-LX4	Channel attenuation (dB)	-	2.5	-	2.0	-	2.0	-	2.0
	Supportable distance m (ft)	-	300 (984)	-	300 (984)	-	300 (984)	-	300 (984)
Ethernet 10GBASE-LRM	Channel attenuation (dB)	-	1.9	-	1.9	-	1.9	-	1.9
	Supportable distance m (ft)	-	220 (720)	-	220 (720)	-	220 (720)	-	220 (720)
Ethernet 40GBASE-SR4	Channel attenuation (dB)	-	-	-	-	1.9	-	1.9	-
	Supportable distance m (ft)	-	-	-	-	100 (328)	-	125 (410)	-
Ethernet 100GBASE-SR10	Channel attenuation (dB)	-	-	-	-	1.9	-	1.9	-
	Supportable distance m (ft)	-	-	-	-	100 (328)	-	125 (410)	-

جدول .Error! No text of specified style in document-۶۷- استانداردهای اترنت سرعت بالا مبتنی بر فیبر نوری

٤-٦-۳-۳- مزایا و معایب فناوری مخابرات نوری

باتوجه به نیاز روزافزون به پهنای باند بالاتر در شبکه‌های مخابراتی، فناوری مخابرات نوری بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. گرچه این موضوع تا یک دهه پیش، بیشتر در حوزه مخابرات عمومی مطرح بود، اما امروزه به دلیل موضوع هوشمندسازی در حوزه‌ها و صنایع مختلف، نیاز به شبکه‌های مخابراتی با قابلیت پشتیبانی از پهنای باند و نرخ دیتای بالا در دیگر شبکه‌های مخابراتی از جمله شبکه مخابراتی صنعت برق و انرژی نیز مطرح شده است. در این قسمت به مزایا و معایب این فناوری پرداخته شده است.

مزایای فناوری مخابرات نوری عبارتند از:

- قابلیت اطمینان بالا
- مصونیت در برابر نویز و تداخل امواج الکترومغناطیسی
- نرخ دیتای بالا
- امنیت بالا
- افت سیگنال پایین
- پشتیبانی از مسافت‌های بسیار طولانی
- استقلال از خطوط برق (عملیات سوئیچینگ (قطع و وصل) سیستم قدرت هیچ تأثیری در مسیر ارتباطی فیبر نوری ندارد).

معایب فناوری مخابرات نوری عبارتند از:

- هزینه نصب و راه‌اندازی بالا
- پیچیدگی و دشواری تامین زیرساخت موردنیاز
- آسیب‌پذیری بالا و شکننده بودن فیبر و کابل
- دشواری تعمیر مجدد در صورت خرابی

۵-۶-۳-۳- کاربردهای فناوری مخابرات نوری در صنعت برق و انرژی

باتوجه به سیر تحولات بسوی هوشمندسازی شبکه قدرت، صنعت برق و انرژی با گسترش روزافزون نیازهای مخابراتی در حوزه‌های مختلف مواجه می‌باشد. از آنجا که ارتباطات مخابراتی، نقش بسیار مهمی در نحوه عملکرد و قابلیت اطمینان شبکه قدرت خواهد داشت، طراحی شبکه مخابراتی مناسب، همواره به عنوان یکی از موضوعات مهم در صنعت برق و انرژی مطرح می‌باشد. مخابرات نوری یکی از فناوری‌های به روز مطرح در حوزه مخابرات است که امروزه در شبکه مخابراتی موردنیاز صنعت برق و انرژی نیز مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به ویژگی‌های فنی و اقتصادی این فناوری به ویژه نرخ دیتا و پهنای باند بالا و همچنین هزینه‌های نصب و راه‌اندازی، به‌کارگیری این فناوری در صنعت برق و انرژی، بیشتر در حوزه انتقال موردنظر بوده است. اگرچه کاربردهایی نیز در حوزه توزیع در خصوص این فناوری مطرح می‌باشد.

درحال حاضر یکی از کاربردهای مهم فناوری مخابرات نوری در صنعت برق و انرژی، در لایه انتقال و برای ارتباطات بین شرکت‌های برق منطقه‌ای و دیسپاچینگ ملی فواصل طولانی را پوشش می‌دهد، می‌باشد.

در ایران نیز درحال حاضر یکی از مهمترین محیط‌های مخابراتی صنعت برق ایران، مخابرات نوری می‌باشد که به صورت اختصاصی ایجاد شده است. شرکت مدیریت شبکه برق ایران (IGMC[1]) مسئولیت ایجاد و توسعه این شبکه و همچنین نظارت بر روند توسعه شبکه‌های مخابرات نوری برق‌های منطقه‌ای جهت اطمینان از کیفیت عملکرد توأم این شبکه‌ها با یکدیگر و با شبکه کشوری مخابرات نوری را بر عهده دارد. از این بستر انتقال مخابراتی می‌توان برای انتقال صوت، تصویر، دیتا و فرامین کنترلی و حفاظتی بین پست‌ها، نیروگاه‌ها، مراکز دیسپاچینگ ملی و ناحیه‌ای و ساختمان‌های اداری استفاده کرد. در شبکه مخابرات نوری بخش انتقال صنعت برق کشور، درحال حاضر از فناوری SDH و NG-SDH استفاده می‌شود و در آینده نزدیک به‌کارگیری فناوری DWDM در این شبکه اجرا خواهد شد که منجر به استفاده موثر و بهینه از بستر فیبر نوری موجود می‌گردد. همچنین با توجه به اینکه هوشمند سازی در بخش‌های مختلف صنعت برق به تدریج اجرا می‌گردد، صنعت برق همواره با گسترش نیازهای ارتباطی روبرو خواهد بود و از این رو در برنامه‌های آتی، حرکت تدریجی به سوی فناوری OTN در شبکه مخابرات نوری بخش انتقال صنعت برق درنظر گرفته شده است.

کاربرد دیگری که در این حوزه مطرح می‌باشد، استفاده از فیبر نوری در ارتباطات داخل پست‌های DCS مبتنی بر IEC 61850 است که به دلیل نویزپذیری پایین، امنیت بالا و تاخیر پایین، به‌کارگیری این مدیای مخابراتی در این خصوص مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه ارتباطات داخل پست در فواصل کوتاه برقرار می‌باشند، از فیبر نوری مولتی مود بدین منظور استفاده می‌شود. همچنین از آنجا که ارتباطات هر دو شبکه باس ایستگاه و باس پردازش مطابق با استاندارد IEC61850 مبتنی بر اترنت می‌باشد، از سوئیچ‌های صنعتی اترنت نوری با قابلیت پشتیبانی از استاندارد IEC 61850 در این شبکه‌ها استفاده می‌گردد.

علاوه بر کاربردهای مذکور در حوزه مخابرات فیبر نوری، در برخی مناطق در داخل شهرها، ادارات و شرکت‌های برق منطقه‌ای نیز برای ارتباطات خود از سوئیچ‌های اترنت مبتنی بر فیبر استفاده می‌کنند که در این موارد، بسته به فاصله انتقال و استاندارد اترنت مورد نظر، نوع فیبر مشخص می‌گردد.

[1] Iran Grid Management Company

٦-٦-٣-٣- چالش های مرتفع شده توسط فناوری مخابرات نوری

در این بخش به بیان پروژه‌های مرتبط با فناوری مخابرات نوری پرداخته خواهد شد. از آنجا که کاربرد اصلی فناوری مخابرات نوری در شبکه‌های مخابرات عمومی می‌باشد و این شبکه‌ها همواره در حوزه مخابرات نسبت به دیگر صنایع پیشرو می‌باشند، لذا عمده تحقیقات و پروژه‌های مهم، توسط موسسات و سازمان‌های فعال در زمینه مخابرات انجام شده است. درواقع دیگر صنایع، ازجمله صنعت برق و انرژی در زمینه مخابرات پیشرو نبوده و همواره از تجارب و حتی از امکانات مخابرات عمومی جهت رفع نیازهای مخابراتی خود استفاده می‌نماید. برخی از پروژه‌های مرتبط با فناوری مخابرات نوری در قالب جدول Error! **No text of specified style in document.**-۶۸ بیان شده‌اند[۲۸۳-۲۸۸].

درخصوص شبکه هوشمند که آینده صنعت برق و انرژی خواهد بود، براساس مطالعه و بررسی تحقیقات صورت گرفته در سطح دنیا، شبکه مخابرات فیبر نوری همواره در شبکه‌های WAN به عنوان گزینه مناسب مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اهمیت بالای این مبحث، بخش تحقیقات حوزه مخابرات موسسه تحقیقات انرژی آمریکا (EPRI) نیز اخیرا در نتایج تحقیقات خود به این موضوع پرداخته است و کتاب راهنمای فیبر استراتژیک (شامل فاز ۱ و فاز ۲) را در سال ۲۰۱۷ چاپ نموده است. در این کتاب راهنما، به شبکه‌های فیبر نوری اختصاصی با مالکیت صنعت برق و مسایل فنی و اقتصادی پیرامون این موضوع پرداخته است. همچنین نمونه‌هایی از case-study های مختلف در این خصوص را نیز بیان نموده است. فاز بعدی بخش تحقیقات حوزه مخابرات موسسه EPRI، بررسی به‌کارگیری فیبر نوری در حوزه توزیع به منظور پشتیبانی از شبکه هوشمند و اتوماسیون توزیع می‌باشد [۲۸۹-۲۹۱].

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
MET RO-HAUL (H2020-EU.2.1.1.)	مخابرات نوری	انگلستان BRITISH TELECOMMUNICATIONS PUBLIC LIMITED COMPANY	2017-2020	7.7M €	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	هدف پروژه: طراحی و ساخت زیرساخت مترو نوری هوشمند و البته مقرون به صرفه جهت پشتیبانی از ترافیک ناشی از شبکه‌های دسترسی ناهمگن 5G با پرداخت به افزایش ظرفیت پیش‌بینی شده و ویژگی‌های خاص آن مانند تحرک، تاخیر پایین و پهنای باند بالا می‌باشد. در این پروژه زیرساخت مورد نظر قادر به پشتیبانی از طیف گسترده‌ای از برنامه‌های 5G با تاکید ویژه بر سرویس‌ها و خدمات مرتبط با ICT صنایع مختلف خواهد بود.
ROAM H202 0-EU.2.1.1.3.	مخابرات نوری	ایتالیا CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO	2015 - 2018	3 M€	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند	هدف پروژه: بررسی و نشان دادن استفاده از حالت های شتاب زاویه ای مداری (OAM) از نور برای ارتباطات و شبکه.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
		PER LE TELECOMUNICAZIONI			با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	هدف اول در این پروژه به کارگیری مودهای OAM در فیبرهای نوری به منظور افزایش ظرفیت انتقال فیبر نوری برای کاربردهای با چگالی دیتا بالا و فواصل کوتاه است. یک بستر تست انتقال با به کارگیری مالتی پلکسینگ OAM و WDM نشان داده می‌شود. هدف دوم پروژه نیز، به کارگیری OAM به عنوان منبع سوئیچینگ در ارتباط با طول موج، به منظور بهبود قابل توجه مقیاس‌پذیری و مصرف توان سوئیچ‌ها در data-centerها می‌باشد.
METEOR (FP5-IST)	مخابرات نوری	اسرائیل ECI TELECOM LTD	2000-2004	8 M €	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	هدف پروژه: طراحی، توسعه و ارائه یک شبکه MAN نوری Tera-bit. این شبکه نوری قابلیت انتقال انواع مختلف سرویس‌ها را داشته که مفهوم شفافیت خدمات را نشان می‌دهد. همچنین این شبکه نوری مبتنی بر توپولوژی حلقه بوده و ۴۰ کانال DWDM در نرخ بیت‌های تا 40Gbps، انتقال می‌دهد. پیکربندی OADMهای جدید و ماژولهای فرستنده و گیرنده سرعت بالا طراحی، ساخته و پیاده‌سازی گردید.
METON FP4-ACTS	مخابرات نوری	سوئد Ericson Telecom AB	1995 - 1998	11 M€	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	هدف پروژه: توسعه یک شبکه انتقال نوری مبتنی بر WDM با پشتیبانی از فناوری ATM/SDH به منظور تامین یک شبکه Muti-service با حجم قابل توجهی مشترکان و با روشی مقرون به صرفه.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
GIBON	مخابرات نوری	فرانسه ALCATEL THALES III V LAB	2006 - 2009	2 M€	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ - توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	هدف پروژه: در این پروژه به ترنسیورهای اپتوالکترونیک مناسب برای کاربردهای اترنت 100G پرداخته شده است. تمرکز اصلی این پروژه بر روی اجزا با بالاترین سرعت جهت به‌کارگیری در ترنسدیوسرهای اپتوالکترونیک می‌باشد.
GIANT FP5-IST	مخابرات نوری	بلژیکALCATEL BELL NV	2002-2005	3 M€	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ - توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	هدف پروژه: مطالعه، طراحی و پیاده‌سازی یک نسل جدید شبکه دسترسی نوری است که برای انتقال پکت در نرخ دیتای بالا در حدود Giga bps از یک شبکه پسیو نوری (PON) مبتنی بر TDM می‌باشد.

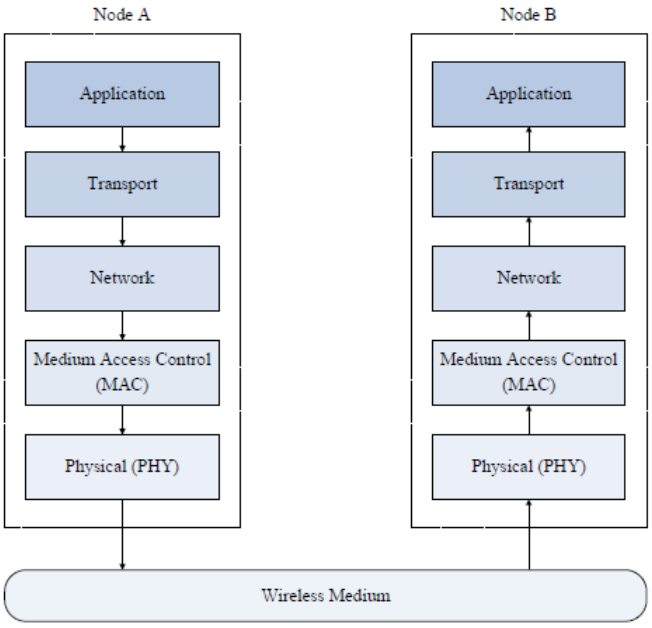
جدول .Error! No text of specified style in document-**۶۸- پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق**

۷-۳-۳- امنیت لایه فیزیکی

در یک نگاه کلی مفهوم امنیت در معنای عام محرمانگی[1]، یکپارچگی[2] و در دسترس بودن[3] داده‌ها می‌باشد که در نقطه‌ی مقابل بهره‌برداری[4] مطرح می‌شود. این سه عنصر مانند سه ضلع مثلثی می‌باشند که اطلاعات را درون خود در برابر بهره‌برداری غیرمجاز نگهداری و حفظ می‌نمایند. از سوی دیگر ارتباطات بیسیم در مدل ۷ لایه‌ای OSI[5] مطابق شکل Error! **No text of specified style in document.**-۵۲ می‌باشد که لایه فیزیکی به عنوان اولین (و پایین‌ترین) لایه شناخته می‌شود. در این

[1] Confidentiality
[2] Integrity
[3] Availability
[4] Exploit
[5] Open Systems Interconnection

لایه ویژگی‌های فیزیکی محیط انتقال، مانند نوع محیط انتقال، مدولاسیون، کدینگ منبع و کانال، نوع دسترسی چندگانه، مدارات سوئیچینگ، شکل‌دهنده پالس، تصحیح و تشخیص خطا، در هم‌نهی بیت و ... مدنظر می‌باشد.



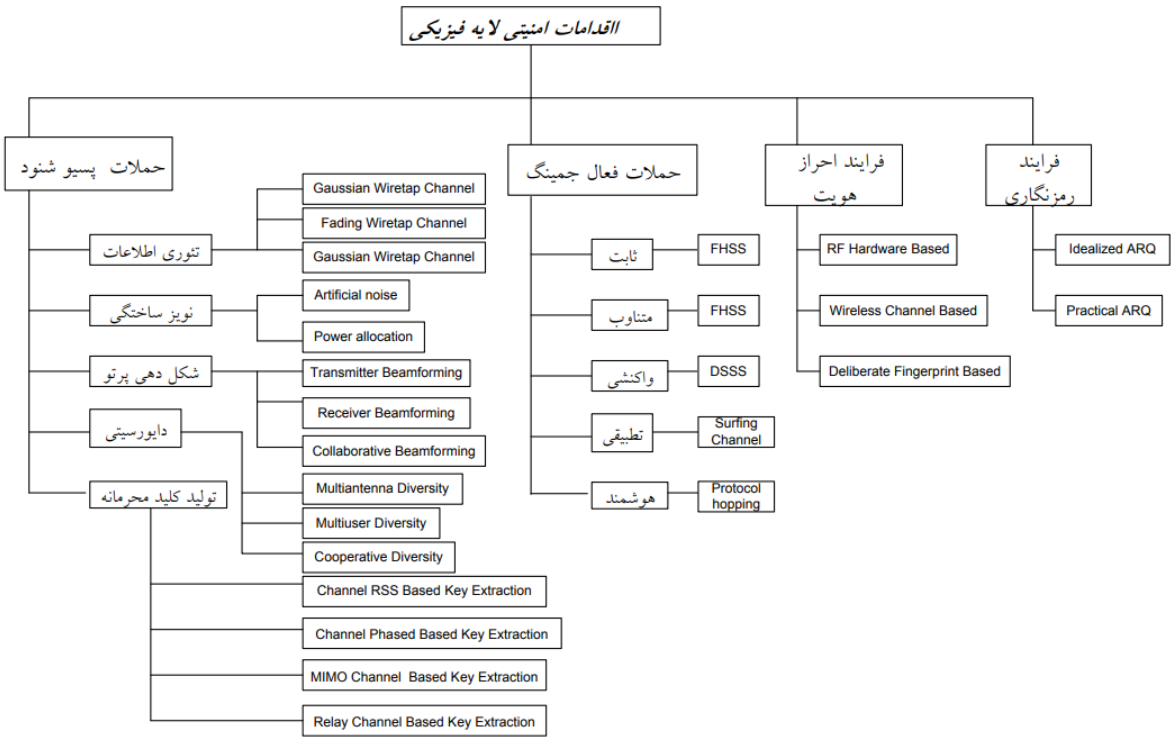
شکل .Error! No text of specified style in document**۵۲- معماری عمومی پشته پروتکلی شبکه‌های OSI متشکل از لایه کاربردی، لایه انتقال، لایه شبکه، لایه MAC و لایه فیزیکی**

حملات سایبری ممکن است در هر یک از لایه‌های ذکر شده در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۵۲ انجام شود. بنابراین اقدامات امنیتی نیز باید در تمامی لایه‌ها درنظر گرفته شود. در نتیجه با توجه به نوع پروتکل‌های ارتباطی در هر لایه چالش‌های امنیتی آنها نیز متفاوت خواهد بود و هر لایه، آسیب‌پذیری‌های امنیتی منحصر بفردی خواهد داشت. لایه فیزیکی همانطور که ملاحظه می‌شود، پایین‌ترین لایه در این معماری می‌باشد و در معرض اولین حملات امنیتی مانند جمینگ، شنود و تزریق اطلاعات قرار خواهد داشت. در سال‌های اخیر امنیت لایه فیزیکی به عنوان یک راه حل امیدوارکننده برای بهبود امنیت انتقال بیسیم با بهره‌برداری از ویژگی‌های فیزیکی کانال‌های بیسیم در حال ظهور است [۲۹۲]، [۲۹۳]، [۲۹۴].

۱-۷-۳-۳- مزایای امنیت فیزیکی

شبکه هوشمند یک سیستم ناهمگن شامل ادوات متنوع و مختلفی است که با تشکیل شبکه به برقراری ارتباط می‌پردازند. با توجه به چالش‌های امنیتی فراوان و حساسیت شبکه برق به حملات و خطرات، امنیت لایه فیزیکی به عنوان یک راه‌حل نوین برای افزایش امنیت ارتباطات شناخته می‌شود و این روش به عنوان یک مکانیزم امنیتی، می‌تواند پتانسیل بسیار زیادی در زمینه شبکه هوشمند را دارا باشد.

روش‌هایی از جمله امنیت تئوری اطلاعات، دایورسیتی، نویز ساختگی، شکل‌دهی پرتو، تولید کلید محرمانه برای حملات شنود و روش‌های طیف گسترده شامل پرش فرکانس و دنباله مستقیم به صورت فعال و واکنشی، کانال Surfing و پرش پروتکل برای مقابله با حملات جمینگ در لایه فیزیکی مطرح شده است. انواع روش های امنیت فیزیکی در برابر حملات مختلف در شکل **No text of specified style in document.**-۵۳ Error! نشان داده شده است. این روش‌ها علاوه بر افزایش مقاومت شبکه در برابر حملات و خرابکاری‌ها، تأخیر ناشی از مکانیزهای امنیتی را در شبکه را نیز کاهش می‌دهند.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۵۳– روش‌های امنیتی در لایه فیزیکی [۲۹۵]**

۲-۷-۳-۳- مشکلات امنیت فیزیکی

مشکلات پیاده‌سازی، افزایش بار محاسباتی، پیچیدگی‌های بیشتر ماجول‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، اتلاف بخشی از منابع و اختصاص آنها به فعالیت‌های ضد حملات، افزایش هزینه برای بالابردن امنیت، تأخیر بیشتر در تبادل اطلاعات، عدم کارآیی روش‌های امنیتی و نیاز به تکنیک‌های نوین نمونه‌هایی از مشکلات موجود در بخش مطالعات و کاربرد امنیت لایه فیزیکی به شمار می‌روند. علاوه بر آن مشکل حملات ترکیبی در لایه فیزیکی وجود دارد یعنی بسیاری از اقدامات امنیتی در لایه فیزیکی تنها مربوط به حملات استراق سمع، بدون در نظر گرفتن حملات DOS1 و DDOS۲ می‌باشد. لذا ارائه روش‌های امنیتی در لایه فیزیکی که بتواند در برابر حملات ترکیبی مانند شنود و DOS مقاوم باشد یک چالش اساسی در این لایه محسوب می‌شود. چالش دیگر امنیت لایه فیزیکی بهینه‌سازی مشترک امنیت، قابلیت اطمینان و توان عملیاتی۳ می‌باشد. چراکه امنیت، قابلیت اطمینان و توان عملیاتی عوامل محرکه اصلی برای توسعه شبکه‌های بیسیم را تشکیل می‌دهند و بهبود هر کدام ممکن است باعث از دست دادن پارامتر دیگر شود.

---

1 - denial-of-service

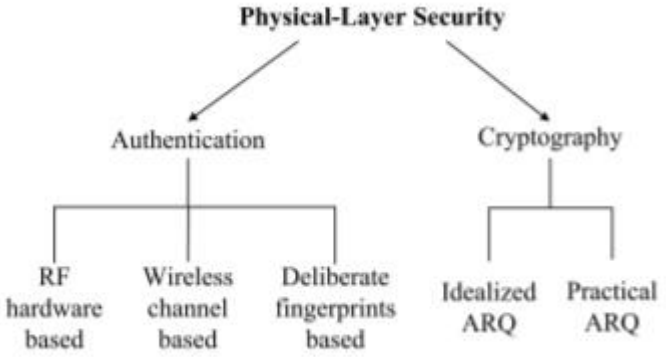
2 - distributed denial-of-service

3 - throughput

به عنوان مثال، قابلیت اطمینان و توان عملیاتی لینک اصلی را می‌توان با افزایش توان افزایش داد که خود باعث افزایش ظرفیت کانال استراق خواهد شد. یا افزایش نسبت سیگنال به نویز سطح امنیت را کاهش خواهد داد و نهایتا قابلیت اطمینان تقلیل می‌یابد. بنابراین، بررسی بهینه‌سازی مشترک امنیت، قابلیت اطمینان و توان عملیاتی به خاطر حفظ ارتباطات بیسیم امن به عنوان یک چالش در آینده باید حل شود.

۳-۷-۳-۳- روش‌های احراز هویت و رمزنگاری در لایه فیزیکی

احراز هویت و رمزنگاری از روش‌های برجسته در معماری امنیتی شبکه بیسیم برای فراهم‌سازی صحت و یکپارچگی مورد نیاز شبکه‌های بیسیم می‌باشد. لذا در سال‌های اخیر تحقیقاتی به این دو مکانیزم امنیتی در لایه فیزیکی اختصاص داده شده است. مطابق شکل **No text of specified style in document.**-Error! ۵۳ این دو مکانیزم امنیتی در لایه فیزیکی با روش‌های خاصی قابل پیاده‌سازی می‌باشد که تاخیر کمتری را به لحاظ تبادل کلیدهای رمزنگاری و احراز هویت به شبکه بیسیم اعمال می‌کند. احراز هویت در لایه فیزیکی از خواص سخت افزاری فرکانس رادیویی (دستگاه‌های مبتنی بر اثر انگشت) و یا ویژگی‌های کانال‌های انتشار بیسیم (فیدینگ متغیر با زمان) استفاده می‌کند [۲۹۶]،[۲۹۷]،[۲۹۸]. همچنین توزیع و مدیریت کلیدهای رمزنگاری یک کار چالش برانگیز در شبکه‌های بیسیم است که برای این منظور، رمزنگاری لایه فیزیکی با بهره‌برداری از درخواست تکرار اتوماتیک یا ARQ مطرح شده است [۲۹۹]،[۳۰۰]،[۳۰۱].



شکل .Error! No text of specified style in document-**۵۴- روش‌های احراز هویت و رمزنگاری در لایه فیزیکی**

٤-۷-۳-۳- کاربردهای امنیت فیزیکی در صنعت برق و انرژی

استفاده از روش‌های نوین امنیت فیزیکی در کنار تکنولوژی‌های ارتباطی منجر به بهبود عملکرد بخش‌های مختلف شبکه هوشمند خواهد شد. جزئیات پروژه‌های مرتبط با امنیت در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۵۵ نشان داده شده‌اند.

نام پروژه	کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
SPARKS	اتریش	۴.۸ M€ ۲۰۱۴-۲۰۱۷	چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	یکی از مفاهیم اصلی تمرکز این پروژه بر تکنولوژی‌های حفاظت سخت‌افزاری برای کنتورهای هوشمند می‌باشد.

SEGRID	هلند	۴.۵ M€ ۲۰۱۴–۲۰۱۷	چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	بررسی امنیت و حفاظت شبکه در مقابل حملات سایبری در حوزه‌های کنتورهای هوشمند، DGها، مدیریت شبکه و تغییر پیکربندی شبکه
SCISSOR	فرانسه	۳.۵ M€ ۲۰۱۵– ۲۰۱۸	چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	پایش امنیت در لایه‌های پایش، کنترل (شامل رمزنگاری داده)، تحلیل و تصمیم‌گیری
SerIoT	لهستان	۵ M€ ۲۰۱۸–۲۰۲۰	چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	شامل بررسی امنیت در لایه فیزیکی
AFTER	ایتالیا	۵ M€ ۲۰۱۱– ۲۰۱۴	چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	به کارگیری تکنیک‌های امنیت فیزیکی و روش‌های دفاعی برای جلوگیری و محدود کردن خطا
PHYLAWS	فرانسه	€ 4 066 970 ۲۰۱۲– ۲۰۱۶	چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	احراز هویت در لایه فیزیکی و افزایش بازده طیفی

جدول .Error! No text of specified style in document–۵۵– پروژه‌های امنیت فیزیکی در صنعت برق و انرژی

۸-۳-۳- امواج الکترومغناطیس و شیلدینگ

امروزه وسایل و ادوات الکترونیکی زیادی در زندگی انسان‌ها وجود دارند و می‌توان گفت بدون وجود آن‌ها زندگی انسان‌ها دچار اختلال خواهد شد. همچنین برقراری ارتباط با دیگر وسایل از ملزومات زندگی امروزی است و با پیشرفت علم و فناوری مخابرات سیار و بی‌سیم رشد بسیار زیادی داشته‌اند. یکی از مواردی که می‌تواند منجر به ایجاد اختلال در وسایل الکترونیکی شود تابش امواج الکترومغناطیسی با توان بالا است. ایجاد میدان الکتریکی بالا در بردهای الکترونیکی می‌تواند بین پایه‌های المان‌هایی مانند خازن، ترانزیستور و غیره تولید جرقه نماید و این پدیده باعث از بین رفتن یا به اصطلاح سوختن آن المان و از کار افتادن برد الکترونیکی می‌گردد.

می‌توان تخریبی که بر ادوات الکترونیکی از طریق تابش امواج صورت می‌گیرد را به تخریب بلند دائمی و غیر دائمی نیز تقسیم نمود. در صورتی که توان موج الکترومغناطیسی به حدی بالا باشد که برد بسوزد و المان‌های آن از بین برود تخریب دائمی رخ داده است و برای اینکه برد بتوانند درست کار کند باید المان‌ها یا قسمت‌هایی از برد تعویض شوند. در بعضی موارد دامنه میدان به حدی نیست که المان را از بین ببرد و صرفا خازن‌ها بیش از حد شارژ شده یا ترانزیستورها به حالت اشباع می‌روند و در صورتی که میدان الکترومغناطیسی قطع شود اختلال در آن وسیله الکترونیکی نیز از بین می‌رود. البته در بعضی مواقع نیز ممکن است با قطع میدان الکترومغناطیسی وسیله به حالت اول برنگردد و نیاز به خاموش و روشن کردن داشته باشد.

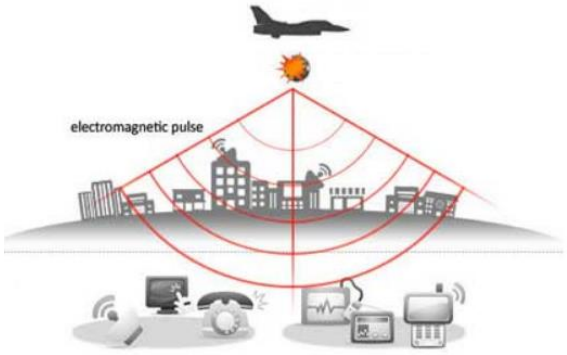
صنعت برق کشور به عنوان یکی از مراکز مهم و کلیدی کشور تلقی می‌شود که اگر از کار بیفتد تقریبا منجر به فلج شدن کل جامعه می‌گردد. از این رو مراکز کنترلی در صنعت برق کشور و تجهیزات آن حفاظت خاصی را می‌طلبند. یکی از مواردی که می‌تواند منجر به ایجاد اختلال در شبکه برق گردد امواج الکترومغناطیسی پالسی و ناگهانی با دامنه بالاست. این امواج می‌تواند توسط سلاح‌های پالسی تولید شود و به تجهیزات الکترونیکی آسیب دائمی وارد نماید. گرچه مبحث بمب‌های الکترومغناطیسی نوظهور

نیست اما مولدهای پالسی و تجهیزات ارسال موج (آنتن) در طول زمان در حال تکامل هستند و به سمت تجهیزات کم‌حجم‌تر و با قدرت بیشتر پیش می‌روند. به طور کلی می‌توان مولدهای پالسی را به مولدهای پهن باند و باریک باند تقسیم نمود که هر یک آنتن خاص خود را برای ارسال نیاز خواهند داشت.

همان‌طور که برای شبکه موبایل، بهداشت الکترومغناطیسی یکی از دغدغه‌هاست که با سلامت مردم در ارتباط است، این مساله برای شبکه برق نیز مطرح است. البته امواج الکترومغناطیسی برحسب باند فرکانسی می‌توانند تاثیرات مختلفی بر بدن انسان و محیط زیست داشته باشند و هر چه اندازه این میدان‌ها قوی‌تر باشد تاثیرگذاری آن‌ها نیز بیشتر خواهد بود. در شبکه موبایل امواج الکترومغناطیسی در فرکانس‌های ۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگاهرتز هستند و در نزدیکی آنتن‌های فرستنده اندازه‌ای حداکثر در حدود میلی وات دارند، اما در شبکه برق اندازه امواج الکتریکی و مغناطیسی در نزدیکی کابل‌های برق بسیار بالاتر است و فرکانس این امواج نیز در حدود ۵۰ هرتز و شبه ساکن است. البته بهداشت الکترومغناطیسی در شبکه برق، چالش جدیدی نیست و استانداردهایی نیز برای فاصله مناطق مسکونی از خطوط انتقال ولتاژ بالای برق تدوین شده است، اما مساله زمان و جهش‌های ژنتیک در اثر میدان‌های ضعیف با پایش محیط زیست و سلول‌های زنده که در معرض این میدان‌ها به صورت طولانی مدت قرار دارند باید مورد بررسی قرار گیرد.

علاوه بر موارد ذکر شده شبکه برق به سمت شبکه هوشند و ایجاد خانه‌های هوشمند و شهر هوشمند پیش می‌رود. در این محیط‌ها لازم است که حسگرهای زیادی نصب شده و همه با یکدیگر در ارتباط باشند که خود سطح میدان امواج الکترومغناطیسی را بالا خواهد برد. این مساله از دو جنبه بهداشت الکترومغناطیسی و سازگاری الکترومغناطیسی می‌تواند حائز اهمیت باشد و هر دو نیز به تدوین استانداردهای جدیدی منطبق با تجهیزات و باندهای فرکانسی مورد استفاده دارند.

۱-۸-۳-۳- مباحث کاربردی سازگاری الکترومغناطیس در صنعت برق

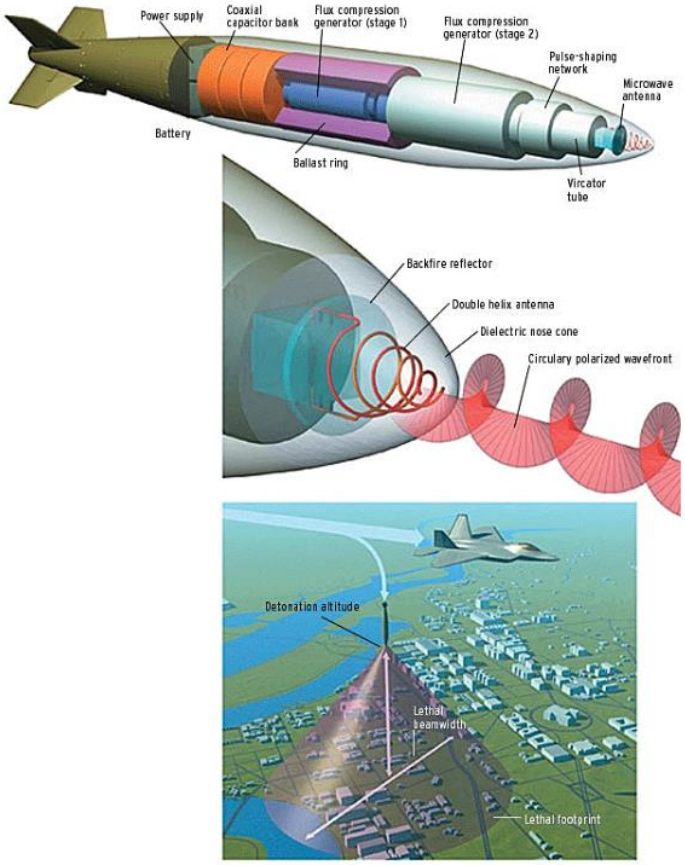


شکل .Error! No text of specified style in document-**۵۶-استفاده از بمب الکترومغناطیسی برای ایجاد اختلال در وسایل برق**

۱-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار بمب‌های الکترومغناطیسی بر تجهیزات الکترونیکی شبکه برق

همان طور که در شکل **.No text of specified style in document** !Error-۵۶ نشان داده شده است، بعضی مواقع تابش امواج می‌تواند به طور عمدی و برای حمله به مراکز حساس دشمن صورت گیرد. از آنجایی که در اکثر مراکز حساس

مانند مراکز داده[1]، مراکز کنترلی شبکه برق، مخابرات و رادارها، تجهیزات الکترونیکی وجود دارد، می‌توان با تولید یک موج الکترومغناطیسی قوی اختلال دائمی یا موقت در این مراکز بوجود آورد [۳۰۲]. از این موج با نام بمب الکترومغناطیسی نیز یاد می‌شود و یکی از ملزومات پدافند غیرعامل ایجاد پوشش مناسب برای جلوگیری از آسیب این نوع حملات الکترومغناطیسی است. معمولا این پالس توسط یک سیم‌پیچ ایجاد می‌شود که مقدار اندوکتانس آن با یک انفجار تغییر می‌کند و جریان بالایی روی آنتن ارسال می‌شود. شمایی از داخل یک بمب الکترومغناطیسی در شکل Error! **No text of specified style in document.**–۵۷ آورده شده است [۳۰۳]. راهکار اصلی مقابله با بمب الکترومغناطیسی محفظه‌های پوشش الکترومغناطیسی هستند که در ادامه به آن پرداخته شده است.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۵۷- تجهیزات داخل یک بمب الکترومغناطیسی**

[1] Data center



شکل .Error! No text of specified style in document**۵۸- نمونه‌ای از محفظه پوشش الکترومغناطیسی**

- محفظه پوشش الکترومغناطیسی

یکی از راه‌هایی که می‌توان از اثر امواج الکترومغناطیسی بر تجهیزات الکترونیکی جلوگیری نمود استفاده از پوشش مناسب است برای مثال پدافند غیر عامل برای مراکز داده سه سطح مختلف قرار داده که هر یک دارای ضریب تاثیر پوشش[1] خاصی هستند و هر چه کاربرد تجهیزات حساس‌تر باشد این پارامتر نیز باید کوچکتر باشد. این پارامتر از نسبت توان موج دریافت شده داخل محفظه پوشش به توان موج دریافتی بیرون از محفظه بدست می‌آید. این نسبت برای فرکانس‌های مختلف و همچنین نقاط مختلف بدست آمده و متوسط گیری می‌شود. از لحاظ تئوری یک محفظه‌ای فلزی بدون هیچ درز و سوراخی هیچ موج الکترومغناطیسی را به درون خود راه نمی‌دهد، اما ایجاد چنین محفظه‌ای از لحاظ عملی غیرممکن است زیرا تجهیزات الکترونیکی نیاز به برق تغذیه، تهویه هوا و دری برای ورود وخروج دارند که همه این‌ها باعث می‌شود قسمتی از موج تابشی به درون محفظه راه یابد. درها و دریچه‌های تهویه و سوراخ‌هایی که برای عبور دادن سیم و فیبر به داخل محفظه مورد استفاده قرار می‌گیرند، همگی دارای طراح‌های خاصی هستند [۳۰۲]. نکته دیگر این‌که گرچه پوشش الکترومغناطیسی از ورود امواج به داخل محفظه جلوگیری می‌کند ولی از خروج امواج به بیرون نیز جلوگیری می‌نماید. در نتیجه آنتن وسایل مخابراتی را نمی‌توان داخل محفظه قرار داد و برای آنتن باید از محافظ‌های دیگری مانند محدودکننده‌های پلاسمایی[2] استفاده شود.

از آنجایی که هزینه ساخت و تست و دریافت گواهی اتاق پوشش الکترومغناطیسی بالاست در اکثر موارد برای مراکز حساس و به منظور مقابله با بمب الکترومغناطیسی ساخته می‌شوند. به این ترتیب حمله الکترومغناطیسی از هر جهتی انجام گیرد به نتیجه نخواهد رسید، اما در مواردی که اختلال غیر عمد باشد معمولا سعی می‌شود منبع اختلال شناسایی شده و از جاذب یا انعکاس دهنده در مکان مناسب در مسیر موج بین منبع اختلال تا وسیله مورد نظر استفاده شود.

[1] Shielding effectiveness

[2] Plasma Limiter

۲-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار امواج رعد و برق و بمب‌های هسته‌ای بر خطوط انتقال برق

همان‌طور که در شکل **No text of specified style in document.** !Error-۵۹ نشان داده شده است، یکی از اثرات امواج بر روی خطوط انتقال و توزیع برق می‌تواند اثر امواج میدان‌های قدرتمندی مانند رعد و برق یا امواج ناشی از بمب‌های هسته‌ای باشد. در سال ۱۹۴۵ با آزمایش‌های بمب‌های هسته‌ای معلوم شد که این بمب‌ها می‌توانند امواج الکترومغناطیسی بزرگی در فرکانس‌های پایین ایجاد کنند و بر روی خطوط برق تاثیر بگذارند. تاثیر این امواج بر روی خطوط به صورت یک اضافه ولتاژ و جریان خود را نشان می‌دهد و می‌تواند در طول خطوط منتقل شود. در شبکه برق که خطوط شبکه به یکدیگر متصل هستند این اضافه بار می‌تواند به شبکه‌های مجاور نیز منتقل شود. گرچه با انتشار در طول خطوط مقداری از این اضافه بار تضعیف می‌شود ولی می‌تواند به عایق‌ها و ترانسفورماتورها آسیب بزند [۳۰۴].



شکل .Error! No text of specified style in document-**۵۹-خطوط برق در معرض امواج بزرگ الکترومغناطیسی**

- راهکار استفاده از فیلتر

از آنجایی که هنگام رعد و برق یک ولتاژ ناگهانی بر روی خطوط برق ایجاد می‌شود، می‌توان آن را یک سیگنال که دارای مولفه‌های فرکانس بالای پر قدرتی است به حساب آورد. فرکانس برق شهر برابر ۵۰ هرتز است که فرکانس پایینی محسوب می‌گردد. در نتیجه برای این که برق شهر بتواند به راحتی در خطوط جریان داشته باشد اما سیگنال‌های دارای فرکانس‌های بالا مانند ولتاژ ناشی از رعد و برق یا پالس ناشی از بمب الکترومغناطیس نتواند روی این خطوط حرکت کند از فیلترهای فرکانسی استفاده می‌شود که معمولا فیلترهای پایین گذر هستند و در انتهای خطوط نصب می‌شوند [۳۰۵].

۳-۱-۸-۳-۳- چالش و راهکار سازگاری الکترومغناطیسی در شبکه شهر هوشمند

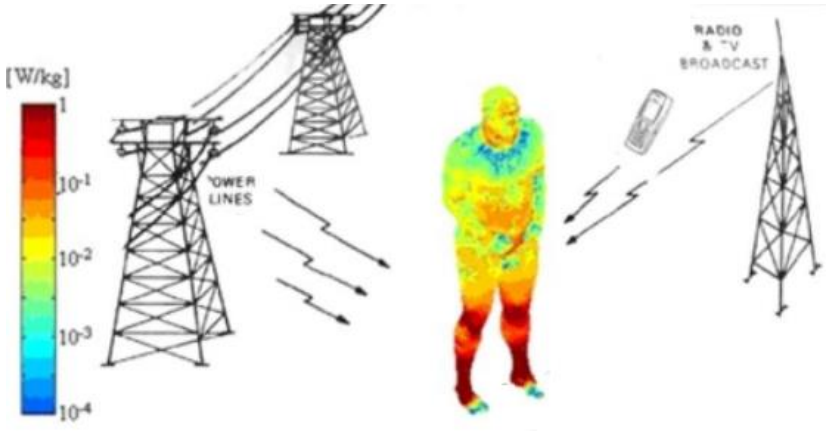
در مواردی نیز اختلال بوجود آمده از تابش امواج الکترومغناطیسی به طور عمدی و به منظور مختل کردن عملکرد تجهیزات الکترنیکی صورت نگرفته است و به بیشتر به صورت ناخواسته و بدون طراحی قبلی این اتفاق افتاده است. برای جلوگیری از این گونه اختلالات هر وسیله برقی باید از لحاظ ایجاد تشعشعات مورد بررسی قرار گیرد و استانداردهای سازگاری الکترومغناطیسی را دریافت کند تا بتواند در کنار تجهیزات الکترونیکی دیگر بدون ایجاد مشکل کار کند. برای مثال اینورترهای سه فاز که با استفاده از سوئیچزنی شکل موج‌های سینوسی را بوجود می‌آورند، تشعشعات الکترومغناطیسی زیادی در اطراف خود ایجاد می‌کنند که می‌تواند وسایل و تجهیزات دیگر را از کار بیندازد [۳۰۶].

امروزه مفاهیمی مانند شبکه هوشمند، شهر هوشمند و خانه هوشمند با بکارگیری حسگرها و کنتورهای هوشمند و ارتباط آن‌ها با واحدهای کنترلی در حال محقق شدن است. این مفاهیم در کنار فناوری‌های دیگری اینترنت اشیا نیاز به ارتباطات بی‌سیم و با سیم زیادی با دیگر اجزای شبکه دارند. امروزه ارتباطات بی‌سیم به دلیل سیار بودن و قابلیت تغییر محل فرستنده و گیرنده بدون صرف

هزینه بسیار مورد توجه هستند و این باعث شده که شبکه‌های مخابراتی زیادی برای ایجاد این ارتباطات پیشنهاد شود. همان‌طور که گفته شد امروزه از مقیاس‌های کوچک خانگی تا مقیاس‌های شهری و برون مرزی انواع مختلف ارتباطات بی‌سیم را در اختیار داریم. گرچه این شبکه‌ها تسهیلات زیادی برای انسان امروزی بوجود آورده‌اند اما افزایش سطح سیگنال‌های مختلف در فضای اطراف یک وسیله باعث می‌شود که دریافت سیگنال اصلی برای آن وسیله سخت‌تر شود. معمولا گیرنده‌ها پارامتری به نام نسبت سیگنال به نویز دارند که نشان می‌دهد سیگنال اصلی چقدر نسبت به سیگنال‌های نامربوط دریافت شده قوی‌تر است که در حقیقت حد آستانه گیرندگی را مشخص می‌نماید. یکی از پروژه‌های مهمی که برای هوشمندسازی شبکه، شهر و خانه در حال پیگری است ایجاد یک استاندارد جامع برای سازگاری الکترومغناطیسی آن‌ها است [۳۰۷].

- راهکار تدوین یک استاندارد جدید برای شهر هوشمند

برای هماهنگ شدن کلیه دستگاه‌های مخابراتی که در یک خانه هوشمند یا شهر هوشمند کار می‌کنند لازم است تا استانداردهای همگانی معتبری تدوین شود و در این استانداردها رشد روزافزون وسایل مخابراتی و باندهای فرکانسی و میزان تشعشع مجاز برای وسایل در نظر گرفته شود.



شکل .Error! No text of specified style in document–۶۰– تاثیر امواج بر بدن انسان

٤-١-٨-٣-٣- چالش و راهکار امواج ناشی از خطوط انتقال بر بدن انسان و تجهیزات الکترونیکی

در قسمت‌های قبلی بیشتر در مورد تاثیر امواج الکترومغناطیسی بر تجهیزات شبکه بحث شد اما در این قسمت، تاثیر امواجی که توسط خطوط انتقال برق تولید شده بر تجهیزات و بدن انسان مورد بررسی قرار می‌گیرد. خطوط برق به دلیل متغیر بودن با زمان و داشتن سطح بالای ولتاژ و جریان خود مولد امواج الکترومغناطیسی قویی هستند. اثر امواج الکترومغناطیسی خطوط انتقال و فشار قوی می‌تواند مانند امواج موبایل و حتی خیلی بیشتر از آن تاثیر منفی بر روی بدن انسان داشته باشد. برای این منظور استانداردهایی برای فاصله مناطق مسکونی از خطوط برق در نظرگرفته شده است که متاسفانه در بسیاری از نقاط روستایی و شهرهای کوچک کشور این فاصله رعایت نمی‌شود. از طرفی برای کارکنان شرکت برق که وظیفه نصب و راه‌اندازی تجهیزاتی یا تعمیراتی را در اطرافدکل‌های برق دارند نیز این مساله می‌تواند خطر آفرین باشد. امواج در فرکانس‌های مختلف می‌تواند تاثیرات مختلفی بر بدن داشته باشد و هر چه دامنه این امواج بیشتر باشد اثرگذاری آن‌ها نیز بیشتر خواهد بود. در فرکانس‌های پایین خطوط برق معمولا اثر

میدان مغناطیسی قوی‌تر است [۳۰۸] و [۳۰۹]. امواج الکترومغناطیسی می‌توانند در بافت‌ها جذب شوند و منجر به بالا رفتن دما و از بین رفتن سلول‌ها شوند که این مقدار گرمای جذب شده توسط پارامتر نسبت جذب ویژه SAR[1] نشان داده می‌شود.

- راهکار

وسایلی که درنزدیکی خطوط برق مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌بایست بتوانند در مقابل انرژی مغناطیسی قوی مقاوم باشند و استاندارد خاصی برای این وسایل باید در نظر گرفته شود. از طرفی برای افرادی که در نزدیکی این خطوط برای نصب و نگه‌داری فعالیت می‌کنند باید با استفاده از پوشش‌های مناسبی که قابلیت پوشیده شدن داشته باشند از تاثیر امواج خطوط حفظ شوند [۳۱۰].

۲-۸-۳-۳- چالش های مرتفع شده توسط EMC در صنعت برق

در جدول **.No text of specified style in document** !Error-۶۹ فهرستی از پروژه‌هایی که در زمینه سازگاری الکترومغناطیسی در صنعت برق وجو دارد ارائه شده است.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
اثر رعد و برق و صاعقه بر روی خطوط شبکه برق [۳۰۵و۳۰۶]	EMI	ایتالیا/ دانشگاه بلونیا	۲۰۱۹	چالش ۵ بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	بررسی عملکرد خطوط شبکه برق هنگام رعد و برق و تحمل خطوط برق نسبت به ولتاژهای ناگهانی
اثر رعد و برق بر روی مقره‌ها [۳۰۷]	EMI	هند / National institute of technology Meghalaya	۲۰۱۸	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	رعد و برق باعث ایجاد یک ولتاژ ناگهانی در سیم‌های برق شده که منجر به جرقه زدن در مقره‌ها می‌شود. این اثر در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.
استانداردسازی EMC برای کاربرد اینترنت اشیا [۳۰۸]	EMC	چین/ Hunan University	۲۰۱۸	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبک	بررسی سازگاری الکترومغناطیسی سیستم‌های مخابراتی MIMO که در مخابرات IoT کاربرد دارند.
مشخصات امواج در نقاط مسکونی نزدیک به خطوط برق [۳۰۹]	EMC	برونه‌ای	۲۰۱۶	چالش ۷- رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن معیارهای طراحی جدید	اندازه‌گیری میدان‌های مغناظیسی و الکتریکی در نزدیکی کابل‌های فشار قوی
تاثیر امواج در راه نزدیک بر روی وسایل صنعتی	EMC	برزیل/ Federal University of Santa	۲۰۱۸	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبک	در این مقاله به اندازه‌گیری میدان‌های راه نزدیک برای آنتن‌های مورد استفاده در کاربردهای اینترنت اشیاء و

[1] Specific Absorption Ratio

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
		Catarina, Brazil			اختلال ناشی از امواج آنتن‌ها بر روی وسایل صنعتی پرداخته شده است.

جدول **Error! No text of specified style in document.**-۶۹- پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های سازگاری الکترومغناطیسی در صنعت برق

۹-۳-۳- انتقال برق بی سیم

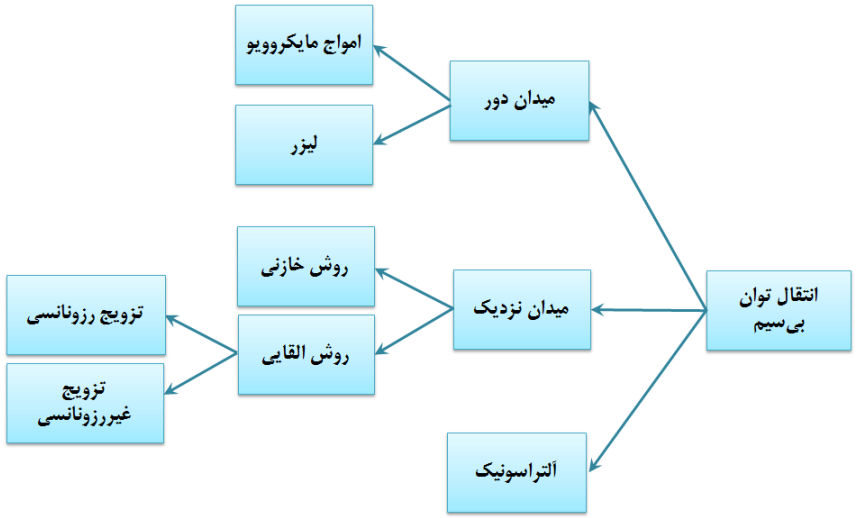
انتقال توان بی‌سیم از جمله فناوری‌های به روز در دنیا محسوب می‌گردد و تحقیقات بسیاری را در موسسات تحقیقاتی و دانشگاه‌های مختلف جهان به خود اختصاص داده‌است. با گسترش فناوری انتقال توان بیسیم، کاربردهای متعددی از آن در حوزه شبکه هوشمند نیز مطرح شده‌است. در حال حاضر روش‌های مختلفی درخصوص فناوری انتقال توان بیسیم وجود دارد. فناوری‌های انتقال توان بیسیم با توجه به نحوه عملکرد و مکانیزم به کار رفته جهت انتقال توان، به دو دسته انتقال توان به فواصل دور و انتقال به فواصل نزدیک تقسیم می‌شوند. در انتقال توان بیسیم به فواصل نزدیک که از تزویج میدان‌های غیر تشعشعی برای انتقال توان استفاده می‌شود، به دلیل وجود کاربردهای بیشتر و نیز مشکلات و موانع کمتر نسبت به انتقال توان بیسیم به فواصل دور، پیشرفت‌های بیشتری حاصل شده است به طوری که در حال حاضر در انتقال توان در سطح پایین نمونه‌های تجاری مانند شارژرهای بیسیم گوشی‌های موبایل در سطح دنیا ارائه شده‌اند. در سطح توان متوسط و بالا نیز همچنان تحقیقات زیادی در حال انجام می‌باشد و برخی محصولات در این حوزه در مراحل پیش‌تجاری هستند. در نقطه مقابل، انتقال توان بیسیم به فواصل دور، که انتقال انرژی از ماهواره‌های خورشیدی فضایی به عنوان یک هدف بزرگ مد نظر محققان این حوزه بوده است، به دلیل مشکلاتی از جمله بزرگی ابعاد آنتن فرستنده، راندمان انتقال نامطلوب و مخاطرات متعدد ایمنی همچنان در حوزه تحقیقاتی باقی مانده است و پیشرفت چشمگیری از آن در سال‌های اخیر مشاهده نشده است.

انتقال توان بیسیم به فواصل نزدیک بر حسب میزان توان انتقالی به سه سطح پایین، متوسط و بالا تقسیم می‌شود و هر یک دارای کاربردهای خاص خود هستند. هر کدام از روش‌های انتقال توان بیسیم با توجه به فناوری به‌کار رفته، مشخصاتی دارند که آنها را برای کاربردهای مختلفی مناسب می‌کند. از جمله مهم‌ترین مشخصات هر یک از روش‌های انتقال توان بیسیم، فرکانس کاری، فاصله، سطح توان انتقالی و بازدهی می‌باشد که هریک از این پارامترها بر اساس مکانیزم به کار رفته در روش‌های مختلف، متفاوت خواهد بود. از میان انواع روش‌های انتقال توان بیسیم در فواصل نزدیک، روش القایی رزونانسی به دلیل فراهم نمودن امکان انتقال توان در فواصل دورتر و با بازده بالاتر، حساسیت کمتر نسبت به همراستایی فرستنده و گیرنده و امکان انتقال توان از یک فرستنده به چند گیرنده، دارای مزایای بیشتری بوده و اخیرا مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. در ادامه انواع روش‌های انتقال توان بیسیم شرح داده شده است[۳۱۱].

۱-۹-۳-۳- انواع روش‌های انتقال توان بیسیم

در حال حاضر روش‌های مختلفی درخصوص فناوری انتقال توان بیسیم وجود دارد که هریک از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند که سبب شده تا هریک برای کاربرد خاصی مناسب باشند. فناوری‌های انتقال توان بیسیم با توجه به نحوه عملکرد و

مکانیزم به کار رفته جهت انتقال توان، به سه دسته انتقال توان در ناحیه میدان دور[1]، انتقال توان در ناحیه میدان نزدیک[2]و انتقال توان با استفاده از امواج آلتراسونیک تقسیم می‌شوند [۳۲۲-۳۱۱]. انواع روش‌های مطرح در زمینه انتقال توان بیسیم در شکل **No text of specified style in document.**-Error! ۶۱ نشان داده شده است.



شکل -Error! No text of specified style in document. **۶۱- انواع روش‌های انتقال توان بیسیم**

در ناحیه میدان دور، انتقال توان از طریق تشعشع[3] امواج الکترومغناطیسی در فضای آزاد انجام می‌شود و انرژی از طریق انتشار امواج الکترومغناطیسی در فواصل بزرگتر از دو برابر طول موج تا مسافت‌های خیلی طولانی منتقل می‌گردد. دو روش متداول انتقال انرژی در ناحیه میدان دور، استفاده از امواج مایکروویو و لیزر می‌باشد.

انتقال توان در میدان نزدیک، از طریق تزویج میدان‌های غیر تشعشعی انجام می‌شود و انرژی در فاصله کمتر از یک طول موج منتقل می‌شود و برای کاربردهای انتقال توان در فاصله کوتاه و متوسط کاربرد دارد. در ناحیه میدان نزدیک، انتقال توان به دو صورت خازنی و القایی انجام می‌گیرد. روش خازنی بر مبنای القای امواج الکتریکی بوده و کاربردهای محدود و خاصی دارد. روش القایی، بر مبنای القای امواج مغناطیسی است و خود به دو روش رزونانسی و غیر رزونانسی قابل تحقق است. روش غیر رزونانسی سابقه طولانی‌تری نسبت به روش القایی رزونانسی دارد اما اخیرا روش رزونانسی به دلیل امکان افزایش فاصله بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

استفاده از امواج آلتراسونیک روش دیگری برای انتقال توان بیسیم است که در چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است و در آن انتقال توان از طریق امواج صوتی که از نوع امواج مکانیکی هستند، تحقق می‌یابد. در ادامه هریک از این روش‌ها معرفی می‌شوند.

۱-۱-۹-۳-۳- انتقال توان بیسیم در ناحیه میدان دور

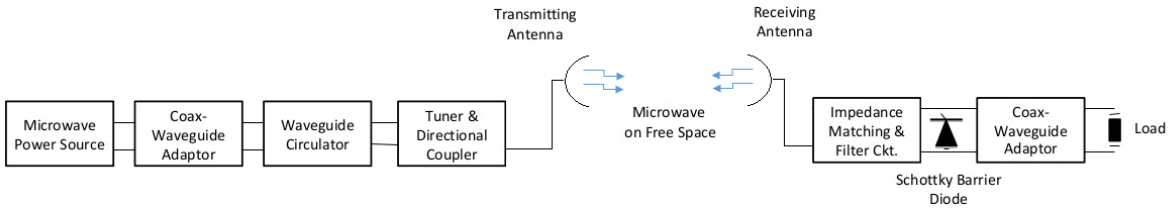
[1] Far-Field
[2] Near Field
[3] Radiation

انتقال توان میدان دور توسط امواج الکترومغناطیسی انتشاری، در فواصل بیش از دو برابر طول موج امکان‌پذیر است. به این منظور از امواج مایکروویو (محدوده فرکانسی 300Mhz-300GHz) با آنتن‌های با سمت‌گرایی[1] بالا (قدرت تمرکز بالای توان در جهت مطلوب) و یا پرتوهای لیزر (نور مرئی در محدوده فرکانسی 430THz-790Thz) استفاده می‌شود. امواج رادیویی که اغلب برای انتقال اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند در باندهای فرکانسی پایین‌تر از مایکروویو بوده و از آنجا که تضعیف انتشار آنها بالا است و سمت گرایی مناسب مشابه امواج مایکروویو برای آنها امکانپذیر نیست، بازده انتقال توان بسیار پایین و ناچیز خواهد بود و با هدف انتقال توان تنها برای کاربردهای خاص با سطح توان در حدود میکرو وات قابل استفاده می‌باشند. از این رو از میان امواج الکترومغناطیس، امواج مایکروویو و لیزر برای کاربردهای مطرح انتقال برق بیسیم مورد توجه قرار گرفته‌اند.

برای انتقال توان میدان دور، گیرنده و فرستنده باید در دید مستقیم[2] یکدیگر باشند. به منظور رعایت حد آستانه مجاز تابش امواج الکترومغناطیسی، ابعاد آنتن مورد نیاز برای انتقال توان سطح بالا در کاربردهای فرکانس‌های پایین (به دلیل محدودیت الکترونیک قدرت) مانند شارژر بی‌سیم وسایل نقلیه برقی، بسیار بزرگ خواهد بود و بنابراین از نظر عملی برای این نوع کاربردها گزینه مناسبی نمی‌باشد.

I- روش مایکروویو (MPT[3])

در این روش از امواج مایکرویو برای انتقال انرژی استفاده می‌شود. در سیستم MPT، ابتدا انرژی الکتریکی به یک مولد/ تقویت کننده مایکروویو ارسال شده تا به امواج مایکرویو (300MHz-300GHz) تبدیل شود و از آنجا به وسیله آنتن‌هایی با پهنای بیم بسیار باریک به طرف گیرنده ارسال می‌گردد. در اغلب فعالیت‌های صورت گرفته در این زمینه از فرکانس‌های 2.45GHz و 5.8GHz که باند ISM هستند، استفاده شده است. در گیرنده این امواج الکترومغناطیسی به وسیله آنتن مایکروویو دریافت شده و سپس دوباره به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شوند. بلوک دیاگرام سیستم انتقال برق بیسیم با روش مایکروویو در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۶۲نشان داده شده است.



شکل Error! No text of specified style in document.**-۶۲- بلوک دیاگرام سیستم انتقال برق بیسیم با روش مایکروویو**

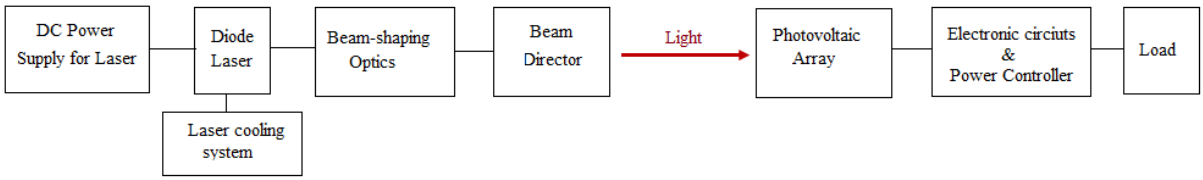
در این روش به دلیل استفاده از امواج مایکروویو، انتقال توان به فواصل دور امکان‌پذیر بوده و سطح توان انتقالی می‌تواند بالا باشد. از این رو معمولا در مواردی که فاصله بین فرستنده و گیرنده زیاد است از این روش استفاده می‌شود. از جمله محدودیت‌هایی که در این روش وجود دارد، ابعاد بزرگ آنتن‌ها می‌باشد، به ویژه آنتن گیرنده که برای دستیابی به بازده بالا باید ابعادش به گونه‌ای باشد که بتواند کل تشعشع ارسالی از سمت فرستنده را دریافت نماید.

II-لیزر

استفاده از پرتوهای لیزر، یک روش ممکن انتقال توان بیسیم در ناحیه‌ی میدان دور است که از تابش جهت‌مند امواج الکترومغناطیس یا به عبارتی لیزر (اغلب باند فرکانسی 430 THz-790 THz) استفاده می‌کند و برای کاربردهایی که نیاز به انتقال توان به فواصل

[1] Directivity
[2] Line-of-sight
[3] Microwave Power Transmission

دور دارند مطرح می‌باشد. در این روش در سمت فرستند از مبدل‌های انرژی به لیزر شامل لامپ‌های لیزری استفاده می‌شود که با توجه به بازده کم آنها باید سیستم‌های خنک کننده و تبادل حرارتی نیز در نظر گرفته شوند. گیرنده انرژی لیزر و مبدل آن می‌تواند مشابه سلول‌های فتوولتائیک مستقیماً انرژی لیزر را به الکتریسیته تبدیل کند و یا انرژی لیزر را به گرما تبدیل کرده و با تبدیل انرژی حرارتی به مکانیکی و سپس الکتریکی، انرژی الکتریکی حاصل شود. بلوک دیاگرام سیستم انتقال توان بیسیم به روش لیزر برای نمونه در شکل **No text of specified style in document.**-Error! ۶۳ نشان داده شده است.



شکل .Error! No text of specified style in document-**۶۳- بلوک دیاگرام سیستم انتقال برق بیسیم با روش لیزر**

این روش در اجرا با مشکلات فراوانی همراه است؛ نخست آن‌که تبدیل انرژی الکتریکی به لیزر بازدهی چندان بالایی ندارد. دوم آنکه انتقال انرژی به این شیوه از نقطه‌ای به نقطه دیگر، به دید مستقیم نیاز دارد. علاوه بر نیاز به دید مستقیم، غبار و بخار آب موجود در هوا نیز مقداری از انرژی باریکه لیزری را جذب می‌کنند و همچنین باعث واگرایی آن می‌شوند. سوم آنکه در مقصد، تبدیل دوباره انرژی تابش لیزر به انرژی الکتریکی با استفاده از سلول‌های نوری، بازدهی چندان بالایی ندارد. در ضمن، این شیوه برای هدف‌های متحرک نیز چندان قابل استفاده نیست، زیرا باید باریکه لیزر را دائم به سوی مکان جدید گیرنده هدف‌گیری کرد. با توجه به این مشکلات این روش کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

۲-۱-۹-۳-۳- انتقال توان بیسیم در ناحیه میدان نزدیک

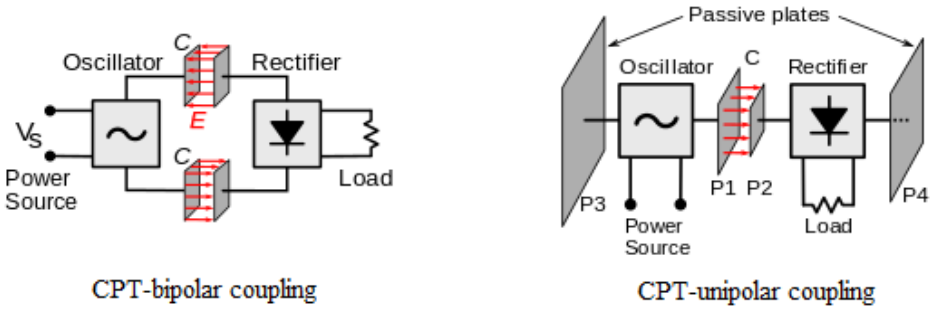
اساس کار روش‌های مطرح در انتقال توان بیسیم در میدان نزدیک بر مبنای تزویج میدان‌های غیر تشعشعی می‌باشد که شامل دو روش انتقال توان خازنی (CPT[1]) و انتقال توان القایی (IPT)[2] است. در بین این دو روش، انتقال توان القایی پرکاربردتر می‌باشد و روش انتقال توان خازنی که تحت عنوان تزویج میدان الکتریکی نیز شناخته می‌شود، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. انتقال توان القایی براساس مکانیزم به کار رفته جهت انتقال توان، خود به دو دسته رزونانسی و غیر رزونانسی تقسیم می‌گردد.

I- روش انتقال توان خازنی

در روش انتقال توان خازنی که با عنوان القای الکترواستاتیک نیز شناخته می‌شود، انتقال توان از طریق تزویج میدان الکتریکی بین دو دسته الکترود مانند دو صفحه فلزی انجام می‌شود. در این روش الکترودهای فرستنده و گیرنده یک خازن را تشکیل می‌دهند. ولتاژ متناوب تولید شده توسط فرستنده به صفحه فلزی سمت فرستنده اعمال شده و میدان الکتریکی نوسانی با القای الکترواستاتیک ولتاژ متناوبی در صفحه فلزی سمت گیرنده القا می‌کند که منجر به ایجاد جریان متناوبی در مدار بار می‌گردد. دو مدار برای این روش انتقال برق بیسیم مطرح است که عبارتند از طرح دو قطبی و تک قطبی که در شکل **No text of specified style in document.**-Error! ۶۴ نشان داده شده‌اند. در مدار دو قطبی دو صفحه فرستنده و دو صفحه گیرنده وجود دارد که تزویج بین هر صفحه فرستنده با یک صفحه گیرنده ایجاد می‌شود. اسیلاتور فرستنده دو صفحه فلزی فرستنده را با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه نسبت به یکدیگر تحریک می‌کند، بار نیز بین دو صفحه فلزی گیرنده متصل می‌گردد. اشکالی که در این روش وجود دارد، ضرورت

[1] Capacitive power transfer
[2] Inductive power transfer

همراستایی دقیق دو صفحه فلزی گیرنده با دو صفحه فرستنده می‌باشد. در مدار تک قطبی، فرستنده و گیرنده تنها یک صفحه اکتیو دارند و صفحات بزرگی به عنوان الکترود پسیو و یا زمین در نقش مسیر بازگشت برای جریان می‌باشند. در این نوع مدار همان‌طور که در شکل **No text of specified style in document.**-Error! ۶۴ نیز مشاهده می‌گردد، اسیلاتور فرستنده بین صفحات فلزی اکتیو و پسیو فرستنده و بار نیز بین صفحات فلزی اکتیو و پسیو گیرنده متصل می‌باشد.



شکل .Error! No text of specified style in document-**۶۴- انتقال برق بیسیم با روش تزویج خازنی**

از معایب روش تزویج خازنی که منجر به محدود شدن کاربردهای این روش شده است، می‌توان به خطرات احتمالی بیشتر و فاصله‌ی انتقال کم اشاره نمود. در این روش انتقال انرژی الکتریکی که به کمک بار خازنی انجام می‌شود، برای انتقال توان‌های بالا که منجر به اعمال ولتاژ بالا بر روی صفحات خازنی می‌شود، خطراتی همچون احتمال تخلیه خازن و ایجاد شکست وجود دارد که باعث خطراتی برای انسان می‌شود. بنابراین این روش انتقال توان برای کاربردهای توان بالا که از جمله مهمترین آنها شارژر وسایل نقلیه برقی می‌باشد مناسب نیست و تنها درکاربردهای توان پایین می‌تواند به کار برده شود.

از جمله ویژگی‌های روش تزویج خازنی که منجر به چند کاربرد خاص برای این روش شده است، می‌توان به کاهش ابعاد سیستم انتقال توان با کاهش سطح توان انتقالی مورد نظر و قدرت محصورسازی بیشتر میدان در فاصله بین صفحات خازن‌ها بدون نیاز به عناصر اضافی نظیر فریت در سیستم‌های انتقال توان القایی اشاره نمود. همچنین در این روش، سطح توان انتقالی حساسیت بسیار کمتری در مقابل جابه‌جایی افقی اولیه و ثانویه نسبت به یکدیگر دارند و در ناحیه انتقال توان تولید حرارت نمی‌کنند. بنابراین با توجه به این مزایا و در نظر گرفتن این امر که الکترودهای مورد استفاده دارای ضخامت و وزن کمی هستند، روش خازنی، در کاربردهای توان پایین و به طور خاص دستگاه‌های قابل حمل باریک، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

II- روش انتقال توان القایی

در حال حاضر انتقال توان بیسیم با استفاده از روش القایی بیش از سایر روش‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در سیستم‌های انتقال توان مبتنی بر این روش، انتقال توان در هر سه سطح پایین، متوسط و بالا امکان‌پذیر می‌باشد. به عنوان نمونه به شارژرهای تجهیزات پزشکی کاشته شده در بدن انسان، گوشی موبایل، تبلت و لپ‌تاپ و شارژر بی‌سیم خودروی برقی می‌توان اشاره نمود.

اساس روش انتقال توان القایی ایجاد میدان مغناطیسی متغیر در سیم‌پیچ فرستنده و تبدیل آن شار به جریان الکتریکی در سیم‌پیچ گیرنده می‌باشد. بسته به فاصله بین سیم‌پیچ‌های فرستنده و گیرنده تنها درصدی از شار مغناطیسی تولید شده توسط سیم‌پیچ فرستنده در سیم‌پیچ گیرنده نفوذ می‌کند و در انتقال توان بین دو سیم‌پیچ شرکت می‌کند. هر قدر میزان دریافت شار توسط گیرنده بیشتر باشد نشان می‌دهد تزویج بین دو سیم‌پیچ بهتر صورت گرفته است. هرچقدر فاصله بین دو سیم‌پیچ فرستنده و گیرنده کمتر باشد، ضریب تزویج بالاتر خواهد بود و تزویج بین دو سیم‌پیچ بیشتر خواهد بود. انتقال توان بی‌سیم القایی به دو دسته‌ی رزونانسی

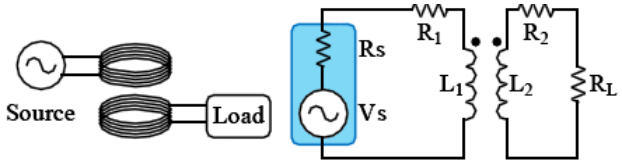
و غیررزونانسی تقسیم می‌شود. روش القایی غیر رزونانسی بر مبنای تزویج محکم و روش القایی رزونانسی بر اساس تزویج ضعیف می‌باشد که با استفاده از پدیده رزونانس انتقال توان را بهبود داده است.

در ادامه این دو روش مورد بررسی قرار می‌گیرند. روش رزونانسی به دلیل فراهم نمودن امکان انتقال توان در فواصل دورتر و با بازده بالاتر، حساسیت کمتر نسبت به همراستایی فرستنده و گیرنده و امکان انتقال توان از یک فرستنده به چند گیرنده، دارای مزایای بیشتری بوده و اخیرا مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و تمرکز بیشتر بر روی این روش می‌باشد.

III- القای غیررزونانسی

انتقال توان غیررزونانسی در واقع از طریق تزویج میدان مغناطیسی بین دو سیم‌پیچ، مشابه با ترانسفورماتور با هسته هوا، صورت می‌گیرد. در این حالت دو حلقه‌ی القایی می‌توان در نظر گرفت که فاصله آنها از قطر آنها کمتر است. اساس روش القایی غیر رزونانسی، تزویج القایی در نتیجه قانون القای فارادی و قانون مدار آمپر می‌باشد. میدان مغناطیسی ایجاد شده ناشی از جریان متغیر سیم‌پیچ فرستنده، توسط قانون مداری آمپر تعیین می‌گردد و براساس قانون القای فارادی، این میدان مغناطیسی متغیر با زمان، در سیم‌پیچ گیرنده، میدان الکتریکی القا می‌کند.

مدار معادل یک سیستم ساده انتقال توان بیسیم به روش تزویج القایی در ناحیه میدان نزدیک در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۶۵ نشان داده شده است. سیم‌پیچ اولیه با اندوکتانس L1، سیم‌پیچ ثانویه با اندوکتانس L2 و مقاومت اهمی آن‌ها به ترتیب با R1 و R2 نشان داده شده است. به منظور تثبیت ولتاژ خروجی، در برخی موارد یک شبکه جبران‌ساز بصورت خازن‌های فشرده در سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه قرار داده می‌شود. این خازن‌ها می‌توانند به دو صورت سری یا موازی قرار بگیرند[۳۱۹].



شکل Error! No text of specified style in document.**-۶۵- مدار معادل یک سیستم انتقال توان بیسیم از طریق القایی غیررزونانسی**

با توجه به اینکه در میدان نزدیک، توان با افزایش فاصله با نرخ متناسب با $1/r^3$ کاهش می‌یابد بنابراین انتقال توان با این روش در فواصل کوتاه (اغلب کمتر از قطر سیم‌پیچ) امکان‌پذیر است و به عنوان تزویج محکم شناخته می‌شود. علاوه بر آن با افزایش فاصله، بازده به شدت کاهش می‌یابد و قرار گرفتن سیم‌پیچ گیرنده در مکان دقیقی نسبت به سیم‌پیچ فرستنده ضروری است. در غیر این صورت سطح توان انتقالی به شدت کاهش می‌یابد. بازده انتقال توان وابسته به ضریب تزویج بین سیم‌پیچ‌ها و ضریب کیفیت آنها می‌باشد.

با توجه به امکان انتقال توان در فواصل بسیار نزدیک با استفاده از این روش، به آن انتقال توان بدون تماس[1] نیز گفته می‌شود. برخی شارژرهای تجاری بیسیم برای شارژ تلفن‌های هوشمند مبتنی بر این روش انتقال توان ساخته شده است و به منظور برطرف کردن مشکل حساسیت نسبت به محل قرارگیری دستگاه نسبت به سیم‌پیچ اولیه از آرایه‌ای از سیم‌پیچ‌ها در طرف اولیه استفاده

[1] Contact less power transmission

نموده‌اند. همچنین در نمونه‌های شارژر بی‌سیم خودروی برقی توسط شرکت General Motors در اواخر قرن بیستم، این سیستم‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند اما امروزه در مقایسه با القای رزونانسی کمتر مورد استقبال واقع شده است.

IV- القای رزونانسی

در سیستم‌های انتقال توان بیسیم با روش القایی رزونانسی انتقال توان با استفاده از رزونانس بین سیم‌پیچ‌های فرستنده و گیرنده انجام می‌شود. در این سیستم‌ها، فاصله بین سیم‌پیچ‌های فرستنده وگیرنده که در این روش رزوناتور نامیده می‌شوند، نسبت به روش القایی بیشتر است و از چند ده سانتی متر تا حدود چند متر امکان‌پذیر می‌باشد. وجود این حدود فاصله بین سیم‌پیچ‌ها در برخی موارد باعث برداشت نادرستی درخصوص نحوه عملکرد این روش انتقال می‌گردد و به اشتباه تصور می‌شود انتقال توان توسط امواج الکترومغناطیسی تشعشعی انجام شده است.

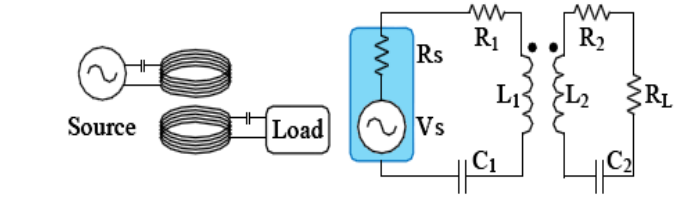
به منظور افزایش فاصله‌ی بین فرستنده و گیرنده و افزایش بازده در سیستم‌های انتقال توان القایی، القای رزونانسی در سال ۲۰۰۷ توسط دانشگاه MIT پیشنهاد شد و امروزه پرکاربردترین روش در زمینه انتقال برق بیسیم در فواصل نزدیک می‌باشد. در سیستم القایی رزونانسی، دو رزوناتور، یکی در گیرنده و دیگری در فرستنده وجود دارند که در فرکانس کاری سیستم انتقال توان در رزونانس هستند و انتقال توان از طریق تزویج میدان‌های الکترومغناطیسی بین آنها صورت می‌گیرد. روش القای رزونانسی در دوحالت ساده (دو–سیم‌پیچ) و تزویج قوی[1](چهار–سیم‌پیچ) انجام می‌شود و با انتقال توان غیررزونانسی، متفاوت است. در حالت القای رزونانسی قوی برخلاف رزونانسی ساده که تنها از دو سیم‌پیچ استفاده شده بود، از چهار سیم‌پیچ استفاده می‌شود و این روش متداول‌تر است. در این روش با ایجاد تطبیق امپدانسی که با استفاده از ایجاد تزویج بین منبع و سیم‌پیچ فرستنده و همچنین بین بار و سیم‌پیچ گیرنده ایجاد می‌شود، افزایش فاصله هوایی بین رزوناتورها و بهبود بازده انتقال توان حاصل می‌گردد.

همان طور که در شکل مشاهده می‌گردد در سیستم انتقال بی سیم توان به روش القایی رزونانسی با تزویج محکم از چهار سیم‌پیچ استفاده شده است که سیم‌پیچ‌های میانی (رزوناتورها) از سیم‌پیچ‌های ورودی و خروجی بزرگتر و دارای تعداد دور بیشتری هستند. سیم‌پیچ ورودی که سیم‌پیچ تحریک نامیده می‌شود، بطور مستقیم به منبع متصل است. سیم‌پیچ TX، سیم‌پیچ فرستنده بوده که با سیم‌پیچ تحریک به صورت القایی و با سیم‌پیچ گیرنده به صورت رزونانسی تزویج دارد و انرژی را از این طریق انتقال می‌دهد. سیم‌پیچ RX سیم‌پیچ گیرنده است و انرژی انتقال داده شده از سیم‌پیچ فرستنده را دریافت کرده و به سیم‌پیچ خروجی که سیم‌پیچ بار نامیده می‌شود، القا می‌کند. سیم‌پیچ بار به بار متصل است. به دلیل ضریب تزویج ضعیفی که بین سیم‌پیچ‌های تحریک و بار، سیم‌پیچ‌های تحریک و گیرنده، و سیم‌پیچ‌های بار و فرستنده وجود دارد، می‌توان از تزویج بین آنها صرف‌نظر نمود.

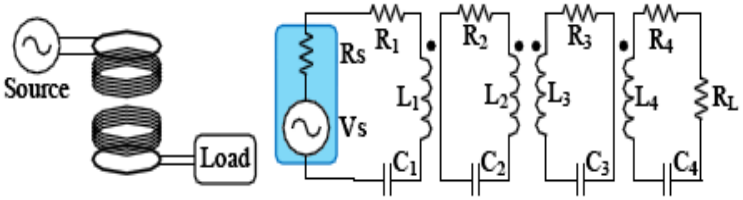
روش القایی رزونانسی (ساده و چهار–سیم‌پیچ) بر اساس چگونگی ایجاد رزونانس در دو نوع مختلف امکان‌پذیر می‌باشد که عبارتند از: خود–رزوناتور (self-resonators) و LC–رزوناتور (LC-resonators). در نوع خود–رزوناتور، سیم‌پیچ‌ها با اندوکتانس خودی و خازن‌های پارازیتی رزونانس می‌کنند در حالی که در نوع LC–رزوناتور از خازن‌های فشرده اضافه شده به سیم‌پیچ‌ها برای رزونانس استفاده می‌شود. خود–رزوناتورها دارای مزیت افت پایین هستند اما ایرادی که به آنها وارد است فرکانس رزونانس بالا می‌باشد که ناشی از پایین بودن ظرفیت خازن‌های پارازیتی می‌باشد. LC–رزوناتورها به دلیل استفاده از خازن‌های جبرانساز قابلیت کنترل‌پذیری بیشتری در فرآیند طراحی دارند و فرکانس کاری ساختارهای رزونانسی گیرنده و فرستنده قابل کنترل است.

به منظور بررسی مدارات جبرانساز و نحوه عملکرد روش القایی رزونانسی، مدار معادل روش القایی رزونانسی ساده و چهار–سیم‌پیچ در شکل **No text of specified style in document.**–Error! ۶۶نشان داده شده است[۳۱۹].

[1] Strongly coupled



(الف)



(ب)

شکل .Error! No text of specified style in document-۶۶ **مدار معادل روش القایی رزونانسی (الف) رزونانسی ساده و (ب)رزونانسی با تزویج قوی**

در ساختار رزونانسی قوی استفاده از دو حلقه یا دو سیم‌پیچ علاوه بر دو سیم‌پیچ فرستنده وگیرنده مطرح شده است که پیش از این توضیح داده شد. در این ساختار مقاومت RS و RL از رزوناتورهای RLC حذف شده و نسبت به ساختار رزونانسی ساده (استفاده از دو سیم‌پیچ)، منجر به افزایش ضریب کیفیت (Q) می‌گردد. بدین ترتیب با ضریب تزویج یکسان می‌توان انرژی بیشتری را انتقال داد. از طرف دیگر به منظور افزایش بازده انتقال، از خازن‌های پارازیتی سیم‌پیچ به جای خازن‌های فشرده رزونانس (C2 و C3 در شکل) برای کاهش بیشتر مقاومت ذاتی رزوناتورهای RLC استفاده شده است. بدین ترتیب رزوناتورها علیرغم ضریب کوپلینگ پایین می‌توانند انرژی را با بازده مناسبی انتقال دهند.

در روش القایی رزونانسی استفاده از مدارات جبرانساز برای بهبود بازده انتقال توان و افزایش فاصله مطرح می‌باشد. بدین منظور از خازن‌های جبرانساز در هر دو سمت فرستنده (اولیه) و گیرنده (ثانویه) استفاده می‌شود. نقش خازن‌های جبرانساز در سمت اولیه کاهش نرخ VA (توان راکتیو) منبع تغذیه و دستیابی به زاویه فاز صفر (ZPA[1]) (همفاز نمودن جریان و ولتاژ) برای یک شرایط مشخص تزویج و بار می‌باشد که در این صورت دیگر نیازی به تامین توان راکتیو توسط منبع تغذیه نخواهد بود و توان ظاهری برابر با توان حقیقی می‌گردد. در سمت ثانویه، جبرانسازی به منظور تنظیم دقیق فرکانس رزونانس مطابق با فرستنده استفاده می‌شود که منجر به انتقال حداکثر توان انتقالی به بار می‌گردد.

۳-۱-۹-۳-۳- امواج آلتراسونیک

انتقال توان بی‌سیم از طریق امواج آلتراسونیک، روشی است که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. در این روش برخلاف دیگر روش‌های انتقال برق بیسیم که از امواج الکترومغناطیسی برای انتقال توان استفاده می‌کنند، از امواج صوتی به منظور انتقال توان بیسیم استفاده می‌شود [۳۱۷] و[۳۲۴-۳۲۳].

[1] Zero Phase Angle

در انتقال توان بیسیم از طریق امواج آلتراسونیک، در فرستنده توان الکتریکی توسط یک پیزوالکتریک به امواج مکانیکی ارتعاشی تبدیل می‌شود و در گیرنده این امواج توسط یک پیزوالکتریک دیگر دریافت و پس از تبدیل به توان الکتریکی به بار تحویل داده می‌شود. از آنجا که این امواج برای بدن انسان تقریباً بی‌خطر می‌باشند بنابراین در مقایسه با سایر روش‌های انتقال توان بیسیم سطح ایمنی بالاتری دارند. همچنین امکان انتقال توان در مسافت‌های بیشتری را فراهم می‌نمایند. عدم تطبیق امپدانسی در این روش یکی از چالش‌های اساسی می‌باشد و به عنوان مثال اختلاف سطح امپدانس پیزوالکتریک و هوا به نسبت یک به پنج بوده و بنابراین ضریب انتقال توان کوچک خواهد بود. این مسأله امکان دستیابی به راندمان بالا را با محدودیت مواجه می‌کند. مشکل دیگری که در خصوص انتقال توان با امواج آلتراسونیک وجود دارد، محدودیت فرکانس انتقال توان است که بر اساس نوع پیزوالکتریک انتخابی تعیین می‌شود و برای انتخاب فرکانس انتقال توان آزادی عمل زیادی وجود ندارد. به علاوه با توجه به اینکه پیزوالکتریک‌ها عناصری با ضریب کیفیت بالا هستند، انتقال توان در محدوده فرکانسی باریکی امکان‌پذیر است.

٤-١-٩-٣-٣- مقایسه روش‌های انتقال توان بیسیم

هر کدام از روش‌های انتقال توان بیسیم که پیش از این معرفی شدند با توجه به فناوری به‌کار رفته، ویژگی‌ها و خصوصیاتی دارند که آنها را برای کاربردهای مختلفی مناسب می‌کند. از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های هر یک از روش‌های انتقال توان بیسیم فرکانس کاری، فاصله انتقال، سطح توان انتقالی و بازدهی انتقال می‌باشد که هریک از این پارامترها بر اساس مکانیزم به کار رفته در روش‌های مختلف، متفاوت خواهد بود. در این قسمت، مقایسه‌ای بین انواع روش‌های انتقال توان بیسیم انجام شده و در جدول **No text of specified style in document.** !Error-۷۰ ارائه شده است. پارامترهای مقایسه شده در این جدول، در انتخاب روش مناسب برای کاربردهای مختلف انتقال توان بیسیم بسیار سودمند خواهد بود.

نوع فناوری WPT	بازدهی انتقال	رنج فاصله عملکرد	فرکانس کاری	سطح توان
مایکروویو	بالا	چند متر- چند کیلومتر	300MHz-300GHz	بالا
لیزر	پایین/متوسط	چند متر- چند کیلومتر	430THz-790THz	بالا
القایی غیر رزونانسی	بالا	چند میلی‌متر – چندسانتی‌متر	tens of kHz-a few MHz	پایین/متوسط/بالا
القایی رزونانسی	متوسط/ بالا	چند سانتی‌متر- چند متر	1-20 MHz	پایین/متوسط/بالا
تزویج خازنی	بالا	چند میلی‌متر – چندسانتی‌متر	tens of kHz-a few MHz	پایین
آلتراسونیک	متوسط	چند میلیمتر- چند متر	tens of kHz-a few MHz	پایین/متوسط

جدول .Error! No text of specified style in document-**۷۰- مقایسه انواع روش‌های انتقال توان بیسیم**

۲-۹-۳-۳- استانداردهای مطرح در زمینه فناوری انتقال توان بیسیم

سیستم‌های انتقال توان بیسیم همانند سایر فناوری‌ها برای دستیابی به عملکرد صحیح نیازمند رعایت الزامات و شرایطی هستند و بدین منظور استانداردهایی در این خصوص مطرح می‌باشند که برخی از آنها تدوین و چاپ شده‌اند و برخی دیگر در دست تدوین هستند. به طور کلی این استانداردها را می‌توان به دو دسته استانداردهای مربوط به انتقال توان بیسیم در سطوح پایین و متوسط و استانداردهای مربوط به انتقال توان بیسیم در سطح بالا دسته‌بندی نمود. استانداردهای مرتبط با انتقال توان بیسیم در سطوح پایین و متوسط شامل سه استاندارد معروف Qi، PMA و A4WP هستند. در خصوص سیستم‌های انتقال توان بیسیم در سطوح بالا، از آنجا که کاربرد اصلی آنها در شارژرهای بیسیم وسایل نقلیه برقی می‌باشد، بیشتر استانداردهای موجود، مرتبط با این موضوع هستند. سازمان‌های تنظیم استاندارد مختلف نظیر ISO، SAE و IEC از جمله سازمان‌های فعال در تنظیم استاندارد در

این حوزه هستند و ازجمله مهم‌ترین استانداردهای چاپ شده در این حوزه می‌توان به SAE J2954 و IEC 61980، ISO/PAS 19363، SAE J2847/6 اشاره نمود.

موسسه استاندرد ITU نیز انتشاراتی در خصوص فناوری انتقال توان بیسیم داشته است که درادامه برخی از مهم‌ترین آنها معرفی می‌گردد. در زمینه کاربردهای فناوری انتقال توان بیسیم و سرویس های application های موردنیاز مرتبط، Recommendation تحت عنوان ITU-T Y.4202 را در سال ۲۰۱۹ چاپ کرده است. همچنین Recommendation جدید دیگری در سال ۲۰۱۹ تحت عنوان ITU-R SM.2129-0 چاپ شده است که حاوی رهنمودهایی درخصوص محدوده فرکانس سیستم انتقال توان بیسیم غیر تشعشعی برای شارژ تجهیزات متحرک و قابل حمل می‌باشد. گزارش‌های ITU-R SM.2303-1 و ITU-R SM.2303-2 نیز به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ در خصوص انتقال توان بیسیم با استفاده از امواج غیر تشعشعی چاپ شده‌اند که در بخشی از آنها به پاسخ به سوالات مطرح در ITU 210-3 در حوزه انتقال توان بیسیم پرداخته شده است. گزارش ITU-R SM.2392 نیز در خصوص کاربردهای فناوری انتقال توان بیسیم مبتنی بر امواج رادیویی، در سال ۲۰۱۶ چاپ شده است که در آن مهم‌ترین فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده در سطح دنیا را نیز ارائه نموده است.

با توجه به اینکه ایمنی یکی از موضوعات بسیار مهم در سیستم‌های انتقال توان بی‌سیم می‌باشد، رعایت استانداردهای مربوطه از اهمیت بالایی برخوردار است. در حال حاضر موسسه ICNIRP[1] دو راهنما شامل ICNIRP 2010 و ICNIRP 1998 در این خصوص منتشر کرده است. در خصوص شارژرهای بیسیم وسایل نقلیه برقی که انتقال توان در سطوح بالا مد نظر می‌باشد، اهمیت درنظر گرفتن موارد ایمنی و رعایت حدود مجاز خیلی بیشتر خود را نشان می‌دهد. از این رو استانداردی تحت عنوان UL 2750 به طور کلی الزامات ایمنی مربوط به سیستم شارژ بی‌سیم وسایل نقلیه برقی را مورد بررسی قرار داده است.

۳-۹-۳-۳- مزایای انتقال توان بیسیم

در این بخش مزایای فناوری انتقال توان بیسیم به همراه توضیحات مربوطه مورد بررسی قرار می‌گیرد. همان‌طور که از نام این فناوری پیداست، دستاورد کلی به‌کارگیری فناوری انتقال توان بیسیم، حذف کابل‌ها و سیم‌ها و مشکلات ناشی از آنها خواهد بود و این امر منجر به جذابیت این فناوری شده است. امروزه گسترش و تنوع تجهیزات الکترونیکی ثابت و قابل حمل بسیار چشمگیر می‌باشد و همواره تامین انرژی موردنیاز آنها یکی از معضلات استفاده از آنها بوده است. فناوری انتقال توان بیسیم که امروزه در خصوص تامین انرژی و شارژ باتری تجهیزات مختلف مطرح شده است، درکاربردهای عمومی، با تسهیل فرآیند شارژ و تامین انرژی، استفاده از تجهیزات مختلف را آسان‌تر خواهد نمود. با حذف کابل‌ها و سیم‌ها علاوه بر تسهیل در به‌کارگیری تجهیزات مختلف، مشکلات ناشی از آسیب دیدگی و فرسودگی کابل‌ها و سیم‌ها و همچنین خطرات برق گرفتگی ناشی از خرابی‌ها را کاهش خواهد داد. همچنین در کاربردهای خاص و صنعتی که تامین انرژی و یا تعویض باتری تجهیزات نصب شده در نقاط دور از دسترس و نصب شده در نواحی پر خطر مورد نیاز می‌باشد، به‌کارگیری فن‌آوری انتقال توان بیسیم راهگشا بوده و چنین مشکلات و معضلاتی را حل خواهد نمود. همچنین ممکن است محل نصب تجهیزات چندان هم دور از دسترس و غیر ایمن نباشد اما تعدد زیاد تجهیزات منجر به ایجاد مشکلاتی در تامین انرژی، شارژ باتری و یا تعویض باتری تجهیزات ایجاد نموده باشد که با به‌کارگیری فناوری انتقال توان بیسیم، این مشکل مرتفع می‌گردد.

درحال حاضر اگرچه همچنان استفاده از فناوری انتقال توان بیسیم جهت انتقال برق به نقاط مختلف، از لحاظ راندمان، هزینه اقتصادی و مشکلات متعدد زیست محیطی به صرفه و قابل اجرا نباشد و نسبت به روش انتقال سیمی متداول مزیتی محسوب نمی‌گردد، اما در موارد خاص شامل برق‌رسانی به نقاط دور از دسترس و صعب‌العبور راهگشا خواهد بود. همچنین فناوری انتقال

[1] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

توان بیسیم به عنوان منبع انرژی پشتیبان درخصوص نقاط استراتژیک در شرایط بحران و اضطرار، می‌تواند بدون صرف زمان و هزینه جهت فراهم نمودن زیرساخت، به کار برده شود و این از مزایای مهم این فناوری محسوب می‌گردد.

٤-۹-۳-۳- معایب انتقال توان بیسیم

در این بخش معایب انتقال توان بیسیم به صورت کلی ارائه خواهند شد. از مهم‌ترین معایب فناوری انتقال توان بیسیم، خطرات زیست محیطی ناشی از تشعشعات ناخواسته و یا عدم رعایت الزامات سطح چگالی توان و فاصله ایمنی مجاز در سیستم‌های انتقال توان بیسیم می‌باشد. البته لازم به ذکر است صحبت در این زمینه بصورت کلی امکان‌پذیر نیست و بسته به روش انتقال توان بیسیم مورد استفاده، سطح توان مورد نظر جهت انتقال و فاصله انتقال توان، متفاوت می‌باشد. در این خصوص روش القایی و رزونانسی جهت انتقال بیسیم توان، به دلیل مکانیزم به‌کار رفته در این روش‌ها، روش‌های ایمن‌تری محسوب می‌گردند و پیشرفت‌های گسترده‌تری را نیز داشته‌اند. در خصوص کاربردهای توان پایین این فناوری مانند شارژرهای بیسیم تجهیزات الکترونیکی قابل حمل که امروزه پیشرفت و گسترش چشمگیری نیز در سطح دنیا داشته‌اند، در چند سال اخیر استانداردهای مرتبط تدوین و چاپ شده است و الزامات ایمنی مرتبط در آنها ارائه شده است و تجهیزات ساخته شده ملزم به رعایت این استانداردها بوده‌اند. از این رو نگرانی کمتری در این خصوص مطرح می‌باشد. در کاربردهای توان بالا مانند شارژر بیسیم باتری وسایل نقلیه برقی به دلیل بالا بودن سطح توان انتقالی، رعایت الزامات ایمنی جهت کاهش و حذف خطرات زیست محیطی، حساسیت و اهمیت بالاتری دارد. از طرفی فناوری شارژ بیسیم در این کاربرد به دلیل تسهیل فرآیند شارژ وسایل نقلیه برقی، پیشرفت قابل توجهی داشته است و استانداردهایی در این حوزه نیز در دست تدوین می‌باشد که برخی از نسخه‌های آنها نیز چاپ شده است. در خصوص کاربردهای انتقال توان بیسیم به نواحی میدان دور که از تشعشع امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌شود، مشکل خطرات زیست محیطی ناشی از این فناوری بیشتر و جدی‌تر می‌باشد و با توجه به سطح توان انتقالی، مسیر انتقال و نواحی اطراف آن ایمن نبوده و این موضوع منجر به محدودیت‌هایی در استفاده از این فناوری می‌باشد.

از دیگر معایب و محدودیت‌های فناوری انتقال توان بیسیم، موضوع فرکانس کاری جهت انتقال توان می‌باشد. لازم است در این خصوص الزامات و قوانین مربوط به تخصیص باند فرکانسی مورد توجه قرار گرفته شود تا از بروز اختلالات فرکانسی با شبکه‌های ارتباطی جلوگیری گردد.

باتوجه به اینکه فناوری انتقال توان بیسیم همچنان نوظهور محسوب می‌گردد، عدم وجود استانداردهای کامل حاوی تمامی الزامات ایمنی، فرکانسی و فنی برای انواع کاربردهای انتقال توان بیسیم از معایب مطرح در خصوص این فناوری می‌باشد.

٥-۹-۳-۳- کاربردهای انتقال توان بیسیم در صنعت برق و انرژی

به طور کلی کاربردهای انتقال توان بیسیم، در دو دسته انتقال در ناحیه میدان نزدیک (فواصل نزدیک) و انتقال در ناحیه میدان دور (فواصل دور) تقسیم می‌گردد. درحال حاضر از مهمترین کاربردهای انتقال توان بیسیم، تامین انرژی و شارژ دستگاه‌ها و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی بصورت بیسیم است که در دسته کاربردهای انتقال توان در ناحیه میدان نزدیک می‌گنجد. از آنجا که تامین انرژی و شارژ باتری بصورت بیسیم، استفاده از تجهیزات و دستگاه‌ها را با سهولت بسیاری همراه می‌کند، این فناوری در سطوح توان مختلف و فرکانس‌های کاری متفاوت که هریک کاربردهای خاص خود را دارد، بطور گسترده مورد توجه قرارگرفته است و تحقیقات بسیاری را به خود اختصاص داده است. درحال حاضر این فناوری در صنعت برق و انرژی نیز ورود پیدا کرده است و کاربردهای مختلفی در این خصوص مطرح می‌باشد[۳۲۹-۳۲۶].

اگرچه در نگاه اول به اشتباه به نظر می‌رسد انتقال توان بیسیم به عنوان جایگزینی برای خطوط انتقال و توزیع مطرح می‌باشد، اما در واقع درحال حاضر به دلیل مشکلات و مخاطرات زیست محیطی، این امر به صورت کلی امکان‌پذیر نیست وکاربردهای دیگری برای این فناوری در حوزه صنعت برق و انرژی مطرح می‌باشد که در ادامه شرح داده شده است.

امروزه مهم‌ترین کاربرد مطرح در خصوص فناوری انتقال توان بیسیم در حوزه صنعت برق و انرژی، شارژ بیسیم وسایل نقلیه برقی است. باتوجه به اینکه موضوع شارژ وسایل نقلیه برقی از مهم‌ترین مشکلات و موانع مطرح درخصوص گسترش استفاده از خودروهای برقی بوده است، ایده شارژ بیسیم به عنوان یکی از راهکارهای مهم ارائه شده جهت تسهیل فرآیند شارژ وسایل نقلیه برقی ارائه شده است. لذا این موضوع در سطح دنیا بسیار مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات وسیعی در این حوزه در حال انجام است. به طوری که تاکنون محصولات مختلفی در این خصوص ارائه شده است که برخی از آنها حتی در مراحل پیش‌تجاری هستند. درخصوص سیستم شارژ بیسیم وسایل نقلیه برقی تاکنون سناریوهای مختلفی مطرح شده است (شکل Error! **No text of specified style in document.**–۶۷) که توسط گروه‌های مختلف شامل موسسات تحقیقاتی، شرکت‌های تولیدکننده خودرو و دانشگاه‌ها بطور گسترده مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته‌اند. این سناریوها شامل شارژ بیسیم خودروها در داخل پارکینگ‌های منازل و پارکینگ‌های عمومی، شارژ بیسیم در حین حرکت در بزرگراه‌ها و در لاین مخصوص این امر، شارژ بیسیم وسایل نقلیه عمومی در ایستگاه‌ها جهت شارژ به هنگام توقف در ایستگاه و شارژ بیسیم به هنگام توقف در تقاطع‌ها می‌باشد که برخی از آنها در شکل نشان داده شده‌اند. درحال حاضر با هدف بهبود و ارتقای مشخصات فنی فرآیند شارژ بیسیم وسایل نقلیه برقی، رفع مشکلات و موانع موجود درخصوص به کارگیری این فناوری و فراهم نمودن زیرساخت‌های لازم جهت اجرا و پیاده‌سازی آنها، همچنان تحقیقات متعدد و گسترده‌ای در دست انجام می‌باشد.

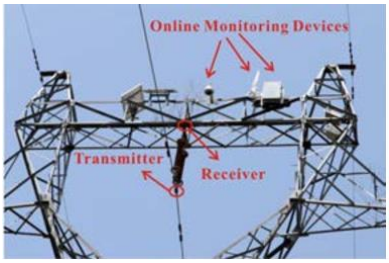


شکل Error! No text of specified style in document.–**۶۷– کاربرد انتقال توان بیسیم در شارژ بیسیم وسایل نقلیه برقی**

با توجه به پیشرفت‌ها و فعالیت‌های گسترده صورت گرفته در خصوص شارژرهای بیسیم وسایل نقلیه، در سالهای اخیر موسسات استاندارد نیز تحقیقات خود را در این خصوص آغاز کرده‌اند و استانداردهایی در این خصوص در دست تهیه می‌باشد که برخی نسخه‌های آنها تاکنون تدوین و چاپ نیز شده‌اند. با توجه به سطح بالای توان انتقالی در کاربردهای شارژر بیسیم وسایل نقلیه برقی، جهت تامین ایمنی و جلوگیری از مخاطرات زیست محیطی، حساسیت و اهمیت بالایی درخصوص این کاربرد وجود دارد و رعایت الزامات تعیین شده در استانداردهای مرتبط ضروری می‌باشد.

از جمله دیگر کاربردهای فناوری انتقال توان بیسیم در صنعت برق و انرژی، برق‌رسانی به سنسورها و ادوات الکترونیکی بیشماری که در فناوری IoT و شبکه‌های WSN به‌کار خواهند رفت، می‌باشد. موضوع تامین انرژی موردنیاز تجهیزات متعدد به‌کار رفته در فناوری IoT همواره یکی از مشکلات و معضلات اصلی در اجرای این فناوری بوده است که فناوری انتقال توان بیسیم یکی از راهکارهای موثر درخصوص رفع این مشکل و تسهیل در اجرا و عملی نمودن این فناوری می‌باشد.

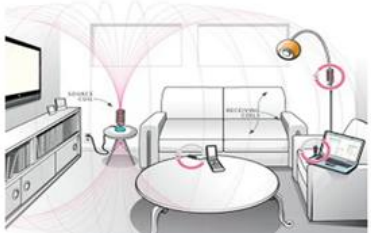
از دیگر کاربردهای فناوری انتقال توان بیسیم، تامین انرژی موردنیاز تجهیزات مانیتورینگ برخط خطوط قدرت می‌باشد. با توجه به اینکه برق‌رسانی به این تجهیزات در بالای دکل خطوط قدرت فشار قوی، همواره یکی از مشکلات استفاده از آنها بوده است، به‌کارگیری فن‌آوری انتقال توان بیسیم جهت رفع این مشکل مطرح شده است(شکل Error! **No text of specified style in document.**–۶۸). در چنین کاربردهایی ایده به‌کارگیری ترکیبی از دو فناوری انتقال توان بیسیم و فناوری برداشت انرژی نیز از جمله راهکارهای مطرح شده است که روش نوین و قابل توجهی در این خصوص می‌باشد و تحقیقاتی را به خود اختصاص داده است.



شکل **Error! No text of specified style in document.**-۶۸- کاربرد انتقال توان بیسیم جهت تامین انرژی موردنیاز تجهیزات مانیتورینگ برخط خطوط قدرت

در خانه‌های هوشمند نیز کاهش کابل‌ها و سیم‌ها یکی از موارد مطرح شده در اهداف آینده می‌باشد و به‌کارگیری انتقال توان بیسیم به منظور تامین برق و یا شارژ باتری تجهیزات خانگی در این خصوص در دست بررسی قرار گرفته است و فعالیت‌های زیادی در این حوزه در حال انجام می‌باشد (شکل **Error! No text of specified style in document.**-۶۹).

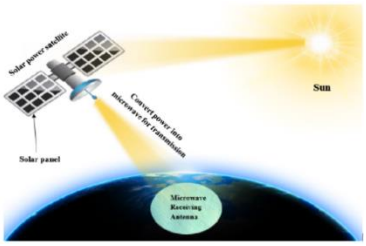




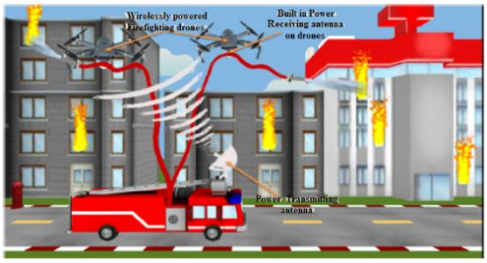
شکل Error! No text of specified style in document.-**۶۹- کاربرد انتقال توان بیسیم جهت تامین انرژی موردنیاز تجهیزات خانگی**

درخصوص فناوری انتقال توان بیسیم در دسته انتقال توان در ناحیه میدان دور نیزکاربردهایی برای این فناوری مطرح می‌باشد که از جمله معروف‌ترین آنها، انتقال انرژی از ماهواره‌های خورشیدی فضایی (SPS[1]) به ایستگاه‌های واقع در سطح زمین می‌باشد (شکل **Error! No text of specified style in document.**-۷۰). اگرچه به دلیل مخاطرات متعدد زیست محیطی، مشکلات فنی در پیاده‌سازی و راندمان انتقال نامطلوب تاکنون پیشرفت چشمگیری در این حوزه حاصل نشده است و هنوز تا تحقق چنین کاربردهایی در واقعیت فاصله زیادی وجود دارد، اما تحقیقات در این حوزه همچنان ادامه دارد. کاربرد دیگری که درخصوص فناوری انتقال توان در ناحیه میدان دور مطرح می‌باشد، برق‌رسانی به ماهواره‌ها و اجسام پرنده است که تحقیقات متعددی در این خصوص انجام شده است. نمونه‌ای از کاربرد انتقال توان بیسیم برای سیستم SPS برق‌رسانی به اجسام پرنده در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۷۱ نشان داده شده است.

[1] Solar Power Satellite

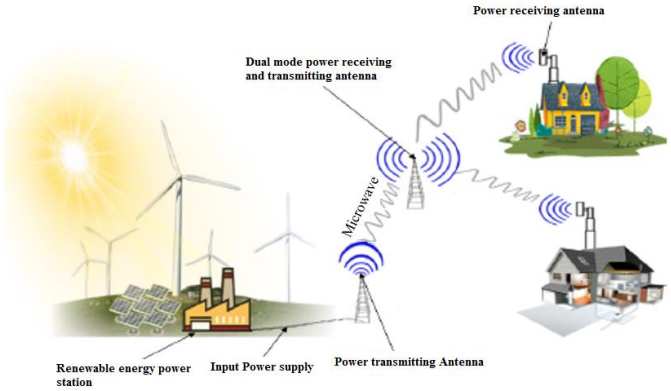


شکل **Error! No text of specified style in document.**-۷۰- کاربرد انتقال توان بیسیم جهت انتقال انرژی از ماهواره خورشیدی فضایی به سطح زمین



شکل Error! No text of specified style in document.**-۷۱- کاربرد انتقال توان بیسیم جهت انتقال انرژی به اجسام پرنده**

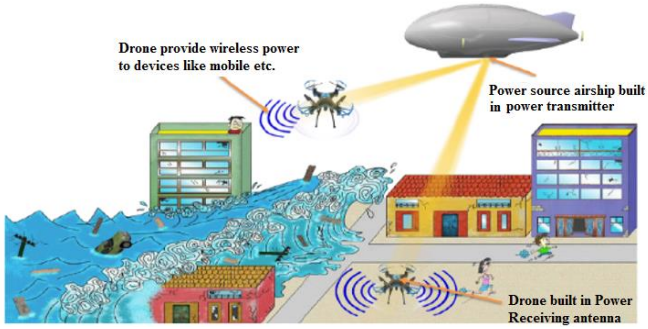
از دیگر کاربردهای ذکر شده برای فناوری انتقال توان بیسیم در ناحیه میدان دور، برق‌رسانی به نقاط دور افتاده و صعب‌العبور و همچنین مصرف‌کننده‌های دور افتاده و کم مصرف (که کابل‌کشی به آن نقاط به سهولت امکان‌پذیر نیست) می‌باشد. به عنوان نمونه، در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۷۲ انتقال انرژی بصورت بیسیم از منبع تولید پراکنده محلی به چند مشترک نشان داده شده است. در این نمونه از امواج مایکروویو برای انتقال انرژی استفاده شده است.



شکل Error! No text of specified style in document.**-۷۲- کاربرد انتقال توان بیسیم جهت انتقال انرژی از منابع تولید پراکنده محلی به مشترکین نزدیک**

همچنین استفاده از فناوری انتقال توان بیسیم با توجه به عدم نیاز به کابل‌کشی و فراهم نمودن بستر خاص و سرعت و سهولت بکارگیری، به منظور منبع انرژی پشتیبان جهت تامین برق اضطراری نقاط استراتژیک در هنگام وقوع بحران و اضطرار، نیز مطرح شده است. برای مثال در

شکل **Error! No text of specified style in document.**-۷۳نمونه‌ای از سیستم تامین برق اضطراری در شرایط بحران نشان داده شده است.



شکل **Error! No text of specified style in document.**-۷۳- نمونه‌ای از به‌کارگیری سیستم انتقال توان بیسیم جهت تامین برق اضطراری در شرایط بحران

۶-۹-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری انتقال توان بیسیم

در این بخش بر اساس کاربردهای مختلف فناوری انتقال توان بیسیم به بیان پروژه‌هایی پرداخته خواهد شد که در رفع چالش‌های صنعت برق و انرژی موثر خواهند بود. این پروژه‌ها در قالب جدول Error! **No text of specified style in document.**-۷۱ بیان شده‌اند [۳۳۷-۳۳۰].

ازآنجا که مهم‌ترین و موردتوجه‌ترین کاربرد فناوری انتقال توان بیسیم در حوزه صنعت برق و انرژی، شارژر بیسیم وسایل نقلیه برقی می‌باشد، حجم زیادی از تحقیقات و پروژه‌های تعریف شده در این خصوص در سطح دنیا، مرتبط با این کاربرد بوده است که برخی از مهم‌ترین آنها در جدول ارائه شده است. پس از آن حجم بسیاری از پروژه‌ها و تحقیقات انجام شده به کاربرد فناوری انتقال توان بیسیم در فناوری IoT و شبکه‌های WSN که در حوزه صنعت برق و انرژی نیز مطرح می‌باشند، پرداخته شده‌اند. همچنین تحقیقات گسترده و مختلفی نیز در زمینه روش‌های مختلف انتقال توان بیسیم به ویژه روش القای رزونانسی با هدف بهبود مشخصات فنی (افزایش راندمان انتقال، افزایش فاصله انتقال، کاهش حساسیت به همترازی فرستنده و گیرنده، امکان ارسال توان از یک فرستنده به چند گیرنده) و کاهش ابعاد آنتن‌ها/رزوناتورها انجام شده است.

ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
۱	UNPLUGGED (FP7-RANSPORT)	آلمان EU Commission	2012-2015	3 M €	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با	هدف: بررسی چگونگی به‌کارگیری شارژرهای بیسیم القایی در محیط‌های شهری و

ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	زیرساخت شارژ القایی هوشمند با هدف تسهیل و بهبود عملکرد آنها و بررسی نحوه ارتباط هوشمند EV ها با شبکه قدرت بدین منظور در این پروژه امکان سنجی فنی، نحوه عملکرد، قابلیت همکاری، تاثیرات اجتماعی اقتصادی شارژ القایی وسایل نقلیه برقی با دقت و با جزئیات مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در این راستا در این پروژه ساخت دو نمونه سیستم شارژ القایی هوشمند جهت بررسی عملکرد آنها و نحوه ارتباط هوشمند سیستم شارژ القایی با شبکه درنظر گرفته شده است.
۲	WiPASS (H2020-EU.1.3.2.)	فرانسه EU Commission	2019-2021	196 707 €	چالش ۵ – بهینه‌سازی	هدف: رفع مشکل تامین

ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					دارایی‌های موجود	انرژی موردنیاز تجهیزات در فناوری IoT با به‌کارگیری فناوری WPT در این پروژه انتقال در فرکانس‌های پایین‌تر با هدف انتقال انرژی در مسافت بیشتر و نفوذ بالاتر مد نظر قرار گرفته است. باتوجه به اینکه PoC این فناوری اثبات شده است، در حال حاضر تحقیقات به منظور توسعه و بهبود مشخصات فنی در حال انجام می‌باشد.
۳	MePower (H2020-EU.3. H2020-EU.2.3. H2020-EU.2.1.)	استونی EU Commission	1 July 2019– 30 Nov 2019	71429 €	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود	هدف: بهبود مشخصات فنی سیستم‌های انتقال توان بیسیم با ارائه روشی جهت بهبود عملکرد کوپلینگ مغناطیسی بین رزوناتورها

ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
۴	WPCN (H2020-EU.1.3.2.)	انگلیس EU Commission	2019-2021	195 454,80 €	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود	هدف: بررسی موضوع شبکه‌های مخابراتی با تامین انرژی بصورت بیسیم (WPCN) و رفع مشکلات مطرح درخصوص پیاده سازی. WPCN الگویی برای شبکه‌های مخابراتی بیسیم درآینده می‌باشد، که در این طرح، تامین انرژی و شارژ باتری تجهیزات مربوطه بصورت بیسیم انجام پذیرد. بدین منظور در این پروژه تکنیک‌های جدیدی ارائه و بررسی می‌گردد. نتایج این پروژه کاربردهای وسیعی در حوزه سیستم‌های مخابرات بیسیم نسل پنجم، فناوری IoT، شبکه‌های

ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
						WSN که حاوی تجهیزات و سنسورهای متعدد هستند، خواهد داشت.
۵	FASTINCHARG (FP7TRANSPORT)	فرانسه EU Commission	2012-2015	2.4 M €	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره	هدف: ارائه فناوری شارژ القایی سریع وسایل نقلیه برقی و سیستم کنترل هم‌ترازی به منظور بهبود مشخصات فنی و تسهیل فرآیند شارژ با هدف استفاده بیشتر از وسایل نقلیه برقی (انتقال 30kW توان به EV بصورت ساکن و یا در حال حرکت، با راندمان ۹۲ درصد و فاصله 10 cm.)
۶	Wireless charging of electric vehicles	آمریکا DOE Partners: Oak Ridge National Laboratory (Project Lead) Toyota Evatron Clemson	2012-2016	10.6 M $	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	هدف: توسعه فعالیت‌های تحقیقاتی مختلف انجام شده در حوزه فناوری شارژر بیسیم خودروهای برقی از سطح آزمایشگاهی به

ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خب	سطح عملیاتی با نصب این سیستم‌ها بر روی خودروها (رفع مشکلات و چالش‌های موجود در تجاری سازی ویکپارچه‌سازی ، انجام تست جهت ارزیابی سیستم و جمع‌آوری دیتا و پیشبرد استانداردهای مرتبط با این فناوری)
۷	Bi-directional wireless power flow for medium-duty vehicle-to-grid connectivity	آمریکا DOE Partners: CALSTART (project lead) ORNL (technical lead) UPS Workhorse Cisco	2017 -2019	2.6 M $	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خب	طراحی، شبیه‌سازی، ساخت و پیاده‌سازی و تست سیستم انتقال توان بیسیم دوطرفه برای ماشین‌های نیمه سنگین
۸	High power and dynamic wireless charging of electric vehicles (EVs)	آمریکا DOE Partners: Idaho National Laboratory National Renewable	2019 -2021	4M $	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و	هدف: تحلیل، طراحی، ساخت، ارزیابی و اعتبارسنجی سیستم شارژ دینامیکی بیسیم خودروها جهت شارژ در

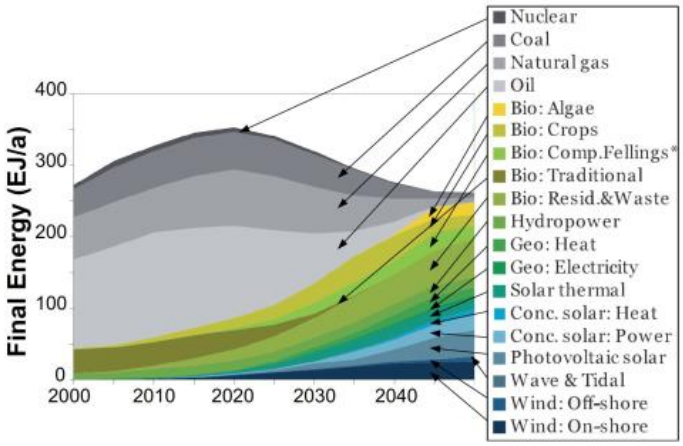
ردیف	نام پروژه	کشور/شرکت	تاریخ شروع و خاتمه	بودجه	چالش	شرح مختصری بر پروژه
		Energy Laboratory ORNL			یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۲ - توسعه سیستم‌های خب	حین حرکت متناسب با شرایط واقعی ترافیکی در آمریکا (بررسی چالش‌ها و مشکلات و هزینه اقتصادی لازم، زیرساخت مورد نیاز، فناوری های نوین)

جدول .Error! No text of specified style in document-۷۱ پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق

۱۰-۳-۳- استحصال انرژی[1]

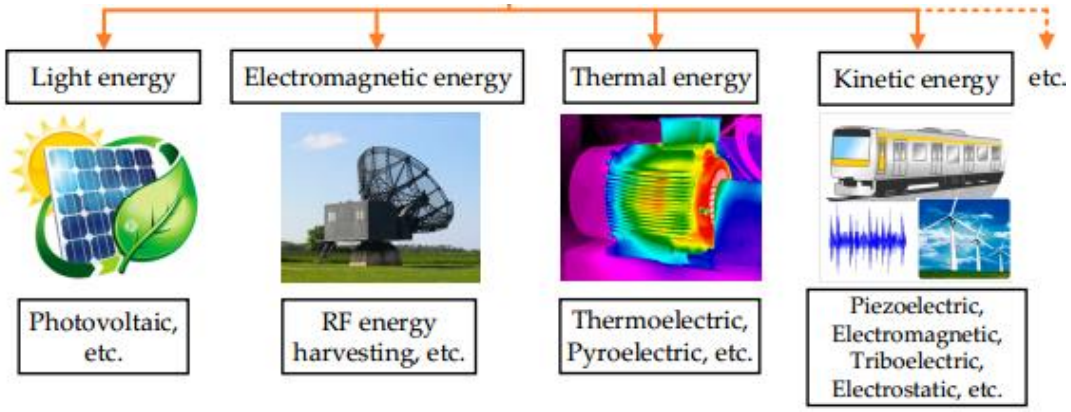
از آنجایی که جمعیت جهان روز به روز در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۹ بیلیون جمعیت داشته باشد، نیاز به تولید و مصرف انرژی بخصوص انرژی الکتریکی نیز یک روند صعودی در پیش دارد. با کم شدن ذخایر نفت و زغال‌سنگ و آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی، اشاعه گازهای سمی و گلخانه‌ای و اثرات مخرب زیست محیطی آن‌ها مانند گرمایش زمین و همچنین ظهور فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر سلول‌های خورشیدی، توربین‌های بادی، استحصال برق و غیره که مشکلات ناشی از سوخت‌های فسیلی در آن‌ها به مراتب کم‌تر است، نگاه تولید انرژی در سال‌های آینده به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد بود. همان‌طور که در شکل **.No text of specified style in document**-Error! ۷۴ نشان داده شده است، میزان تولید انرژی‌های تجدید پذیر تا سال ۲۰۶۰ صعودی و انرژی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی مانند نفت و زغال‌سنگ و انرژی‌های خطرناکی مانند انرژی هسته‌ای نزولی یا در همان سطح قبلی پیش‌بینی می‌شوند [۳۳۸].

[1] Energy Harvesting



شکل .Error! No text of specified style in document–**۷۴– میزان تولید انرژی توسط روش‌های مختلف در سال‌های گذشته و آینده [۳۳۸]**

استحصال برق به فناوری یا فناوریی اطلاق می‌شود که از انرژی‌های موجود مانند انرژی گرمایی، خورشیدی، مکانیکی و الکترومغناطیسی به انرژی الکتریکی با ولتاژ مستقیم تبدیل شوند. این ولتاژ معمولا برای تغذیه وسایل برقی که نیاز به شارژ کمی دارند استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل **No text of specified style in document.** !Error–۷۵ نشان داده شده است برای نمونه می‌توان به استفاده از سلول‌های خورشیدی برای تامین برق منزل، استفاده از انرژی گرمایش زمین برای چرخاندن توربین‌های بخار و انرژی گرمایی هدر رفت ماشین‌های دوار، استفاده از حرکت نوسانی ریل‌های قطار یا سلول‌های پیزوالکتریک در کف خیابان‌ها و سرعت‌گیرها اشاره نمود [۳۳۹].



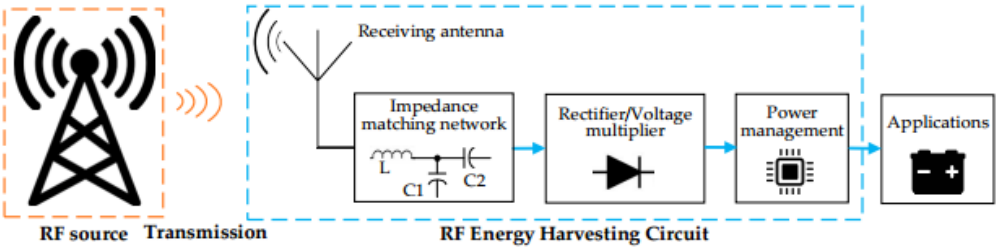
شکل .Error! No text of specified style in document–**۷۵– انرژی‌های مختلف برای استحصال برق [۳۳۹]**

انرژی دیگری که بیشتر می‌تواند مرتبط با تخصص‌های گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات باشد استحصال برق از طریق امواج الکترومغناطیسی است که محدوده فرکانسی این امواج می‌تواند از چند کیلوهرتز تا امواج موج میلیمتری و تراهرتز باشد. تاریخچه استحصال برق به فناوری RFID برمی‌گردد که به طور کلی به سه دسته فعال، غیرفعال و نیمه فعال تقسیم می‌شوند. در حالت فعال یا نیمه فعال، RFID با استفاده از منبع توان الکتریکی به صورت دائم یا ناپیوسته، امواج را به سمت وسیله‌ای که با آن در ارتباط است می‌فرستد. اما در حالت غیر فعال لازم است که RFID بتواند بدون اتصال به برق یا باطری از انرژی امواج

الکترومغناطیسی که به آن تابیده شده، انرژی لازم برای ساطع کردن امواج به سمت گیرنده را کسب نماید. امواج الکترومغناطیسی که در اطراف ما حضور دارند شامل امواج رادیو، تلویزیون، موبایل و شبکه‌های بی‌سیم هستند که معمولا از چند صد مگاهرتز تا چند گیگاهرتز هستند و سطح توان آن‌ها در حدود 30 dBm- است زیرا به دلیل استانداردهای رگولاتوری برای عدم ایجاد تداخل سطح توان از یک حدی بیشتر نمی‌تواند باشد. البته باید به این نکته نیز توجه نمود که چگالی توان تشعشعی از فرستنده با توان دوم از پارامترهای فرکانس و فاصله رابطه دارد و هر چه از منبع دور می‌شویم تضعیف سطح سیگنال بیشتر خواهد بود.

همان‌طور که در شکل **! No text of specified style in document.**–Error ۷۶ ملاحظه می‌شود، به طور کلی یک سیستم استحصال برق از انرژی الکترومغناطیسی شامل آنتن، فیلتر یا تطبیق‌دهنده، یکسوساز،کنترلر و یک ذخیره‌کننده تشکیل شده است. بسته به باند فرکانسی ممکن است فناوری‌های آنتن، شبکه تطبیق و یکسوساز دارای فناوری‌های متفاوتی باشند. به طور کلی می‌توان این فناوری‌ها را به دسته‌های VHF-UHF، مایکروویو، موج میلیمتری و تراهرتز تقسیم‌بندی نمود.

در صنعت برق در خطوط انتقال و توزیع از فرکانس ۵۰ هرتز استفاده می‌شود که می‌توان امواج الکترومغناطیسی اطراف آن را شبه ساکن تلقی کرد. اندازه میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در اطرف این خطوط نیز بالاست می‌توان از استحصال‌کننده‌های برق از انرژی الکتریکی یا مغناطیسی در مجاورت این خطوط استفاده نمود که در این صورت مکانیسم استحصال با حالت نشان داده شده در شکل **! No text of specified style in document.**–Error ۷۶ متفاوت خواهد بود. استحصال برق از انرژی الکترومغناطیسی در باندهای موبایل و شبکه‌های بی‌سیم، اهمیت بیشتری دارند اما در آینده ممکن است با فراگیر شدن فناوری 5G، امواج موج میلیمتری و تراهرتز نیز مورد توجه قرار گیرند.



شکل **! No text of specified style in document.**–Error **۷۶ شماتیک یک ماژول استحصال برق از انرژی الکترومغناطیسی [۳۳۹]**

۱-۱-۱۰-۳-۳- مزایای استحصال برق

امروزه اکثر وسایل با انرژی برق کار می‌کنند و در صورتی که نیاز به جابجایی و سیار بودن داشته باشند غالبا به باطری مجهز هستند. این باطری‌ها علاوه بر این که نیاز به تعمیر و نگه‌داری دارند دارای طول عمر مشخصی نیز هستند. یکی از فناوری‌هایی که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته بحث اینترنت اشیاء و استفاده از حسگرهایی است که پارامترهای مشخصی را آشکارسازی کرده و با استفاده از فناوری‌های مخابراتی اطلاعات آن را به یک کنترل‌کننده منتقل می‌کنند. این کنترل‌کننده پس از پردازش این اطلاعات دستورات لازم را به کلیدها یا سوئیچ‌های مربوطه مخابره می‌کند. یکی از پارامترهای مهم نیز در بحث اینترنت اشیاء، سیار بودن و قابلیت تحرک است. در نتیجه استفاده از ارتباطات سیمی در آن‌ها بسیار کم‌رنگ است و نیاز به باطری یا منبع انرژی سیار دارند. امروزه اکثر فناوری‌های مخابراتی که برای اینترنت اشیاء استفاده می‌شود به مصرف انرژی پایین تاکید دارند تا طول عمر باتری را افزایش و نیاز به تعمیر و نگه‌داری را کاهش دهند. در نتیجه در صورتی که انرژی برق بتواند به طریقی، از انرژی‌های دیگر

بدست آید نیاز به تعمیر و نگه‌داری بشدت کاهش پیدا می‌کند، زیرا نیاز به تعوض باطری نیست و حسگرها می‌توانند در محل‌هایی که دسترسی آسانی ندارند نصب شوند. به این ترتیب در هزینه استفاده از باطری و تعویض آن در بلند مدت صرفه‌جویی می‌شود.

۲-۱-۱۰-۳-۳- معایب استحصال برق

در بسیاری از موارد انرژی الکترومغناطیسی یا انرژیی که قرار است به برق تبدیل شود بسیار اندک و ناچیز است. خصوصا انرژی الکترومغناطیسی به فاصله از منبع بسیار وابسته است. همچنین به دلیل استانداردهای سازگاری الکترومغناطیسی باید توان فرستنده‌ها به حدی پایین باشد که بر روی وسایل دیگر اثر مخربی نداشته باشد.

بخش‌های مختلف یک استحصال‌کننده برق مانند آنتن و دیگر اجزاء یک بازدهی مشخصی دارند و مقداری از انرژی دریافت شده را هدر می‌دهند. در نتیجه طراحی آنتن، شبکه تطبیق و یکسوکننده‌ای که بازدهی بالایی داشته باشند، خود به یک دانش و فناوری بالایی نیاز دارد. یکی از مشکلات دیگر هزینه و زمان اولیه‌ای است که برای تولید یک استحصال‌کننده برق در ابتدا باید صرف شود.

۳-۱-۱-۳-۳- کاربردهای استحصال برق در صنعت برق

یکی از فناوری‌هایی که امروزه در صنعت برق بسیار مورد توجه است، خانه هوشمند، شهر هوشمند و شبکه برق هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء می‌باشد که نیاز به کنتورهای و حسگرهای متعددی دارد. می‌توان تجهیزات این فناوری را در نزدیکی آنتن‌های نقط به نقطه[1] ایستگاه‌های انتقال و توزیع که برای ارتباطات بی‌سیم یا ماهواره‌ای به کار می‌روند، نصب نمود. این ایستگاه‌ها شامل تعداد زیادی حسگر دما، رطوبت، فشار، سرعت موتور، نویز و پارامترهای دیگر هستند. استفاده از گره‌های حسگر با استحصال برق از انرژی الکترومغناطیسی می‌تواند نیاز به تعمیر و نگه‌داری و هزینه‌ها را کاهش دهد.

در نقاطی که دسترسی به آن‌ها آسان نیست مانند دودکش‌ها که باید از لحاظ اشاعه گازهای سمی مورد پایش قرار گیرند یا نقاطی که برای هواشناسی باید بررسی شوند و معمولا از شهرها دورند، ممکن است انتقال توان بی‌سیم و استحصال برق از طریق امواج الکترومغناطیسی گزینه مناسبی برای حسگرها باشد.

امروزه بحث هوشمندسازی محیط‌های شهری و همچنین خانه‌ها با استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم که توسط یکی از فناوری‌های مخابراتی با یکدیگر در ارتباط هستند، مطرح می‌باشد. در نتیجه در باندهای مختلف فرکانسی امواج مختلفی در محیط‌های شهری و خانه‌ها وجود دارند. همه انرژی این امواج به دلیل برخورد به موانع یا همه جهته بودن آنتن‌های فرستنده، توسط آنتن گیرنده دریافت نمی‌شود و بیشتر توسط اتلاف مسیر هدر می‌رود. با استحصال برق از امواج الکترومغناطیسی می‌توان از این هدر رفت جلوگیری نمود.

٤-۱-۱۰-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری استحصال برق

در شکل **No text of specified style in document.** !Error-۷۷ به تعدادی از پروژه‌های انجام شده در زمینه استحصال برق از انرژی الکترومغناطیسی اشاره شده است.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
استفاده از انرژی الکترومغناطیسی خطوط برق [۳۴۰]	استحصال برق	آمریکا/دانشگاه کالیفرنیا	۲۰۱۸/عدم درج بودجه در منبع	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی	استفاده از یک سلف برای تبدیل انرژی الکترومغناطیسی خطوط برق به ولتاژ مستقیم

[1] Point-to- point

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	برای منبع تغذیه دستگاه نمایشگر آلودگی هوا
استفاده از انرژی خطوط قطار برای استحصال برق [۳۴۱]	استحصال برق	فرانسه/ دانشگاه لیل و انستیوی ریلنیوم	۲۰۱۹/ عدم درج بودجه در منبع	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	استفاده از متامتریال برای تبدیل انرژی مکانیکی خطوط ریلی به ولتاژ مستقیم
استفاده از انرژی مغناطیسی خطوط برق [۳۴۲]	استحصال برق	انگلستان/ Centre for Global Eco-Innovation	۲۰۱۵/ عدم درج بودجه در منبع	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	استفاده از یک سلف برای تبدیل انرژی مغناطیسی خطوط برق به ولتاژ مستقیم برای تامین منبع تغذیه روشنایی و دستگاه‌های هواشناسی
ساخت کنتور بدون نیاز به منبع تغذیه[۳۴۳]	استحصال برق	آمریکا/ Georgia Institute of Technology	۲۰۱۲/ عدم درج بودجه در منبع	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	برای تغذیه کنتورهای برق خانه هوشمند به کار می‌رود. این کنتور تغذیه خود را از کوپلاژ خط برق ورودی تامین می‌کند و به صورت مستقیم به آن متصل نیست.
ساخت گیرنده ۵۴۰ میکرو واتی [۳۴۴]	استحصال برق	آمریکا/ دانشگاه Texas A&M	۲۰۱۶/ عدم درج بودجه در منبع	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدی	این سیستم انرژی خود را در فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز از امواج فرستنده موبایل تامین می‌کند و برای کاربردهای IoT است.
ساخت گیرنده چند بانده [۳۴۵]	استحصال برق	آمریکا/ Northeastern University	۲۰۱۸/ عدم درج بودجه در منبع	چالش ۵بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدی	این گیرنده در سه باند ۹۰۰، ۸۵۰ و ۷۰۰ مگاهرتز کار می‌کند که برای تغذیه سنسورها و وسایل IoT است
ساخت گیرنده [۳۴۶]	استحصال برق	آمریکا/ Ryerson University	۲۰۱۷/ عدم درج بودجه در منبع	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده	برای کاربردهای شهر هوشمند

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				از فناوری‌های جدی	

شکل .Error! No text of specified style in document**-۷۷- پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق**

۱۱-۳-۳- آنتن

در همه وسایل مخابراتی که نیاز به تبادل پیام با دیگر وسایل دارند از آنتن استفاده می‌شود. آنتن در حقیقت وسیله‌ای است که می‌تواند یک سیگنال ورودی RF را با فضای آزاد تطبیق امپدانس داده و سیگنال ورودی با برگشت کمی از آنتن در فضا منتشر شود. پارامترهای کاری مهم در یک آنتن فرکانس کاری، پهنای باند، الگوی تشعشعی[1]، بهره[2]، پهنای بیم نیم توان[3] هستند که همگی از مشخصات فیزیکی و ساختاری آنتن بدست می‌آیند. در ادامه مختصری در مورد تعریف هر یک از این پارامترها توضیحاتی داده شده است. همچنین آنتن‌ها می‌توانند کاربردهای زیادی در صنعت برق داشته باشند که از آن جمله می‌توان به برقراری ارتباطات بین تجهیزات مخابراتی در شبکه‌های هوشمند برق (ارتباطات بلوتوث، وای فای، 4G، 5G، مخابرات ماهواره‌ای و غیره)، انتقال توان به صورت بی‌سیم و تست‌های شیلدینگ و EMC تجهیزات اشاره نمود.

۱-۱۱-۳-۳- معرفی پارامترهای آنتن

۱-۱-۱۱-۳-۳- فرکانس کاری و پهنای باند

این پارامترها ارتباط مستقیمی با انعکاس سیگنال ارسالی از ورودی آنتن دارند. از آن‌جا که همه توان سیگنال ارسالی از طریق آنتن به فضای آزاد منتقل نمی‌شود مقداری از آن از ورودی آنتن منعکس می‌شود. نسبت توان سیگنال بازتاب شده به توان سیگنال ارسالی معمولا بر حسب دسیبل (لگاریتم در مبنای ۱۰) بیان می‌شود که به آن انعکاس ورودی گفته می‌شود. برای ادوات الکترومغناطیسی چند پورتی معمولا یک ماتریس پراکندگی[4] تعریف می‌شود و از آنجا که آنتن تنها دارای یک ورووردی است پارامتر انعکاس از پورت ورودی معادل S_{11} آنتن خواهد بود.

برای این که آنتن عملکرد مناسبی داشته باشد باید انعکاس از پورت ورودی آن کم باشد. معمولا اگر مقدار انعکاس کم‌تر از 10- dB باشد، آنتن در محدوده عملکردی تلقی می‌شود. البته این حد آستانه می‌تواند متناسب با کاربرد آنتن کم‌تر یا بیشتر در نظر گرفته شود. پهنای باند آنتن محدوده فرکانسی است که انعکاس از ورودی آنتن از این حد آستانه کم‌تر باشد. فرکانس کاری آنتن نیز آن فرکانسی است که در پهنای باند آنتن قرار داشته و کم‌ترین میزان انعکاس را به خود اختصاص داده است.

۲-۱-۱۱-۳-۳- بهره آنتن

اگر آنتن در همه جهات به طور یکسان تشعشع نماید آن را آنتن همه جهتی[5] می‌نامند. در این حالت بهره آنتن برابر یک است. در صورتی که آنتن جهتی باشد یعنی در جهاتی، اندازه میدان تشعشع شده بیشتر یا کم‌تر از دیگر جهات باشد، نسبت توان تشعشع شده در یک جهت خاص به توان تشعشع شده در حالتی که آنتن همه جهتی باشد را بهره آنتن گویند. بهره آنتن که تنها یک نسبت است دارای واحد نیست و معمولا بر حسب دسیبل (لگاریتم در مبنای ۱۰) بیان می‌شود. بهره آنتن به مشخصات فیزیکی آنتن و خصوصا

[1] Propagation pattern
[2] Gain
[3] Half Power Beam Width
[4] Scattering Matrix
[5] Omnidirectional

سطح موثر آنتن بستگی دارد. اگر آنتن در مبداء مختصات قرار داشته باشد، بهره آنتن تابعی از مختصات نقطه‌ای از فضا است که در آن بهره آنتن اندازه‌گیری می‌شود. معمولا بهره آنتن بر حسب مختصات کروی بیان می‌گردد.

۳-۱-۱۱-۳-۳- الگوی تشعشعی

اگر اندازه میدان تشعشعی در ناحیه دور از آنتن اندازه‌گیری شود و به حداکثر اندازه میدان نرمالیزه شود، الگوی تشعشعی آنتن بدست می‌آید. الگوی تشعشعی آنتن نیز مانند بهره آنتن یک پارامتر سه بعدی است ولی برای آسانی در رسم نمودار معمولا به صورت دو بعدی در صفحاتی که برشی از فضای سه بعدی هستند نمایش داده می‌شود. معمولا در جهت اصلی تشعشع آنتن یک لوب اصلی[۱] و در جهت خلاف آن یک لوب پشتی[۲] تشکیل می‌شود. بین این دو لوب نیز ممکن است چندین لوب فرعی[۳] تشکیل گردد. نسبت دامنه لوب‌های فرعی به لوب اصلی به عنوان پارامتری به نام سطح لوب فرعی[۴] تعریف می‌شود که این پارامتر نیز معمولا بر حسب دسیبل بیان می‌گردد.

۲-۱۱-۳-۳- پهنای بیم نیم توان (HPBW)

معمولا در صورتی که آنتن به درستی طراحی شده باشد، قسمت زیادی از توان آنتن در لوب اصلی آنتن قرار دارد. بین لوب اصلی و لوب‌های فرعی مجاور و همچنین بین لوب‌های فرعی نواحیی وجود دارد که میدان بسیار ضعیف است و به آن‌ها Null گفته می‌شود، در نتیجه میدان الکتریکی در یک نقطه از لوب که معمولا در مرکز لوب قرار دارد، حداکثر است و هر چه به اطراف لوب نزدیک شویم این میدان کاهش می‌یابد. زاویه‌ای که در آن توان ارسالی به نصف توان ارسالی در نقطه حداکثر لوب برسد را زاویه نیم توان گویند که در این نقطه توان ارسالی به اندازه 3 dB پایین‌تر از توان ارسالی حداکثر است.

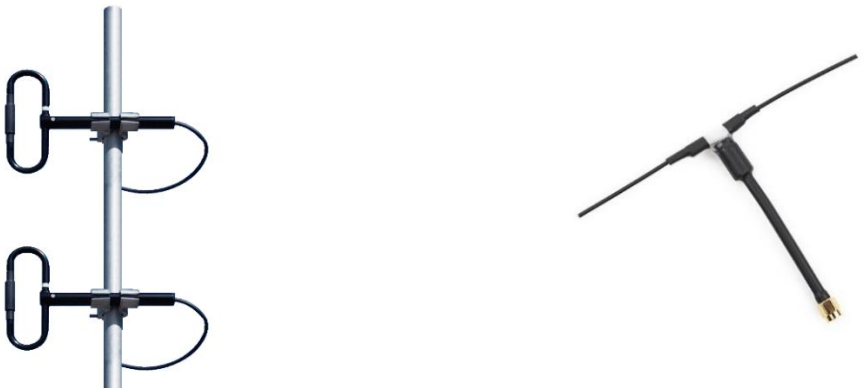
۳-۱۱-۳-۳- انواع آنتن

آنتن‌ها داری انواع بسیار گوناگونی هستند که توضیح در مورد همه آن‌ها در اینجا از حوصله بحث خارج است. در این قسمت سعی شده تعدادی از انواع آنتن‌ها که کاربرد بیشتری در صنعت برق دارند و یا دارای فناوری جدیدتری هستند معرفی شوند.

۱-۳-۱۱-۳-۳- آنتن دوقطبی[۵]

این آنتن یک آنتن تک فرکانس است و پهنای باند باریکی دارد. این آنتن می‌تواند از نوع سیمی یا مایکرواستریپ باشد و از دو قطعه فلزی تشکیل شده که سیگنال ورودی و زمین به این دو قطعه متصل می‌شوند. فرکانس کاری به طول این دو قطعه بستگی دارد که نوع معروف این آنتن، آنتن یک چهارم طول موج است. نوع دیگری از این آنتن نیز وجود دارد که این دو قطعه تا شده و به یکدیگر متصل می‌شوند که به آن آنتن دوقطبی تاشده[۶] گفته می‌شود و در انتهای آنتن تلویزیون معمولا از این نوع استفاده می‌شود. یک نمونه آنتن دو قطبی معمولی و تاشده در شکل **No text of specified style in document.** !Error–۷۸ نشان داده شده اند.

[1] Main Lobe
[2] Back Lobe
[3] Side Lobe
[4] Side Lobe Level (SLL)
[5] Dipole Antenna
[6] Folded Dipole



شکل .Error! No text of specified style in document–**۷۸**– **آنتن دوقطبی معمولی و تاشده**

۲-۳-۱۱-۳-۳- آنتن تک قطبی

این آنتن بر خلاف آنتن دو قطبی دارای پهنای باند زیادی است و بهره کمی نزدیک به صفر دسیبل دارد. این آنتن از یک قطعه فلزی یا یک سیم تشکیل شده که بر روی یک صفحه زمین قرار دارد. سیگنال ورودی و زمین به ترتیب به این قطعه فلزی و زمین آنتن متصل می‌شوند. این آنتن نیز دارای انواع سیمی و مایکرواستریپ است که یک نمونه سیمی آن در

شکل **Error! No text of specified style in document.**–۷۹ نشان داده شده است.

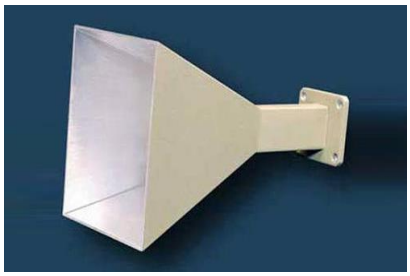


شکل .Error! No text of specified style in document–**۷۹- یک نمونه آنتن مونوپل سیمی**

٤-۱۱-۳-۳- آنتن شیپوری[1]

دسته‌ای دیگر از آنتن‌ها که دارای بهره مناسب‌تری نسبت به آنتن‌های سیمی و مایکرواسترسپ هستند، آنتن‌های شیپوری می‌باشند. فرکانس کاری و مشخصات تشعشعی آنتن تابع ابعاد دهانه آنتن و عمق آن است. یک آنتن شیپوری ساده دارای پهنای باند باریکی است اما با قرار دادن تیغه‌هایی در داخل شیپور آنتن یا با شیار دار کردن و دندانه دار کردن دیواره‌های شیپور آنتن می‌توان آنتن بسیار پهن باندی بدست آورد. در شکلشکل **.No text of specified style in document** !Error–۸۰ آنتن شیپوری ساده، آنتن شیپوری پهن باند و آنتن شیپوری شیاردار۲ نشان داده شده اند.







شکل .Error! No text of specified style in document–**۸۰- برخی از انواع آنتن شیپوری**

۱-٤-۱۱-۳-۳- آنتن حلقوی

آنتن حلقوی ساده از یک سیم به شکل فنر تشکیل شده است که بر روی یک صفحه زمین قرار دارد. سیگنال ورودی و زمین به ترتیب به این سیم فنری و صفحه زمین متصل می‌شوند. این آنتن، یک آنتن تک فرکانس با پهنای باند کم است ولی با به کار بردن روش‌های مختلفی مانند مخروطی کردن سیم فنری می‌توان پهنای باند آن را افزایش داد. به جای یک سیم فنری ممکن است از دو یا چهار سیم نیز استفاده شود که الگوی تشعشعی آنتن را تغییر می‌دهد و پهنای باند را زیاد می‌کند که به ترتیب به آن‌ها

[1] Horn antenna
[2] Corrugated Horn Antenna

بایفیلار[1] و کودرافیلار[2] گفته می‌شود و برای مخابرات ماهواره‌های LEO کاربرد دارند. یک آنتن حلقوی ساده و یک آنتن کوادرافیلار در شکل **.No text of specified style in document**–Error! ۸۱ آورده شده‌اند.





شکل .No text of specified style in document–Error! **۸۱– آنتن حلقوی یا هلیکس معمولی و کوادرافیلار**

۲-٤-۱۱-۳-۳- آنتن‌های بشقابی

آنتن‌های بشقابی معمولا از یک آنتن تغذیه به شکل آنتن شیپوری در مقابل یک صفحه فلزی یا بشقاب تشکیل شده‌اند. امواج منتشر شده از آنتن شیپوری به صفحه بشقاب برخورد کرده و به صورت همفاز در ناحیه دور از آنتن با یکدیگر جمع می‌شوند که منجر به افزایش بهره آنتن خواهد شد. این آنتن در فرکانس‌های مختلفی از چندین گیگاهرتز تا چند صد گیگاهرتز کاربرد دارد و می‌توان بهره‌های بسیار بالای در حدود 40-50 dB نیز داشته باشد. به همین منظور در مخابرات ماهواره‌ای یا دور برد که اندازه سیگنال‌ها در طول مسیر افت زیادی دارند، معمولا از این آنتن استفاده می‌شود. همچنین برای تصویر برداری‌های هواشناسی و اخترشناسی انواع غول‌پیکر آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع از آنتن دارای باند باریکی است و انواع مختلفی دارد. انواع مختلفی از آنتن‌ها می‌توانند به جای آنتن تغذیه استفاده شوند و همچنین محل آنتن تغذیه نیز می‌تواند در مرکز بشقاب قرار نداشته باشد.





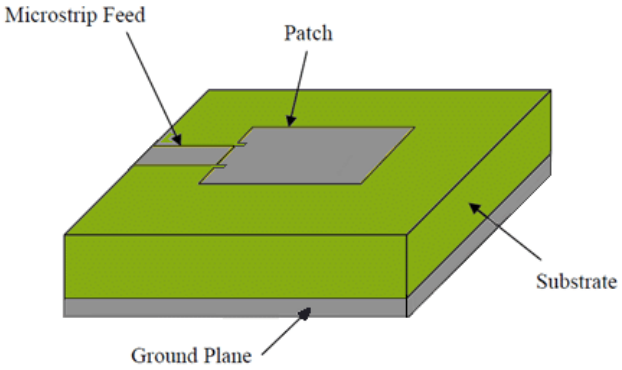
شکل .No text of specified style in document–Error! **۸۲ دو نمونه از آنتن‌های بشقابی**

۳-٤-۱۱-۳-۳- آنتن‌های مایکرواستریپ

معمولا در گذشته بسیاری از آنتن‌ها از جنس فلز بودند، اما امروزه به دلیل سبکی، راحتی ساخت و کم‌حجم بودن از آنتن‌های مایکرواستریپی استفاده می‌شود که بر روی زیرلایه‌های نازکی پیاده‌سازی می‌شوند. زیرلایه از جنس دی‌الکتریکی با تلفات بسیار پایین است. معمولا در یک طرف زیر لایه یک لایه مس نشانده شده که به عنوان صفحه زمین استفاده می‌شود و در طرف دیگر

[1] Bifilar
[2] Quadrafilar

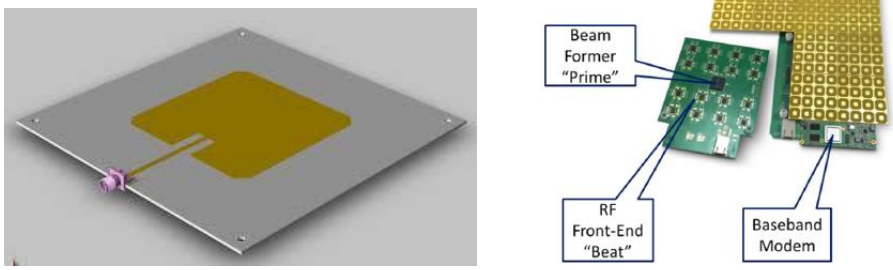
عنصر تشعشع‌کننده که patch نام دارد قرار دارد. شماتیکی از این آنتن در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۸۳ نشان داده شده است. البته انواع بسیار متنوعی از آنتن‌های مایکرواستریپ وجود دارد و ممکن است یک آنتن دارای چندین زیرلایه و رو لایه باشد. مشخصات آنتن نیز به ابعاد عنصر تشعشع‌کننده و جنس دی‌الکتریک زیرلایه و رولایه‌های آنتن بستگی دارد.



شکل .Error! No text of specified style in document-**۸۳- یک نمونه آنتن Patch مایکرواستریپ**

٤-٤-١١-٣-٣- آنتن‌های آرایه‌ای

این آنتن‌ها معمولا بهره بالایی ندارند و برای بالابردن بهره از چندین آنتن در کنار یکدیگر استفاده می‌شود که به آن‌ها آنتن‌های آرایه‌ای[1] گفته می‌شود. یک نمونه آنتن مایکروستریپی تکی و آرایه‌ای در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۸۴ نشان داده شده است. آنتن‌های آرایه‌ای می‌توانند هم در فرستنده و هم در گیرنده حضور داشته باشند و آنتن‌هایی که هم در گیرنده و هم فرستنده دارای چندین آنتن باشند، سیستم‌های MIMO[2] گویند. استفاده از این آنتن‌ها در کنار یکدیگر با فواصل مشخص این قابلیت را به آنتن اضافه می‌کند که با تغییر دادن اندازه و فاز ورودی آنتن‌ها بتوان بیم آنتن را در جهت مورد نیاز چرخاند یا الگوی تشعشعی دلخواهی را بدست آورد.



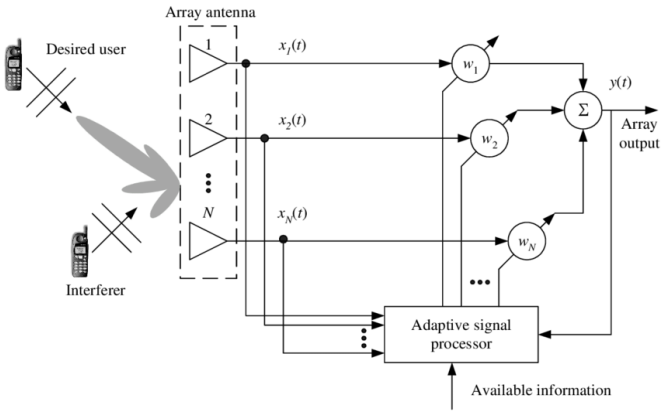
شکل .Error! No text of specified style in document-**۸۴- یک آنتن آرایه‌ای و تکی مایکرواستریپ**

[1] Array Antenna

[2] Multiple Input-Multiple Output

۵-٤-۱۱-۳-۳- آنتن‌های هوشمند

قابلیت تغییر بیم آنتن یکی از مشخصات آنتن‌های هوشمند[1] می‌باشد. این آنتن‌ها با استفاده از الگوریتم‌های پردازش سیگنال که بر روی سیگنال‌های ارسالی و دریافتی آنتن انجام می‌شود، می‌توانند با تغییر بیم آنتن گیرنده، فضا را پایش کرده و محل فرستنده‌های مورد نظر و مزاحم را تشخیص دهند و بیم آنتن را به گونه‌ای تنظیم کنند که بیشترین توان دریافتی را از فرستنده مورد نظر داشته باشد. این کار با استفاده از آرایه‌ای از آنتن‌ها و تغذیه مناسب آن‌ها مطابق
شکل **.Error! No text of specified style in document**-۸۵ انجام می‌شود. دو نوع کلی آنتن هوشمند، آنتن‌هایی با بیم قابل سوئیچ[2] و آنتن‌های آرایه‌ای بهینه[3] هستند. آنتن‌های با بیم قابل سوئیچ بیم آنتن را بین چند حالت مشخص تغییر دهند اما آنتن‌های آرایه‌ای بهینه می‌توانند به طور پیوسته این تغییر را ایجاد کنند.

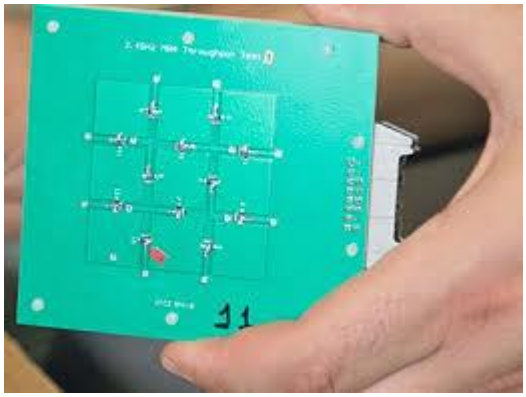


شکل **.Error! No text of specified style in document**-۸۵- چرخش بیم آنتن هوشند با استفاده از آرایه‌ای از آنتن‌ها و تغذیه بهینه آن‌ها

٦-٤-۱۱-۳-۳- آنتن‌های دارای پیکربندی مجدد

یک نمونه از آنتن‌هایی که قابلیت سوئیچ بین بیم‌های مختلف را دارند آنتن‌های قابل پیکربندی[4] هستند که از ادواتی مانند دیودهای فرکانس بالا یا سوئیچ‌های MEMS[5] در ساخت آن‌ها استفاده می‌شود. در حقیقت با خاموش و روشن شدن این سوئیچ یا دیودها، شکل فیزیکی آنتن و به تبع آن فرکانس کاری یا الگوی تشعشعی آن تغییر می‌کند.

[1] Smart Antenna
[2] Switched Beam Antenna
[3] Adaptive Array Antenna
[4] Reconfigurable Antenna
[5] Micro electromechanical systems



شکل .Error! No text of specified style in document–**۸۶– نمونه‌ای از آنتن با پیکر بندی مجدد با استفاده از دیود**

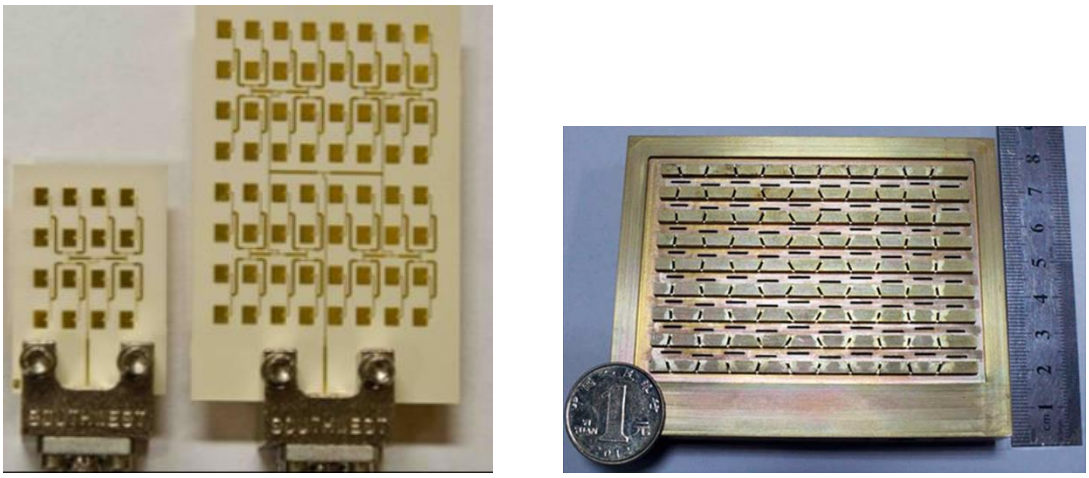
۷-٤-۱۱-۳-۳- آنتن‌های پهن باند و چند بانده

از لحاظ پهنای باند می‌توان آنتن‌ها را به دو دسته کلی باریک باند و پهن باند تقسیم نمود. آنتن‌های پهن باند می‌توانند کل یک باند بزرگ مانند باند ISM[1] را پوشش داده یا در چندین باند جداگانه اطلاعات را ارسال و دریافت نمایند که به آن‌ها آنتن‌های چند بانده[2] گفته می‌شود. برای مثال تجهیزاتی که مجهز به ادوات اینترنت اشیاء هستند ممکن است با شبکه‌های مخابراتی مختلفی در باندهای مختلف فرکانسی ارتباط داشته باشند. استفاده از یک آنتن با چندین باند ارسال می‌تواند نسبت به داشتن چندین آنتن در باندهای مختلف به صرفه‌تر و کم‌حجم‌تر باشد.

۸-٤-۱۱-۳-۳- آنتن‌های موج میلیمتری

آنتن‌های تجاری می‌توانند در فرکانس‌های مختلفی از فرکانس‌های بسیار پایین در حدود چند کیلو هرتز تا ده گیگاهرتز که انتهای باند ISM است کار کنند و فرکانس‌های بالاتر نیاز به مجوز از سازمان تنظیم قوانین و مقررات رادیویی دارد و باندهای فرکانسی بالاتر معمولا در اختیار ارگان‌های نظامی قرار داد. با پیشرفت علم و فناوری ساخت آنتن‌های نظامی به سمت فرکانس‌های بالاتر رفته و فرکانس‌های بالاتری در اختیار آنتن‌های تجاری قرار داده می‌شود. یک نمونه از این آنتن‌ها، آنتن‌های موج میلیمتری[3] هستند که در فناوری‌های نسل پنجم و ششم موبایل کاربرد دارند. دو نمونه آرایه‌ای از آنتن‌های موج میلیمتری در شکل Error! **No text of specified style in document.**–۸۷ نشان داده شده‌اند

[1] Industrial, Scientific and Medical radio band
[2] Multiband Antenna
[3] Millimeter wave antenna



شکل .Error! No text of specified style in document-۸۷ دو نمونه از آنتن‌های آرایه‌ای موج میلیمتری

۵-۱۱-۳-۳- مزایای آنتن

وجود آنتن برای سیستم‌های گیرنده و فرستنده الزامی است. معمولا امپدانس سیگنال ارسالی با امپدانس فضای آزاد تطبیق نیست و این عدم انطباق باعث می‌شود که قسمت عمده‌ای از سیگنال ارسالی از پورت خروجی به داخل سیستم فرستنده بر گردد. از طرفی بدون وجود آنتن سیگنال الکترومغناطیسی موجود در فضا راهی به درون سیستم گیرنده نخواهد داشت و قسمت زیادی از سیگنال از پورت ورودی به فضای آزاد برمی‌گردد. همانطور که قبلا نیز اشاره شد امروزه تاکید طراحان آنتن بیشتر بر آنتن‌های مایکرواستریپی است که می‌توانند فضای بسیار کمی را اشغال کنند و وزن بسیار سبکی دارند و به آسانی با دیگر ادوات گیرنده و فرستنده که بر روی برد پیاده‌سازی می‌شوند قابل تجمیع شدن هستند. به همین ترتیب در آنتن‌های آرایه‌ای نیز شبکه تطبیق و المان‌ها همگی بر روی یک برد نازک قابل چاپ هستند.

در آنتن‌های MIMO و Massive MIMO، آنتن‌های آرایه‌ای باعث بالابردن بهره آنتن و باریک شدن بیم آنتن می‌شوند، در نتیجه توان دریافتی و ارسالی و همچنین برد افزایش می‌یابد. در آنتن‌های هوشمند با چرخش بیم آنتن قابلیت جابجایی فرستنده و گیرنده، افزایش ناحیه تحت پوشش و افزایش ظرفیت و بهبود سیگنال‌دهی نیز بوجود می‌آید.

در آنتن‌های چندبانده به جای استفاده از چندین آنتن برای باندهای مختلف از یک آنتن استفاده می‌شود که می‌تواند حجم و فضای اشغال شده توسط آنتن‌ها را به میزان زیادی کاهش دهد و همچنین باعث کاهش وزن سیستم مخابراتی شود. این آنتن‌ها برای سیستم‌های مخابراتی که قابلیت کارکردن در چندین شبکه مخابراتی با فرکانس کاری مختلف را دارند مفید می‌باشند.

هر چه فرکانس کاری بالاتر می‌رود قابلیت دستیابی به پهنای باند بیشتر نیز افزایش می‌یابد. افزایش پهنای باند منجر به افزایش تعداد کاربران و پهنای باند کانال‌های اختصاص داده شده به آن‌ها می‌شود. هرچقدر پهنای باند بیشتر باشد، سرعت انتقال داده نیز زیاد می‌شود. از این رو سرعت در سیستم‌های نوری، تراهرتز و موج میلیمتری بسیار بالاتر از سیستم‌های مرسوم امروزی مانند وای‌فای است. از طرفی ابعاد آنتن با فرکانس رابطه معکوس دارد و هر چه فرکانس کاری آنتن بالا می‌رود، ابعاد آنتن کوچک‌تر می‌شود که باعث کاهش حجم و وزن سیستم‌های گیرنده و فرستنده خواهد شد.

۶-۱۱-۳-۳- معایب آنتن

گرچه تاکنون انواع مختلفی از آنتن معرفی شده و تقریبا محدوده پارامترهای آنتن برای انواع مختلف آن مشخص است اما همچنان طراحی آنتن یک هنر محسوب می‌شود. طراحی آنتن معمولا پارامترهای زیادی را در برمی‌گیرد که شبیه‌سازی و بهینه‌سازی آن کار زمان‌بری است. معمولا چالش طراحی آنتن‌ها بالابردن بهره در کنار کوچک‌سازی ابعاد و حجم آنتن است. در آنتن‌های هوشمند که

از آنتن‌های آرایه‌ای استفاده می‌کنند، طراحی شبکه تغذیه و پیچیدگی طراحی آنتن یکی از چالش‌هاست. در آنتن‌های Massive MIMO نیز که سیگنال‌های مختلف در فرکانس‌ها و جهات مختلفی ارسال می‌شوند، تاثیر آنتن‌ها بر روی یکدیگر و ایجاد تداخل نیز می‌تواند به چالش‌ها اضافه شود.

در آنتن‌های چندبانده نیز چالش اصلی در پیچیدگی طراحی آنتن و همچنین شبکه تطبیق آن است زیرا باید در چند باند فرکانسی امپدانس آنتن با امپدانس خط تغذیه منطبق شود.

همانطور که در قسمت قبل نیز اشاره شد، ابعاد آنتن با فرکانس رابطه معکوس دارد، در نتیجه در فرکانس موج میلیمتری ابعاد آنتن بسیار کوچک خواهد شد و ممکن است دقت لازم برای ساخت آنتن به تکنولوژی ساخت بالایی نیاز داشته باشد. نیاز به تکنولوژی ساخت به مراتب در فرکانس‌های نوری و تراهرتز بیشتر است.

۷-۱۱-۳-۳- کاربردهای آنتن در صنعت برق

امروزه فناوری‌های جدید مخابراتی در صنعت برق نیازمند طراحی آنتن‌های جدید هستند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱) آنتن‌های با کاربرد اینترنت اشیاء برای پیاده‌سازی خانه هوشمند، شهر هوشمند و شبکه برق هوشمند که شامل شبکه‌های مختلف برد کوتاه، برد متوسط و بلند برد می‌شود.

۲) آنتن‌های با کاربرد استحصال برق از انرژی الکترومغناطیسی: برای مثال آنتن‌های چند بانده برای جذب انرژی از سیستم‌های Wi-Fi، WiMAX، بلوتوث، سیستم‌های موبایل و غیره و همچنین آنتن‌هایی که برای تگ‌هایRFID استفاده می‌شوند.

۳) آنتن‌هایی برای شارژ بی‌سیم مانند آنتن‌های فرکانس پایین و القایی

۴) آنتن‌های مخابراتی نسل پنجم و ششم مانند آنتن‌های MIMO و Massive MIMO

۵) آنتن‌های دوقطبی، تک قطبی، یاگی یودا[1]، آنتن شیپوری و ... در تست‌های استاندارد شیلدینگ و سازگاری الکترومغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۸-۱۱-۳-۳- چالش‌های مرتفع شده توسط فناوری آنتن

در جدول **No text of specified style in document.** !Error-۷۲ به تعدادی از پروژه‌های انجام شده در زمینه طراحی آنتن با رویکرد کاربرد در صنعت برق اشاره شده است.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
آنتن جهتی برای استحصال برق [۳۴۷]	آنتن	ژاپن/ Nippon Institute of Technology	۲۰۱۷	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدی	استفاده از آرایه‌ای از آنتن‌ها برای بهبود بهره و باریک نمودن بیم آنتن

[1] Yagi-Uda

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
آنتن پهن باند برای استحصال برق [۳۴۸]	آنتن	چین/ Southeast University	۲۰۱۶	چالش ۵	افزایش پهنای باند از 1.7 GHz تا 3.6 GHz
آنتن مونوپل برای استحصال برق [۳۴۹]	آنتن	هند/ Indian Institute of Technology	۲۰۱۶	چالش ۵	استفاده از آنتن مونوپل که یک آنتن پهن باند می‌باشد.
استفاده از سطوح انتخابگر فرکانس [۳۵۰-۳۵۱]	آنتن	کانادا/ دانشگاه واترلو	۲۰۱۸	چالش ۵	با زیاد کردن تعداد آنتن ها دوقطبی در یک سطح انتخابگر فرکانس انرژی بیشتری دریافت می‌شود.
آنتن آرایه‌ای موج میلیمتری برای کاربرد 5G[۳۵۲-۳۵۳]	آنتن	انگلستان/ university of surrey	۲۰۱۸-۲۰۱۹	چالش ۵	یک آنتن آرایه‌ای کوچک متشکل از هشت المان که دارای پهنای باند وسیعی از ۲۴ تا ۲۶.۵ گیگاهرتز است.
آنتن MIMO برای کاربرد IoT	آنتن	هند/ Pondicherry University	۲۰۱۸	چالش ۵	استفاده از آنتن آرایه‌ای با دو المان که تغذیه آن‌ها به صورت CPW می‌باشد.
آنتن MIMO برای کاربرد در 5G [۳۵۵]	آنتن	چین/ Shenzhen Sunway Communication Co.	۲۰۱۹	چالش ۵	یک آنتن MIMO در ابعاد کوچک که در فرکانس 3.5 GHz کار می‌کند

جدول .Error! No text of specified style in document-۷۲ پروژههای نمونه آنتن برای حل چالشهای موجود در صنعت برق

٤-۳- فناورها ترکیبی و کاربردهای از ترکیب فناوری ها

در این بخش به شرح فناوری‌ها وکابردهای پرداخته خواهد شد که در واقع ترکیبی نوآورانه از فناوری های بخش های قبل می باشند.

۱-٤-۳- واقعیت‌های مجازی، افزوده و ترکیبی

در این بخش سه مفهوم واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی تعریف می‌شوند تا تمایز بین آنها مشخص شود.

۱-۱-٤-۳- واقعیت مجازی (Virtual reality)

واقعیت مجازی به مجموعه فناوری‌ها و تلاش‌ها برای شکستن مرز بین واقعیت و دنیای مجازی گفته می‌شود که در آن محیطی فیزیکی در دنیایی مجازی به وجود می‌آید به‌طوری‌که که انسان تصور کند که در واقعیت به سر می‌برد. واقعیت مجازی یک تجربه و طراحی کاملا مصنوعی به دست انسان است که در آن حواس شش گانه وجود دارد. لازم است به این نکته توجه شود که مفهوم «واقعیت مجازی» با مفهوم «واقعیت افزوده» کاملاً متفاوت است. در واقعیت افزوده کاربر در دنیای واقعی زندگی می‌کند ولی می‌تواند اطلاعاتی را در مورد اشیا و فضای اطراف خود به صورت مجازی دریافت کند. یک مثال برای این فناوری عینک گوگل است که مثلاً اطلاعات لازم راجع به یک مجسمه خاص در وسط میدان شهر را به کاربر می‌دهد. اما در دنیای واقعیت مجازی شما

با یک فضای کاملاً مجازی مواجه هستید که این حس را در شما القا می‌کند که در وسط این دنیای مجازی حضوری واقعی دارید. باورپذیری و تعاملی بودن دو خصیصه مهم در واقعیت مجازی به شمار می‌روند. دو نوع واقعیت مجازی وجود دارد که در ادامه توضیح داده شده‌اند [۳۵۶]:

- کاملا درگیرکننده: این نوع محیط‌ها سه نیازمندی دارند؛ اول اینکه محیط باید باورپذیر و با جزئیات طراحی شده باشد که شخص بتواند در آن بگردد، دوم اینکه یک رایانه قوی برای شناسایی حرکات شخص جهت تطبیق محیط اطراف از جمله صدا و تصویر مورد نیاز است، و نهایتاً به تجهیزاتی مانند کلاه، دستکش و صندلی برای اتصال شخص به محیط مجازی مورد نیاز است.
- غیردرگیرکننده: یک شبیه‌ساز پرواز نزدیک به واقعیت در یک کامپیوتر خانگی نمونه‌ای از یک واقعیت مجازی غیردرگیرکننده است، مخصوصا اگر از صفحه نمایشگر بزرگ، هدفون و دسته‌هایی مثل کنترلرهای واقعی هواپیما استفاده شود.

در ادامه تجهیزات مورد نیاز برای واقعیت مجازی به طور دقیق‌تر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

- عینک (نمایشگر سربند): دو تفاوت عمده بین نگاه کردن به نمایشگر یک رایانه خانگی و یک نمایشگر واقعیت مجازی وجود دارد. در نمایشگرهای واقعیت مجازی به تصویر سه بعدی مطابق با حرکت شخص تغییر می‌کند. این نمایشگرها شامل دو نمایشگر کوچک، یک چشم بند (جهت جلوگیری از ورود نور) و هدفون است. علاوه براین، معمولا یک شتاب‌سنج یا گیرنده داخلی در این نمایشگرها جهت شناسایی حرکات تعبیه می‌شود.
- اتاق‌های درگیرکننده: به جای استفاده از عینک، می‌توان تصاویر را بر روی دیوارهای اتاق نمایش داد که مطابق با حرکت اشخاص تغییر کنند.
- دستکش‌های گیرنده اطلاعات: برای ایجاد قابلیت لمس و جابجایی اشیاء در محیط واقعیت مجازی دستکش‌هایی به همراه گیرنده‌های ریز طراحی شدند تا حرکات دست را شناسایی کنند. یکی از تکنیک‌های بکاررفته برای این کار، استفاده از کابل‌های فیبرنوری بر روی انگشتان دستکش است. هر کابل سوراخ‌های ریزی روی خودش دارد و با هر حرکت کم یا زیاد انگشتان دست، به همان میزان نور از کابل خارج می‌شود. یک گیرنده حساس به نور (فتوسل) در آخر هر کابل قرار داده می‌شود تا میزان نور خارج شده را اندازه‌گیری کند. رایانه با در نظر گرفتن این میزان، مقدار حرکت دست را تعیین می‌کند.

واقعیت مجازی کاربردهای فراوانی از جمله آموزش، تحقیقات علمی، پزشکی، معماری، بازی و سرگرمی دارد.

۲-۱-٤-۳- واقعیت افزوده (Augmented reality)

واقعیت افزوده فناوری نسبتاً جدیدی است که به کمک آن نماهای دیجیتالی پیرامون دنیای واقعی اضافه می‌شود. این نماهای دیجیتالی بر اساس تولیدات کامپیوتری که از طریق دریافت و پردازش اطلاعات کاربر توسط حسگرهای ورودی مانند صدا، ویدئو و تصاویر گرافیکی است ایجاد می‌شود. در حال حاضر واقعیت افزوده توسط گوشی‌های هوشمند، عینک‌های پوشیدنی و هدست‌های مخصوص دنیای مجازی عرضه می‌گردد. استفاده از فناوری واقعیت افزوده باعث درک و سرعت عمل بیشتر افراد می‌گردد. چهار نوع واقعیت افزوده وجود دارد که در ادامه توضیح داده شده‌اند [۳۵۷]:

- واقعیت افزوده بدون نشانگر[۱]: این نوع، مدل موقعیت محور هم گفته می‌شود که برای بدست آوردن موقعیت کاربر و اطلاعات مربوط به آن از GPS، قطب‌نما، چرخش‌نما[۲] و شتاب‌سنج استفاده می‌کند. در گوشی‌های همراه هوشمند، این مدل از واقعیت افزوده برای نمایش نقشه و جهت‌یابی و پیدا کردن مکان‌های مورد نیاز استفاده می‌شود.
- واقعیت افزوده برپایه نشانگر[۳]:نام دیگر این مدل، مدل شناسایی تصویر است زیرا در آن به یک شیء بصری خاص و یک دوربین برای اسکن آن نیاز است. این شیء می‌تواند هر چیزی مانند یک کد QR[4] پرینت شده یا یک علامت مخصوص باشد. در برخی موارد دستگاه واقعیت افزوده، موقعیت و جهت یک نشانگر را نیز محاسبه می‌کند تا بتواند موقعیت قرارگیری محتوایی که می‌خواهد نمایش داده شود را مشخص کند. با این مدل می‌توان به طور مثال عکس‌های یک مجله را به صورت سه بعدی تماشا کرد.
- واقعیت افزوده بر پایه‌ی روی هم قرارگیری[۵]: این مدل شیء یا چیزی را که کاربر می‌بیند با یک مدل مجازی جایگزین می‌کند. شناسایی اشیاء مهمترین بخش این مدل محسوب می‌شود و بدون آن، دستیابی به این مدل امکان‌پذیر نیست. این مدل به کاربر اجازه می‌دهد لوازم مختلف مانند مبل، میز، بوفه و ... را قبل از خرید به صورت مجازی در خانه خود امتحان کند، یا بدون پوشیدن لباس آن را بر روی تن خود ببیند.
- واقعیت افزوده تصویر محور[۶]: در این مدل نور مصنوعی بر روی سطوح فیزیکی انداخته می‌شود و محتوا به این وسیله نمایش داده می‌شود. در مواردی هم کاربر می‌تواند با آن تعامل کند.

واقعیت افزوده می‌تواند بر روی دستگاه‌های مختلفی از جمله عینک‌ها، دستگاه‌های قابل حمل، تلفن‌های هوشمند و HMD[7]ها نمایش داده شود. واقعیت افزوده از فناوری‌های متعددی مانند محلی‌سازی و نقشه‌برداری همزمان (SLAM[8]) [۳۵۸] و عمق‌یابی استفاده می‌کند. در ادامه تجهیزات مورد نیاز برای واقعیت افزوده به طور دقیق‌تر مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۳۵۷]:

- دوربین و گیرنده: دوربین‌ها و حسگرها مسئول جمع‌آوری اطلاعات در رابطه با تعاملات کاربر و ارسال آنها برای پردازش هستند. دوربین‌های محیط اطراف را اسکن می‌کنند و با اطلاعات به دست آمده، موقعیت و مدل سه بعدی اشیاء را تولید می‌کنند. علاوه بر دوربین‌های خاص مانند دوربین‌های به کار رفته در مایکروسافت هولولنز، دوربین‌های گوشی‌های همراه هم این قابلیت را دارند.
- پردازش: دستگاه‌های واقعیت افزوده باید مانند یک رایانه کوچک عمل کنند مانند کاری که هوشی‌های همراه هوشمند انجام می‌دهند. این دستگاه‌ها برای محاسبه سرعت، جهت، زاویه و ... نیاز به داشتن پردازنده (CPU)، پردازنده گرافیکی (GPU)، حافظه، RAM، GPS، Wi-Fi و ... دارند.
- طرح‌انداز: همان پروژکتورهای مینیاتوری هستند که در هدست‌های واقعیت افزوده به کار می‌روند. این پروژکتورها اطلاعات را از سنسورها دریافت و محتوای دیجیتالی که حاصل پردازش اطلاعات است را روی یک سطح (مانند میز، دیوار و حتی دست کاربر) نمایش می‌دهند.

---

[1] Marker less Augmented Reality
[2] Gyroscope
[3] Marker based Augmented Reality
[4] Quick Response
[5] Projection-based Augmented Reality
[6] Superimposition-based Augmented Reality
[7] Head-Mounted Display
[8] Simultaneous Localization And Mapping

- بازتاب: بعضی از دستگاه‌های واقعیت افزوده آینه‌هایی دارند که به چشم کاربر کمک می‌کند تا تصاویر مجازی را ببیند. برخی از آنها یک ردیف از آینه‌های انحنادار کوچک، و برخی آینه‌های دو طرفه دارند تا نور را به دوربین و چشم کاربر بازتاب دهند. هدف این آینه‌ها تراز کردن عکس و نمایش صحیح آن به کاربر است.

واقعیت افزوده همانند واقعیت مجازی در زمینه‌های آموزشی، نظامی، پزشکی، هنری، توریستی، طراحی و معماری کاربرد دارد. علاوه بر سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و الگوریتم‌ها هم نقش مهمی را در واقعیت افزوده ایفا می‌کنند که در ادامه به آن اشاره شده است. یکی از نکات کلیدی در این نوع سیستم‌ها، چگونگی انسجام اطلاعات افزوده با دنیای واقعی است. نرم‌افزار باید مختصات جهان واقعی را براساس تصاویر دوربین‌ها تعیین کند. این روند ثبت تصویر نامیده می‌شود که از روش‌های مختلف بینایی ماشین و مرتبط با رهگیری ویدیویی استفاده می‌کند. اکثر روش‌های بینایی ماشین در واقعیت افزوده از سنجش فاصله استفاده می‌کنند که معمولا دارای دو بخش است:

ابتدا نقاط مورد نظر، یا علائم قابل اعتماد یا جریان optical در تصاویر دوربین شناسایی می‌شوند. در این مرحله از روش‌های شناسایی خصوصیت مانند شناسایی گوشه، نقاط، تعیین سرحد و دیگر روش‌های پردازش تصویر استفاده می‌شود. در مرحله دوم، سیستم جهان واقعی را براساس مختصات به دست آمده از مرحله اول بازسازی می‌کند. برخی از روش‌ها مبتنی بر این فرض هستند که اشیایی با هندسه معین (علائم قابل اعتماد) در صحنه وجود دارند. در برخی دیگر از روش‌ها، ساختار صحنه سه بعدی باید از قبل محاسبه شده باشد. اگر بخشی از صحنه ناشناخته باشد، می‌توان با SLAM[1] موقعیت‌های نسبی را تعیین کرد. اگر کل صحنه ناشناخته باشد، از روش‌های حرکتی مانند تنظیم کانون برای تخمین و تولید صحنه استفاده می‌شود. در مرحله دوم از روش‌های ریاضی مانند هندسی تصویری[2]، جبر هندسی، بازنمایی چرخش با نقشه تصاعدی، فیلترهای ذره و کالمن[3]، بهینه‌سازی غیرخطی و آمار منسجم استفاده می‌شود.

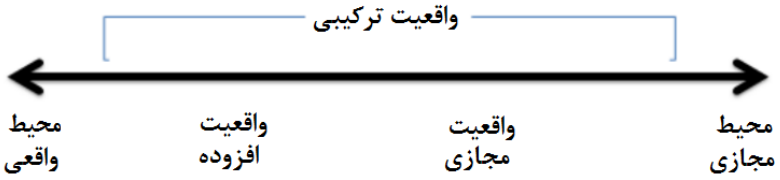
زبان نشانه‌گذاری واقعیت افزوده (ARML[4]) استانداردی است که توسط کنسرسیوم هندسی فضایی باز (OGC[5]) ایجاد شده و دارای دو بخش است. بخش اول گرامر XML جهت شرح مکان و ظاهر اشیاء مجازی در صحنه و بخش دوم لینک‌های ECMAScript[6] برای ایجاد امکان دسترسی دینامیکی به خصوصیات اشیاء مجازی را شامل می‌شود. برای توسعه برنامه‌های واقعیت افزوده، بسته‌های نرم‌افزارنویسی (SDK[7]) تولید شده‌اند. برخی از معروف‌ترین SDKها در این حوزه توسط شرکت‌های Wikitude، Vuforia، Metaio و Layar ارائه شده‌اند [۳۵۹].

۳-۱-٤-۳- واقعیت ترکیبی (Mixed Reality)

واقعیت ترکیبی ادغام دنیای واقعی و مجازی برای تولید محیط و تصویری جدید است که اشیاء فیزیکی و دیجیتال در زمان واقعی همکاری و تعامل دارند. نحوه تمایز واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۸۸نشان داده شده است. به عبارتی واقعیت ترکیبی، ادغامی است از واقعیت افزوده و واقعیت مجازی است. این فناوری با پیشرفت‌هایی در بینایی کامپیوتری، توان پردازش گرافیکی، فناوری صفحه نمایش و سیستم‌های ورودی/خروجی امکان‌پذیر شده است [۳۶۰].

---

[1]
[2] Projective Geometry
[3] Kalman
[4] Augmented Reality Markup Language
[5] Open Geospatial Consortium
[6] European Computer Manufacturers Association Script
[7] Software Development kit



شکل .Error! No text of specified style in document-۸۸ ارتباط بین واقعیت ترکیب، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده [۳۵۹]

٤-۱-٤-۳- کاربردها و راه‌حل‌ها واقعیت مجازی، افزوده و ترکیبی در صنعت برق

جدول **.Error! No text of specified style in document**-۷۳ چالش‌های موجود در سیستم آموزشی صنعت برق را به همراه راه‌حل‌های مبتنی بر واقعیت مجازی، افزوده و ترکیبی را نشان می‌دهد.

مشکل یا چالش	راه‌حل‌های VR، AR و MR
هزینه: آموزش فرآیند بسیار هزینه‌بری است. زمان و منابع مورد نیاز برای آموزش باید کاهش یابد، همزمان باید کیفیت آموزش ارتقا یابد.	یادگیری سریع‌تر: آموزش تجربی مبتنی بر این فناوری‌ها، بازخورد لحظه-ای ایجاد می‌کنند و منجر به بهره‌وری در انتقال مهارت‌ها و جذب بهتر دانش سازمانی می‌شوند.
پیچیدگی: با پیچیده‌تر شدن کارها و وظایف، تکنسین‌ها باید مهارت‌های خود را افزایش دهند که نیازمند مطالعه و یادگیری است و منجر به کاهش بهره‌وری کلی می‌شود.	دریافت اطلاعات به صورت لحظه‌ای: با استفاده از این فناوری‌ها، اطلاعات مربوط به کار فعلی به صورت مجازی جلوی چشمان تکنسین نشان داده می‌شوند که منجر به افزایش کیفیت کاری و آموزش بهتر می‌شود.
ریسک: اغلب مهارت‌ها و کارهایی که به تمرین نیاز دارند، کارهای خطرناکی هستند. در چند مورد استثنائی که می‌توان از شبیه‌سازهای گران قیمت استفاده کرد، شرکتها نمی‌توانند برای تمامی موقعیتهای خطرناکی که یک کارمند ممکن است در طول زمان با آن‌ها روبرو شود، آموزشی ارائه دهند.	ایمنی: سناریوهای خطرناک یا دشوار را می‌توان با ایمنی بالا از طریق این فناوری‌ها شبیه‌سازی کرد. این امر به کارآموزان اجازه می‌دهد تا ضمن جلوگیری از صدمه به تجهیزات و صدمات جانی، مکرراً سناریوهای مهم را تمرین کنند.
کیفیت: آموزش سنتی در کلاس درس، تجربه عملی را به همراه نمی‌آورد، و امکان تفکر انتقادی، حل مسئله، ارتباط را که برای یادگیری رویه‌های پیچیده مورد نیاز است، فراهم نمی‌کند. غالباً کارآموزان از طریق آموزش عملی بیشتر از ارائه پاورپوینت و سخنرانی یاد می‌گیرند.	تعامل بهتر: آموزش عملی مبتنی بر این فعالیت‌ها امکان حضور فعال را برای کارآموز فراهم می‌کند و منجر به افزایش سطح آمادگی می‌شود زیرا این آموزش بی‌حوصلگی و عادتهای ضعیف کلاس‌های سنتی را از بین می‌برد.
دشواری ارزیابی: روش‌های ارزیابی سنتی که بر عملکرد کلاسی تأکید می‌کنند، اغلب برای ارزیابی تکنسین‌های صنعت برق کافی نیستند، زیرا حرف زدن با عمل کردن کاملا متفاوت است.	ارزیابی: کارآموزان بر اساس عملکردشان در محیط شبیه‌سازی شده، ارزیابی می‌شوند. این داده‌ها از طریق این فناوری‌ها به سیستم‌های داخلی ثبت شرکت جهت صدور گواهینامه و/یا اقدامات اداری منتقل می‌شود.
آموزش عملی: در بیشتر کاربردهای صنعتی و تولیدی، ارائه آموزش عملی دشوار است، زیرا خاموش کردن یک فرایند تولید یا تجهیز برای ارائه آموزش عملی غیرممکن است. به همین ترتیب، گران بودن و آسیب‌پذیر بودن برخی از تجهیزات خاص امکان استفاده از آنها برای اهداف آموزشی را محدود می‌کند.	آموزش عملی: آموزش مبتنی بر این فناوری‌ها امکان کسب مهارت لازم را با استفاده از محیط مجازی فراهم می‌کند. تجهیزات تقریبا به صورت واقعی در این محیط‌های مجازی شبیه‌سازی می‌شوند. این کار از اختلالات و خاموشی‌های پرهزینه که می‌تواند به خاطر آموزش اتفاق بیفتد، جلوگیری می‌کند.

جدول .Error! No text of specified style in document-۷۳ راه حلهای واقعیت مجازی، افزوده و ترکیبی برای چالشهای صنعت برق

۵-۱-٤-۳- نحوه بکارگیری در صنعت برق

امروزه به دلیل تغییر شیوه زندگی و محصولات الکتریکی متعدد، تقاضا برای انرژی، به خصوصی انرژی برق به شدت افزایش یافته است. ارائه خدمات بدون وقفه و پایدار یکی از الزامات این صنعت به شمار می‌رود. تأمین نیازهای مشترکین نیازمند شبکه‌ای با کیفیت بالا و پایدار است. کنترل سیستم‌های الکتریکی که نیازمندها و پیچیدگی‌های آن‌ها مداوم در حال افزایش و تغییر است، نیاز به تعمیر و نگهداری مناسب دارد. این کار را می‌توان توسط کارکنان فنی کارآزموده و متخصصی که صلاحیت انجام صحیح خدمات، تعمیرات و تحلیل‌ها را دارند، انجام داد. این افراد برای پایداری شبکه، باید تصمیمات لحظه‌ای و آنی اتخاذ کنند که به شدت به تجربه افراد وابسته است؛ و کسب تجربه نیاز به زمان زیاد دارد [۳۶۱].

استفاده از فناوری‌های VR، AR و MR برای آموزش حرفه‌ای کارکنان تا حد زیادی در مدت زمان کوتاه، اثربخشی و تجربه کارکنان را بهبود می بخشد. در حوزه‌های مختلف صنعت و به ویژه در زمینه صنعت برق، این فناوری‌های می‌توانند ابزاری مؤثر برای توسعه و طراحی محصول، شبیه سازی و برنامه ریزی، بصری‌سازی و مستند سازی، یادگیری و آموزش باشند. با استفاده از این فناوری‌ها، راه‌حل‌ها و سناریوهای فنی مختلف و سفارشی، پیش از توسعه واقعی آنها قابل مشاهده هستند. با استفاده از نرم افزارهای CAD/CAE[1] و یکپارچه‌سازی با مدل‌های سه بعدی، محصولات جامد مجازی بدست می‌آیند. عملکرد آنها را می‌توان با خیال آسوده، بدون تاثیر منفی روی شبکه و ارزان مورد آزمایش قرار داد. تحلیل و آزمایشات عملکردی محکم با مدل‌های دیجیتالی باعث صرفه جویی در وقت و هزینه‌های لازم برای آزمایش بر روی نمونه‌های اولیه واقعی می‌شود.

شبیه‌سازی مجازی در برنامه‌ریزی و ساخت محصولات، عملکرد سیستم و کارکنان را بهبود می‌بخشد. توسعه و طراحی نیاز به خلاقیت، تجربه و پیشینه فنی دارد. استفاده از سیستم‌های ماژولار مبتنی بر واقعیت مجازی و افزوده، طراحی تجهیزات نیروگاه‌ها، ایستگاه‌های ترانسفورماتور و غیره را برای مهندسان آسانتر می‌کند [۳۶۲]. در حال حاضر، مقدار زیادی داده و اطلاعات در سیستم‌های برق وجود دارند که نیازمند فناوری‌های نوین برای ارائه و بصری‌سازی هستند. به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل اطلاعات میزان ولتاژ باس[2] و جریان خط انتقال را می‌توان به صورت گرافیک سه بعدی نمایش داد؛ که منجر به استفاده موثر و بهینه از داده‌های تجهیزات می‌شود. فناوری‌های VR، AR و MR امکان ایجاد شبیه‌سازی سفارشی‌سازی شده واقعی و واضح از سیستم‌ها و عملیات پیچیده فنی را فراهم می‌کنند.

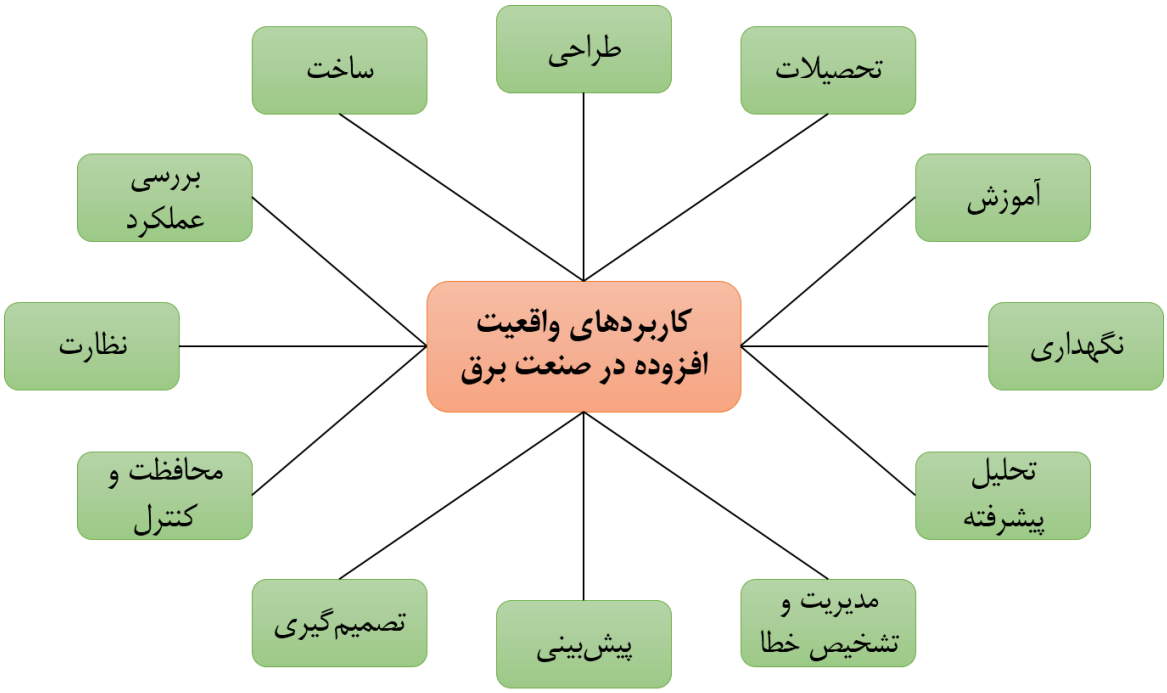
این امر برای صنعت برق بسیار جذاب است، به ویژه زمان‌هایی که دسترسی به ادوات و اشیاء آموزشی محدود باشد، یا استفاده مستقیم از آنها برای کارآموزان خطرناک یا غیرممکن یا هزینه‌بر باشد. از طریق فناوری‌های شبیه‌سازی، یک کارآموز می‌تواند در یک محیط شبیه‌سازی واقعی قرار گیرد و سناریوهای مختلف را مدیریت کند تا میزان آمادگی شخص برای ورود به دنیای کار واقعی سنجیده شود. این کار منجر به کسب تجربه واقعی و عملیاتی توسط کارآموز بدون نگرانی در مورد حوادث یا مشکلات احتمالی می‌شود. روش‌های یادگیری و تعاملی ارائه شده توسط فناوری‌های VR، AR و MR بسیار مؤثرتر از روش‌های سنتی هستند.

از واقعیت مجازی در صنعت برق، بیشتر برای آموزش در هر دو بخش صنعت و دانشگاه استفاده شده است. واقعیت مجازی می‌تواند زمان آموزش اپراتورها را کاهش داده و اثربخشی آموزش مداوم اپراتورها را افزایش می‌دهد. این فناوری می‌تواند محیط، تجهیزات و ادوات را شبیه‌سازی کند. با استفاده از شبیه‌ساز، اپراتور می‌تواند با یک رابط واقعیت مجازی ارتباط برقرار کند و وضعیت سیستم

[1] Computer- Aided Design/Engineering
[2] Bus

برق را که از طریق سیستم نظارتی به دست آمده است، مشاهده کند و بدون اینکه سیستم را در معرض موقعیت های خطرناک قرار دهد، و یا آسیبی به سیستم یا اپراتور برسد، کارهای و وظایف مختلفی را بر روی سیستم و ایستگاه‌ها انجام دهد. همچنین، جلسات آموزشی می‌توانند به صورت آفلاین توسط مربیان تحلیل شده و نکات لازم به اپراتورها تذکر داده شود. استفاده از واقعیت مجازی برای دانشجویانی که اغلب شانسی برای دیدن یک ایستگاه یا نیروگاه تولید برق ندارند، بسیار مفید است و می‌تواند آنها را با تجهیزات و نحوه عملکرد آنها آشنا کند [۳۶۱].

همانطور که شکل **No text of specified style in document.**–Error! ۸۹ نشان می‌دهد، واقعیت افزوده در حوزه‌های مختلفی از صنعت برق مانند طراحی، آموزش، نگهداری، تشخیص و مدیریت خطا و غیره می‌تواند کاربرد داشته باشد. اصلی‌ترین هدف واقعیت افزوده در صنعت برق استفاده از فناوری‌ها و دستگاه‌های موجود که بصورت گسترده‌ای استفاده می‌شوند (مانند تبلت‌ها و گوشی‌های هوشمند)، به منظور ایجاد سیستم نظارتی کاربرپسند، ساده و موثر جهت کاربردهای مختلف است. واقعیت افزوده با ترکیب محیط واقعی با داده‌ها و اشیاء مجازی اطلاعات لحظه‌ای مفیدی را در اختیار کاربران و سیستم‌ها قرار می‌دهد که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها و شناسایی به موقع خطاها موثر باشند.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۸۹– کاربردهای واقعیت افزوده در حوزه‌های مختلف صنعت برق [۳۶۳]**

تعدادی از مقالات و پروژه‌های کاربرد واقعیت مجازی در صنعت برق

AGITO: Virtual Reality Environment For Power Systems Substations Operators Training		
محل انتشار: InternationalConference on Augmented and Virtual Reality	سال انتشار: ۲۰۱۴	هدف: ارائه معماری و توسعه یک محیط واقعیت مجازی برای آموزش اپراتورهای ایستگاه‌های پست به منظور کاهش زمان آموزش و افزایش اثربخشی آن به اپراتورهای تازه کار.
Virtual Reality System For Training Of Operators Of Power Live Lines		
محل انتشار: World Congress on Engineering and Computer Science	سال انتشار: ۲۰۱۰	هدف: ارائه یک سیستم آموزشی برای اپراتورهایی که مسئول نگهداری خطوط برق‌دار[1] فشار قوی در شبکه توزیع هستند. این سیستم باعث افزایش ایمنی و کاهش هزینه‌ها می‌شود.
Application of Virtual Reality Teaching in Power Plant Electrical Part Courses		
محل انتشار: International Conference on Economy, Management and Education Technology	سال انتشار: ۲۰۱۶	هدف: نحوه بکارگیری واقعیت مجازی در فعالیت‌های آموزشی رشته مهندسی برق بررسی شده است.
Application of the virtual reality technologies in power systems		
محل انتشار: International Conference on Future Computer and Communication	سال انتشار: ۲۰۱۰	هدف: بهبود بهره‌وری شبیه‌سازی ایستگاه‌های پست از طریق موتور شبیه‌ساز واقعیت مجازی است. براساس نتایج، این موتور می‌تواند زمان و هزینه چرخه توسعه ایستگاه‌های پست را کاهش دهد.
Virtual reality applied to the study of the integration of transformers in substations of power systems		
محل انتشار: International Journal of Electrical Engineering & Education	سال انتشار: ۲۰۱۵	هدف: به منظور بهبود فرآیند آموزشی رشته‌های مرتبط با مهندسی برق نرم‌افزاری مبتنی بر واقعیت مجازی طراحی شده تا امکان تجربه مراحل عملیاتی و نگهداری در بخش‌های مختلف صنعت برق را در محیط مجازی برای افراد فراهم کند.
Virtual reality training system for maintenance and operation of high-voltage overhead power lines		
محل انتشار: Virtual Reality Journal	سال انتشار: ۲۰۱۶	هدف: سیستمی با سه مولفه انبار مجازی، محیط سه بعدی تعاملی و مدیریت یادگیری به منظور نگهداری خطوط برق با ولتاژ بالا طراحی شده است.

تعدادی از مقالات و پروژه‌های کاربرد واقعیت افزوده در صنعت برق

Augmented Reality in IT Operation Management of Power System		
محل انتشار: Web Information Systems and ApplicationsConference	سال انتشار: ۲۰۱۶	هدف: ارائه یک رویکرد جایگزین برای استفاده از واقعیت افزوده جهت کمک به عملیات فناوری اطلاعات و مدیریت نگهداری در سیستم قدرت است.

[1] Live-line

Towards augmented reality in power engineering		
محل انتشار: InternationalSymposium on Advanced Topics in Electrical Engineering	سال انتشار: ۲۰۱۷	هدف: بررسی مسیرهایی که واقعیت افزوده و وب می‌توانند رویکردهای آموزشی، پردازشی و تصمیم‌گیری در مهندسی برق را تغییر داده و بهبودهای چشمگیری را فراهم کنند.
An Application of Augmented Reality to Electrical Power Equipment Maintenance		
محل انتشار: International Conference onComputer Engineering and Information Systems	سال انتشار: ۲۰۱۶	هدف: طراحی یک سیستم نگهداری مبتنی بر واقعیت افزوده برای تجهیزات برق می‌باشد که از یک نمایشگر سربند برای مشاهده و انتخاب تجهیز مورد نظر استفاده می‌کند.
Smart Power Meters in Augmented Reality Environment for Electricity Consumption Awareness		
محل انتشار: Energies journal	سال انتشار: ۲۰۱۸	هدف: ارائه یک سیستم نظارتی کاربرپسند مبتنی بر اینترنت اشیاء و واقعیت افزوده برای آگاهی از میزان مصرف تجهیزات و دستگاه‌های خانگی.

نتایج فنی منتشر شده توسط EPRI در این حوزه:

Augmented and Mixed Reality Training for the Smart Grid		
محل انتشار: Electric Power Research Institute (EPRI)	سال انتشار: ۲۰۱۸	هدف: بررسی اینکه آیا واقعیت افزوده به همراه آموزش به موقع می‌تواند زمان مورد نیاز برای یادگیری را در مقایسه با آموزش‌های سنتی کاهش دهد یا خیر.
Program on Technology Innovation: Augmented Reality in Generation		
محل انتشار: Electric PowerResearch Institute (EPRI)	سال انتشار: ۲۰۱۸	هدف: ایجاد پایلوتی از استفاده واقعیت افزوده در صنعت برق از طریق مدل‌سازی یک پمپ صنعتی مجازی و مونتاژ دریچه. در این پروژه از محصول HoloLens مایکروسافت برای دیدن داده‌ها و گراف‌ها استفاده شده است.

۲-٤-۳- مقدمه‌ای بر همزاد دیجیتالی (Digital twin)

همزاد دیجیتال مجموعه‌ای متشکل از روش‌های مبتنی بر فیزیک و تحلیل‌های پیشرفته است که برای مدل کردن وضعیت فعلی هر دارایی (شیء) استفاده می‌شود. همزاد دیجیتالی نگاشتی از دارایی‌های فیزیکی به پلتفرم دیجیتالی ایجاد می‌کند. امروزه به خاطر مسائل مالی، تولیدکنندگان و توسعه‌دهندگان نمی‌توانند از رویکرد ساختن و تغییر و تنظیم مداوم که قبلا برای طراحی بسیاری از پروژه‌ها استفاده می‌شد، بهره ببرند. همزاد دیجیتال روش جدیدی برای حل مسائل مهندسی پیچیده است. همزاد دیجیتال مفهوم جدیدی نیست، اما، پیشرفت‌های اخیر فناوری اطلاعات امکان پیاده‌سازی عملی و کاربردی آن را فراهم کرده است. توانایی‌های همزاد دیجیتال در نشان دادن وضعیت واقعی و پیش‌بینی وضعیت آینده سیستم، آن را به یک راه‌حل غیرقابل انکار برای بهبود سیستم‌های نظارتی و کنترلی سیستم‌های قدرت تبدیل کرده است. هدف اصلی همزاد دیجیتال این است که هر گونه تغییر، اصلاح و توسعه قبل از ساخت محصول اصلی بر روی همزاد دیجیتال آزمایش شود تا هزینه‌های عملیاتی کاهش یابد. هدف بعدی آن، نظارت لحظه‌ای و برخط روی محصول مورد نظر است تا عیب‌یابی ساده‌تر شده و هزینه‌های تعمیر و نگهداری هم کاهش یابد. همزاد دیجیتال توانایی ایجاد تعادل و بهینه‌سازی بین عوامل مهمی را که قبلا امکان ارزیابی و کنترل آنها برای اپراتورها وجود نداشت را فراهم می‌کند. ارسال کننده تصویر بسیار بزرگتری را می‌بیند و به آنها اطمینان می‌دهد که تعهدات محاسبه شده برای اعزام انرژی بدون نگهداری پیش بینی نشده یا سوخت تلف شده را محقق کنند. در حقیقت، همزاد دیجیتال، امکان آزمایش سناریوهای "اگر این کار را انجام دهم چه اتفاقی می‌افتد" را برای اهداف تجاری و صنعتی فراهم می‌کند که منجر به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه توسط اپراتورها می‌شود.

۱-۲-٤-۳- مزایا و معایب همزاد دیجیتال

به طور خلاصه می‌توان مزایای همزاد دیجیتال را به صورت زیر بیان کرد [۳۶۴]:

- افزایش قابلیت اطمینان تجهیزات و خطوط تولید
- بهبود بهره‌وری اثربخشی کلی تجهیزات (OEE[1]) از طریق کاهش زمان خرابی و بهبود عملکرد
- کاهش ریسک در حوزه‌های مختلف از جمله در دسترس بودن محصول
- هزینه‌های تعمیر و نگهداری کمتر با پیش‌بینی مسائل مربوط به تعمیر و نگهداری قبل از خرابی
- کاهش زمان تولید به همراه ایجاد فرصت‌های تجاری جدید
- خدمات مشتری بهبود یافته، زیرا مشتریان می‌توانند از راه دور محصولات سفارشی خود را پیکربندی کنند
- بهبود کیفیت محصول و افزایش بینش در مورد عملکرد محصولات، در برنامه‌ها و محیط‌های زمان واقعی
- ایجاد زنجیره تامین و تحویل کارآمدتر

همانند هر فناوری دیگری، همزاد دیجیتال هم معایبی دارد که مهمترین آن امنیت و حفظ حریم خصوصی داده‌ها است. از آنجا که در این نوع سیستم‌ها، یک نرم‌افزار مرکزی و هوشمند به منابع بی شماری از اطلاعات تجاری و خصوصی دسترسی دارد، امکان حملات سایبری و سرقت اطلاعات بسیار بالا می‌رود. صاحبان مشاغلی که قصد دارند از این فناوری استفاده کنند، باید در مورد مسائل امنیتی آن تصمیمات لازم را اتخاذ کنند. هزینه بالای پیاده‌سازی این فناوری یکی دیگر از معایب آن است.

۲-۲-٤-۳- کاربردهای همزاد دیجیتال در صنعت برق

[1] Overall equipment effectiveness

اخیراً زیمنس[1] و بِنتلی[2] همزاد دیجیتالی برای منابع انرژی توزیع‌شده راه اندازی کرده‌اند. این برنامه‌های جدید به صاحبان و اپراتورهای برق کمک می‌کند با به اشتراک‌گذاری اطلاعات حیاتی بتوانند توانایی مدل‌های شبکه خود را به منظور بهره‌مندی از مزایای پیوسته و مداوم روزانه شناسایی کنند. این راه‌حل[3] نرم‌افزارهایی را برای شرکت‌های توزیع، تامین‌کنندگان برق و اپراتورهای شبکه به منظور تحلیل، طراحی و ارزیابی تقاضاهای ارتباطات داخلی منابع انرژی توزیع‌شده را از طریق خدمات کامپیوتری و ابری فراهم می‌کند، و قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری عملیات شبکه را افزایش می‌دهد [۳۶۵]. مزرعه بادی دیجیتالی شرکت جنرال الکتریک یکی دیگر نمونه‌های موجود در حوزه همزاد دیجیتال در صنعت است. این سیستم، مجموعه‌ای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری جهت بهبود عملکرد توربین‌های بادی است که برای این منظور اطلاعات لحظه‌ای عملکرد توربین‌ها از جمله شدت باد و جهت آن، توان تولیدی و راندمان هر توربین را جمع‌آوری می‌کند. از این اطلاعات برای پیش‌بینی وضعیت وزش باد در روزهای بعدی استفاده می‌شود. از طرفی با هر تغییری که در همزاد دیجیتالی یک توربین صورت گیرد (مثلاً تغییر در جهت پره‌ها) همان تغییر به توربین واقعی منتقل می‌شود (شکل ۳). بنابراین می‌توان تنظیمات موردنظر را از این طریق بر روی تجهیزات اعمال نمود.



شکل .Error! No text of specified style in document–۹۰– **نرم‌افزار مزرعه بادی دیجیتالی شرکت جنرال الکتریک**

شکل **.Error! No text of specified style in document**–۹۰ همزاد دیجیتالی که توسط شرکت جنرال الکتریک طراحی شده است را نشان می‌دهد که مدل‌های تحلیل مختلفی را برای مولفه‌های نیروگاه‌ها ادغام کرده است. این همزاد دیجیتال آلودگی، ظرفیت و قابلیت اطمینان دارایی‌های را براساس شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPIs[4]) تعریف شده توسط مشتریان و اهداف تجاری اندازه‌گیری می‌کند. این همزاد دیجیتالی روی پلتفرم صنعتی Predix اجرا می‌شود، که برای هضم حجم عظیمی از داده‌های حسگرهای دستگاه‌ها، مدیریت و اجرای مدل‌های تحلیل، اجرای قواعد تجاری با سرعت بالا و مدیریت داده‌های صنعتی در مقیاس بزرگ طراحی شده است.

[1] Siemens
[2] Bentley
[3] OpenUtilities DER Planning & Design Assessment Solutions
[4] Key Performance Indicators



شکل .Error! No text of specified style in document-**۹۱- همزاد دیجیتال جنرال الکتریک [۳۶۶]**

حتی سازمان فضایی آمریکا (ناسا) نیز برای طراحی و ساخت و نظارت بر تجهیزات فضانوردی به طراحی همزاد دیجیتالی روی آورده است. به طور کلی برای ایجاد همزاد دیجیتال در صنعت برق ۳ فناوری اصلی مورد نیاز است. این ۳ فناوری عبارتند از مدل‌های مبتنی بر فیزیک، هوش مصنوعی و شبکه‌های حسگر که در ادامه به اختصار توضیح داده شده‌اند .

- مدل‌های مبتنی بر فیزیک: مدل‌های فیزیکی عمیق جنبه‌های جریان، گرما، احتراق و مکانیکی تجهیزات نیروگاهی را مدل می‌کنند تا بینش عمیقی را در مورد عملکرد تجهیزات ارائه دهند. مدل‌های عملکرد، مدل‌های و تکنیک‌های تشخیص ناهنجاری، مدل‌های ریزساختار و مدیریت پیکربندی برخی از این مدل‌ها هستند.
- هوش مصنوعی: روش‌های هوش مصنوعی برای ایجاد بینش و درک عمیق‌تر از محیط‌های عملیاتی استفاده می‌شوند که از آن جمله می‌توان به روش‌های تشخیص الگو، مدل‌های یادگیری، تحلیل داده‌های بدون ساختار و چند وجهی و گراف‌های دانش اشاره کرد.
- فناوری حسگرها: نوآوری در حسگرهای داده‌ای که برای کار در محیط های سخت و دشوار طراحی شده‌اند، منجر به اطلاعاتی می‌شود که مدل‌های تحلیلی را هدایت می‌کند. حسگرهای چاپی، فناوری‌های بازرسی، داده‌های وضعیت جوی و آب و هوایی، و تحلیل مولفه‌های نیروگاهی از جمله این فناوری‌ها هستند.

۳-۲-٤-۳- چالش‌های قابل رفع توسط فناوری همزاد دیجیتال در صنعت برق

جدول **.No text of specified style in document!**-Error! ۷۴ چالش‌های موجود در صنعت برق را که در گزارش مرحله اول مشخص شده‌اند و می‌توان آنها را با همزاد دیجیتال مرتفع کرد، به همراه تعدادی پروژه جهت نمونه نشان می‌دهد.

نام پروژه	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	توضیح
Akselos Integra	سویس	۲۰۱۸/۵/۱ تا ۲۰۱۸/۸/۳۱ ۷۱،۴۲۹ یورو	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدی چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت	این پروژه مدل‌های مبتنی بر فیزیک بسیار سریعی که از فناوری RB-FEA1 استفاده می‌کنند، را با تحلیل کلان داده‌ها و داده‌های حسگرها ادغام می‌کند تا محافظ دیجیتالی، که یک مدل مجازی دقیق و ۳بعدی از دارایی‌های عملیاتی در مقیاس بزرگ است، را ایجاد کند.
SPHERE	اسپانیا	۲۰۱۸/۱۱/۱ تا ۲۰۲۲/۱۰/۳۱ ۱۲،۸۳۱۹۵۲ یورو	چالش ۷- رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن معیارهای طراحی جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری	از فناوری‌های همزاد دیجیتال و رایانش ابری برای بهبود و بهینه‌سازی طراحی، عملکرد و مدیریت انرژی ساختمان‌ها، کاهش هزینه ساخت و تاثیرات مخرب محیطی آنها استفاده می‌کند.
IoTwins	ایتالیا	۲۰۱۹/۹/۱ تا ۲۰۲۲/۸/۳۱ ۲۰ میلیون یورو	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	هدف ساختن یک معماری مرجع برای توسعه و استقرار همزادهای دیجیتال توزیع شده و مبتنی بر رایانش لبه در فرآیندها و نیروگاه‌های تولید انرژی است.

جدول .Error! No text of specified style in document-**۷۴ پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق توسط همزاد دیجیتال**

برخی از مقالات در زمینه کاربرد همزاد دیجیتال در صنعت برق:

Recent and prospective developments in power system control centers: Adapting the digital twin technology for application in power system control centers		
محل انتشار: International Energy Conference	سال انتشار: ۲۰۱۸	هدف: بررسی تحولات اخیر فناوری‌های مرکز کنترل و ارائه معماری مرکز کنترل مبتنی بر همزاد دیجیتال براساس یک موتور شبیه‌ساز پویا.
Digital Twin Concept and Its Application to Power Grid Online Analysis		

[1] Reduced-Basis Finite Element Analysis

محل انتشار: Journal of Power and Energy Systems	سال انتشار: ۲۰۱۹	هدف: ارائه چارچوبی برای تحلیل آنلاین شبکه برق به کمک فناوری همزاد دیجیتال به نام OADT[1].

۳-٤-۳- رابط محاوره ای

رابط‌های کاربری محاوره‌ای (CUI[۲]) سیستم عامل هایی هستند که مکالمه با یک انسان واقعی را تقلید می کنند. از نظر تاریخی، رایانه‌ها بعد از دوره دستورات متنی به واسط های گرافیکی کاربر (GUI) مانند فشار دادن دکمه "برگشت" برای ترجمه عملکرد مورد نظر کاربر در فرامین رایانه متکی بودند. رابط‌های کاربری گرافیکی اگرچه یک مکانیزم کارا برای انجام عملیات کامپیوتری به حساب می‌آیند، اما برای کاربر جهت استفاده درست از GUI منحنی یادگیری باید در نظر گرفت. در عوض CUIها فرصتی برای ارتباط کاربر با کامپیوتر با زبان طبیعی خود به جای استفاده از دستورات خاص فراهم می‌آورند.

برای تحقق این امر، رابط‌های کاربری محاوره‌ای از پردازش زبان طبیعی (NLP)[۳]استفاده می‌کنند، که توانایی درک، تحلیل و تولید معنا از زبان انسان را به کامپیوترها می‌دهد. برخلاف پردازشگرهای کلمات، NLP ساختار زبان انسان را در نظر می‌گیرد (کلمات عبارات را می‌سازند، عبارات جملات را می‌سازند که ایده یا نیت کاربر را منتقل می‌سازند.) ذات مبهم زبان انسانی درک صحیح منظور کاربر را برای ماشین دشوار می‌سازد و بعضا خطاهایی در ترجمه منظور کاربر اتفاق می‌افتد که ما را به سمت الگوریتم‌های درک زبان انسان (NLU)[۴] سوق می‌دهد. [۳۶۷]

NLU اجازه تحلیل احساسات و یا جستجوهای محاوره‌ای را به رایانه می‌دهد که سبب می‌شود تا بتواند رشته‌ای از سوالات را که به طور معمول در محاوره پیش می‌آیند دنبال کند. NLU رابطهای محاوره‌ای را قادر می‌سازند تا ورودی‌ها ساختارنیافته مانند اشتباهات املایی (یا گفتاری) را که مغز انسان قابلیت درک آن را دارد، بفهمد. به عنوان مثال، با استفاده از NLU کاربر ابتدا می‌تواند بپرسد که جمعیت یک کشور چقدر است، و سپس در سوال بعدی بپرسد «رئیس جمهور کیست؟» در این صورت جستجو با در نظر گرفتن زمینه قبلی برای رئیس جمهور کشور مد نظر انجام می‌گردد.

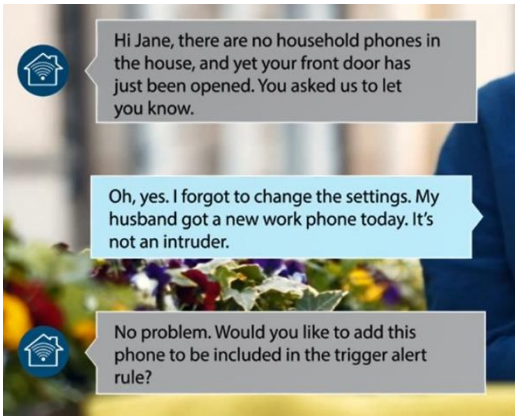
رابط‌های کاربری محاوره‌ای (CUI)[۵] به عنوان ابزاری مقرون به صرفه برای کسب و کارها و به عنوان روش مناسبی برای ارتباط با مشتریان به شمار می‌آیند که پیچیدگی‌های استفاده از رابط‌های کاربری گرافیکی را ندارد.

امروزه استفاده از CUIها در دستیارهای صوتی[۶] و ربات‌های گپ‌زن[۷] به وفور یافت می‌شود.

در صنعت برق نیز از این فناوری برای رفع چالش ایجاد ارتباط موثر بین کاربران و سیستم‌های رایانه‌ای می‌توان استفاده نمود. نمونه‌ای از استفاده از این فناوری، ترکیب آن با فناوری خانه هوشمند است، در شکل زیر بخشی از مکالمه یک سیستم خانه هوشمند محاوره‌ای و کاربر را مشاهده می‌فرمایید. این سیستم برای انجام تنظیمات جدید نیز از مکالمات به زبان انسان بهتره می‌جوید.

---

[1] Online Analysis Digital Twin
[2] Conversational User Interfaces
[3] Natural Language Processing
[4] Natural Language Understanding
[5]
[6] Voice Assistants
[7] Chatbot



شکل .Error! No text of specified style in document–**۹۲– فناوری خانه هوشمند با بهره‌گیری از رابط کاربری محاوره‌ای**

به عنوان کاربرد دیگری از این فناوری به استفاده از آن در سازمان آب و برق دبی در قالب «کارمند مجازی» می‌توان اشاره کرد. ربات Rammas با بهره‌گیری از هوش مصنوعی به عنوان کارمند مجازی بخش خدمات مشتریان پاسخگوی سوالات مشتریان در خصوص مشکلات پیش آمده و یا در خصوص اطلاعات مصرف آن‌ها می‌باشد. طبق گزارش این سازمان، این ربات توانسته تا نیمه اول سال ۲۰۱۷ در عرض ۶ ماه به ۲۷۰۰۰۰۰ درخواست که توسط کاربران مطرح گردیده پاسخ دهد [۳۶۸]. این ربات در پلتفرم Google Assistant و همچنین از طریق سازمان و اپلیکیشن موبایل قابل دسترس می‌باشد.

کاربرد دیگری که برای این فناوری می‌توان متصور شد و هم اکنون نیز از آن استفاده می‌شود ارتباط با سرنشین در اتوموبیل‌های الکتریکی و خودران است. اتوموبیل‌های خودران از تکنولوژیکی در حال به واقعیت پیوستن هستند و انتظار می‌رود که در دهه آینده به بیشترین حد خودکاری خود برسند. گرچه بر سر این که به طور ضروری نیازمند تعامل پیشرفته انسان و ماشین هستیم توافق کلی وجود دارد، اما نقش هوش مصنوعی در این میان واضح نیست. البته جامعه علمی در خصوص نقش هوش مصنوعی، اتوموبیل‌های خود مختار، نقاط تقاطع این فناوری‌ها و مسائل مرتبط به آن در حال بحث و روشنگری می‌باشند. در مقاله [۳۶۹] نقش دستیارهای مجازی به عنوان مغز الگوریتمی اتوموبیل‌های خودمختار با قابلیت صحبت کردن با مسافر و دارا بودن حسگرهای متعدد بررسی شده است. در این میان این سوال مطرح می‌شود که آیا در این کاربرد خاص، فعالیت‌های این مغز متفکر به دستیار سرنشین محدود بشود و یا به طور کامل در صورت نیاز با انسان (راننده) جایگزین شود؟ آیا فعالیت‌های این دستیار محدود به اقدامات ایمنی باید باشد یا محدوده عملکرد آن به تمامی فعالیت‌های مربوط به راندن خودرو گسترش می‌یابد؟ گرچه دستیارهای صوتی در مراحل اولیه توسعه تجاری خود هستند، اما در این مقاله به تفصیل در خصوص وضعیت این فناوری در دنیا و نقش‌ها و عملیاتی که توسط آن‌ها در اکوسیستم اتوموبیل‌های خودران ایفا می‌شود پرداخته شده است.

Virtual Assistant	*Adopted by*	*Commercially Available*	*Focus Area*
Google Assistant	Daimler Mercedes-Benz, Hyundai	Yes	Car Navigation; IoT applications
Cortana (Microsoft)	BMW, Nissan	Yes	Car Navigation
Alexa (Amazon)	Ford	Yes	Infotain-ment
OnStar Go (IBM, GM)	General Motors	Yes	Infotain-ment & Car Navigation
SIRI (Apple)	Most car manufacturers (via Apple CarPlay app)	Yes	Generalist
Yui (Toyota)	Toyota	No (concept stage)	Car Navigation; Virtual companion
HANA (Honda)	Honda	No (concept stage)	Car Navigation; Virtual companion
Sedric	Volkswagen	No (concept stage)	Virtual companion; Infotain-ment

جدول .Error! No text of specified style in document–**۷۵– دستیار مجازی در اتوموبیل‌های فعلی**

دستیار مجازی Teslabot برای ارتباط کاربر با خودروی الکتریکی تسلا طراحی شده و قابلیت فرمان‌پذیری و انجام اقداماتی از جمله اقدامات ایمنی را داراست. شکل Error! No text of specified style **in document.**–۹۳– نمونه مکالمه کاربر با Teslabot به اسم Elon را نشان می‌دهد. در این نمونه کابرد ضمن اطلاع از وضعیت خودرو، فرمان قفل کردن درب‌های خودرو را به Teslabot صادر می‌کند. لازم به ذکر است که Tesla به عنوان کمپانی پیشرو در طراحی و تولید خودروهای الکتریکی شناخته می‌شود. [۳۷۰]



شکل .Error! No text of specified style in document–**۹۳– نمونه مکالمه کاربر با Teslabot**

کمپانی رولز رویس به تازگی از کانسپت الکتریکی جدید خود با نام Rolls-Royce VISION NEXT 100 (103EX) رونمایی کرده است. دستیار مجازی این خودرو با نام Eleanor به صورت صوتی و گرافیکی با سرنشین ارتباط داشته و از فرمان وی پیروی می‌کند. [۳۷۱]

فناوری CUI در شکل صوتی خود از فناوری‌های پردازش صوت و گفتار بهره می‌برد و پس از تبدیل گفتار به متن، در هر دو حالت دستیارهای صوتی و ربات‌های گپ‌زن فناوری NLU یا NLP جهت تشخیص مفهوم مکالمه، تبدیل آن به فرمان و اقدام در صورت نیاز و یا ادامه مکالمه استفاده می‌شود. لازم به ذکر است استفاده از هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین جهت بهبود کیفیت این فناوری ضروری می‌باشد. هر کدام از فناوری‌های مذکور در بخش‌های دیگر این گزارش به تفصیل شرح داده شده‌اند.

٤-٤-٣- تست‌های غیر مخرب

برای تشخیص خرابی در بسیاری از وسایل می‌بایست اجزای آن دستگاه را از یکدیگر جدا نمود و به طور جداگانه به بررسی هر یک پرداخت تا عیب دستگاه مشخص شود. در خیلی از دستگاه‌های پیچیده امکان بازکردن قطعات از یکدیگر وجود ندارد و برای مشاهده داخل وسیله باید آن قطعه را به طور کلی خراب نمود. برای مثال توربین‌های بخار دارای دیگ جوشان و لوله‌هایی هستند که بخار آب را به توربین منتقل می‌کنند. یکی از مواردی که باید برای تعمیر و نگهداری آن‌ها انجام داد تشخیص ترک‌های ریزی است که داخل این لوله‌ها ایجاد می‌شود. این ترک‌ها از بیرون قابل مشاهده نیست مگر این که لوله سوراخ شده و نشت داشته باشد که در این صورت یک حالت اضطراری پیش خواهد آمد که وقفه‌ای ناخواسته را در کار توربین و نیروگاه بوجود می‌آورد. برای جلوگیری از این اتفاق و تشخیص زودهنگام این ترک‌ها و تعویض به موقع لوله‌ها از تست‌های غیرمخرب استفاده می‌شود که اغلب بر پایه تصویربرداری‌های دقیق از جسم مورد آزمایش است. این کار می‌تواند توسط طیف وسیعی از امواج مکانیکی و الکترومغناطیسی مانند امواج فراصوت، مایکروویو، اشعه ایکس و اشعه گاما انجام شود [۳۷۶-۳۷۲].

١-٤-٤-٣- کاربرد تست‌های غیر مخرب در صنعت برق

١-١-٤-٤-٣-تشخیص مقره‌های خراب

یکی از وسایلی که دسترسی به آن آسان نیست و می‌بایست به طور دوره‌ای مورد تست و ارزیابی قرار گیرد مقره‌هایی است که در انتهای خطوط فشار قوی قرار دارد. برای این کار می‌توان از تصویر برداری اشعه X استفاده نمود که می‌تواند در فواصل مختلف و حتی از روی زمین این کار را انجام دهد و مسئول فنی را از ایجاد ترک آگاه نماید[۳۷۳].



شکل .Error! No text of specified style in document-**۹۴-تصویربرداری اشعه ایکس از مقره‌ها**

٢-١-٤-٤-٣- تشخیص شکاف و یا پارگی در کابل‌های فشار قوی

یکی از اجزای اصلی شبکه‌های برق در خطوط انتقال و توزیع، کابل‌ها هستند که چون تحت ولتاژ و جریان بالایی قرار دارند به تدریج امکان یونیزه شدن و پوسیدگی و در نتیجه ایجاد شکاف و پارگی در آن‌ها وجود دارد. قطع شدن هر یک از این کابل‌ها نیز ممکن است باعث اضافه بار روی خطوط دیگر و یا قطعی برق در یک منطقه شود [۳۷۴]. یکی از روش‌هایی که اخیرا برای تشخیص

قطعی یا خرابی در کابل‌های شبکه برق به کار گرفته شده استفاده از اشعه ایکس و امواج تراهرتز (لیدار[1]) است که می‌توانند تصاویری با رزولوشن بالا در اختیار مامور تعمیر و نگه‌داری قرار دهند. از آنجایی که خطوط برق طولانی است و ممکن است همراه با مخطراتی باشد، اخیرا از ربات‌هایی برای این منظور استفاده شده است که ثبت اختراع شده‌اند.



شکل .Error! No text of specified style in document**-۹۵ تشخیص خرابی خطوط انتقال در شبکه برق**

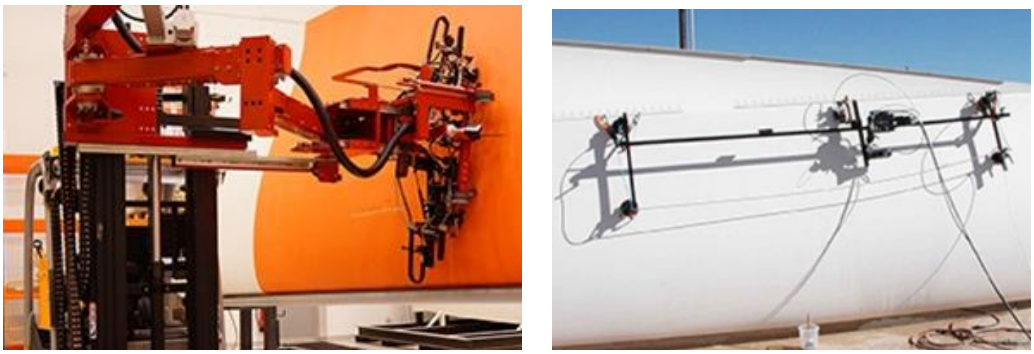
۳-۱-٤-٤-۳- تشخیص خرابی لوله‌های انتقال‌دهنده بخار در توربین‌ها و تیغه توربین‌های بادی

لوله‌های انتقال‌دهنده بخار از دیگ جوشان به توربین چون مرتبا در معرض بخار آب هستند به تدریج دچار خوردگی شده و با وجود فشار بالای گاز در داخل این لوله‌ها احتمال ایجاد شکاف و شکستگی در آن‌ها وجود دارد. برای تشخیص این خوردگی می‌توان از امواج التراسونیک استفاده نمود. این کار می‌تواند توسط نیروی ماهر یا روبات انجام شود. [۳۷۶]



شکل .Error! No text of specified style in document**-۹۶ استفاده از التراسونیک برای لوله‌های بویلر**

[1] Lidar



شکل .Error! No text of specified style in document–**۹۷–استفاده از التراسونیک برای تست غیر مخرب تیغه‌های توربین بادی**

۳-٤-٤-۳- چالش های مرتفع شده توسط تست غیر مخرب

در این بخش بر اساس کاربردهای مختلف تست‌های غیرمخرب به بیان پروژه هایی پرداخته خواهد شد که در رفع چالش های صنعت برق و انرژی موثر خواهند بود. این پروژه ها در قالب جدول Error! **No text of specified style in document.**–۷۶بیان شده اند.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
تشخیص خرابی در لوله‌های توربین بخار [۳۷۶]	تولید امواج التراسونیک و آشکارسازی آن	هند/ Maulana Azad National Institute of Engineering and Technology	۲۰۱۸	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌هایجدید	تشخیص خوردگی در لوله‌های توربین بخار بدون بریدن لوله‌ها و اندازه‌گیری ضخامت دیواره داخلی لوله و ضخامت لایه اکسید شده
تشخیص عیب در خطوط انتقال برق [۳۷۷]	تولید اشعه ایکس و آشکارسازی آن	آمریکا/ شرکتSMUD	۲۰۱۸	چالش ۵	تشخیص پارگی یا شکاف در خطوط بدون برداشتن روکش سیم به منظور جلوگیری از هدر رفت توان در سیم‌های انتقال با آشکارسازی اشعه ایکس
تشخیص مقره‌های خراب با استفاده از اشعه ایکس [۳۷۸]	تولید اشعه ایکس و آشکارسازی آن	چین/ sungkyunkwan university	۲۰۱۹	چالش ۵	تشخیص ترک داخلی در مقره بدون برش آن با استفاده از تصویر سه بعدی از مقره‌های خطوط 154 KV
ساخت دستگاهی برای تشخیص قطعی سیم‌های خانگی [۳۷۹]	تولید امواج مایکروویو و آشکارسازی آن	چین/ State Grid Shenyang Electric Power Supply Company	۲۰۱۹	چالش ۵	برای تشخیص سیم‌های برق یا اینترنتی که دسترسی به آن‌ها آسان نیست و داخل دیوار کار شده‌اند دستگاهی با استفاده اشعه ایکس ساخته شده است.

جدول .Error! No text of specified style in document-۷۶ پروژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق

۵-٤-۳- شبکه بندی[1]

شبکه به عنوان یک مفهوم پایه برای شکل‌گیری بسیاری از فناوری‌های نوین محسوب می‌شود. تعریف شبکه را می‌توان به صورت ایجاد اتصال بین هر دو عامل یا وسیله بیان کرد به نحوی که قادر به برقراری ارتباط[2] و اشتراک منابع[3] باشند. این منابع همان داده و اطلاعات هستند و ارتباط از طریق رسانه[4] مانند کابل مسی، فیبر نوری و یا امواج رادیویی برقرار می‌شود.

مباحث ایجاد شبکه، نیازمندی‌های آن و فناوری‌ها و استانداردهای مرتبط با آن همواره به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر شبکه هوشمند مطرح بوده است. در این گزارش، شبکه‌بندی و کاربردهای آن در شبکه هوشمند و پروژه‌های مرتبط با آن بررسی می‌شوند.

۱-۵-٤-۳- مدل‌های شبکه

ساختارهای لایه کاربرد، پروتکل‌های ارتباط بخش‌های پایانی سیستم هستند. دو ساختار معروف برای شبکه‌ها (در لایه کاربرد) عبارتند از:

- شبکه نظیر-به-نظیر (P2P[5]): در تعریف این ساختار، یک سیستم مرکزی وجود ندارد بلکه هر کاربر و ایستگاه به برقراری ارتباط مستقیم با کاربر دیگر می‌پردازد.
- شبکه مبتنی بر ارائه سرویس[6] در این مدل، سرویس‌دهنده[7] و سرویس‌گیرنده[8] با هم ارتباط برقرار می‌کنند. این مدل شامل دو روش معروف می‌شود به این صورت که در روش اول، اطلاعات توسط سرویس‌دهنده برای ادوات سطح پایین منتشر می‌شود. در روش دوم، ارسال اطلاعات بر اساس اعلام تقاضای سرویس‌گیرنده برای آن ارسال می‌شود.

۲-۵-٤-۳- سنکرون‌سازی شبکه

سنکرون‌سازی در یک شبکه از جنبه‌های مختلفی حائز اهمیت است و منجر به تبادل موفقیت‌آمیز اطلاعات می‌شود. سنکرون‌سازی در دو بخش شبکه‌های مبتنی بر سیم و بی‌سیم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- شبکه‌های مبتنی بر سیم: دو روش همزمانی در این شبکه‌ها متداول‌تر هستند که عبارتند از پروتکل زمان شبکه (NTP[9]) و سیستم مکان‌یابی سراسری (GPS[10]). روش NTP نیازمند یک ساعت بسیار دقیق است که غالباً توسط سرور تأمین می‌شود و بقیه ادوات شبکه با این سرور همزمان می‌شوند. با در نظر گرفتن تعداد زید نودها در شبکه بی‌سیم، این روش برای شبکه‌های بی‌سیم عملی نیست. اما در روش GPS ادوات نیازمند ارتباط با ماهواره برای دریافت اطلاعات زمان مرجع و همزمان شدن هستند. به علت نیاز به انرژی در تبادل داده، این روش نیز برای نودهای کوچک در شبکه‌های بی‌سیم مناسب نیست.

---

[1] Networking
[2] Connection
[3] Sharing Resources
[4] Media
[5] Peer-to-Peer
[6] Service-based
[7] Server
[8] Client
[9] Network Time Protocol
[10] Global Positioning System

- شبکه‌های بی‌سیم: سه روش پایه در سنکرون‌سازی این شبکه‌ها عبارتند از تعیین زمان نسبی (برطبق تشخیص توالی پیام‌ها و رخدادها و مقایسه زمان آنها)، تعیین زمان نسبی با کلاک‌های مستقل (سنکرون‌شدن نودها با نودهای همسایه) و سنکرون‌سازی سراسری (تطابق با زمان مرجع سراسری). پروتکل‌های اصلی این بخش عبارتند از:

۱. سنکرون‌سازی انتشار مرجع (RBS[1]): انتقال اطلاعات زمانی از فرستنده به گیرنده انجام می‌شود. سپس گیرنده‌های مجاور، مرجع زمان را با هم تبادل کرده و خطای خود را محاسبه می‌کنند.

۲. پروتکل همزمانی برای شبکه‌های حسگری (TPSN[2]): پس از تشکیل یک ساختار سلسله‌مراتبی و درختی از شبکه در فاز اول، در فاز سنکرون‌سازی نودهای هر سطح با سطح بالاتر خود سنکرون می‌شوند و به این ترتیب همه نودها با مرجع اصلی (نود ریشه درخت) همزمان می‌شوند.

۳. پروتکل همزمانی زمان سیل‌آسا (FTSP[3]): این روش مشابه TPSN است اما به جای ساختار درختی، از توپولوژی مش استفاده می‌کند و نود ریشه که مرجع زمان است به صورت متناوب و پویا انتخاب می‌شود.

۳-۵-٤-۳- مزایای ایجاد شبکه

دلایل استفاده از شبکه مزایای مهمی هستند از جمله:

- استفاده مشترک از منابع: بهینه‌سازی و بیشینه استفاده از منابع محدود از جمله ظرفیت کانال ارتباطی
- کاهش هزینه: تمرکز منابع و استفاده بهینه از آنها با گسترش ساختارهای کارآمد شبکه‌بندی منجر به کاهش کلی هزینه‌ها می‌شود.
- قابلیت اطمینان: قابلیت اطمینان ویژگی مهم و مورد توجهی است که می‌تواند بواسطه طراحی و پیاده‌سازی یک شبکه کارآمد افزایش یابد.
- صرفه‌جویی در زمان: ایجاد ارتباط قوی و با سرعت بالا منجر به امکان استفاده همه کاربران از منابع و در زمان کوتاه می‌شود.
- توسعه‌پذیری: شبکه‌های محلی می‌توانند با پیروی از استانداردها در کنار هم قرار گرفته و یک شبکه بزرگتر را تشکیل دهند. قابلیت توسعه سیستم می‌تواند در صرفه‌جویی هزینه‌ها اثر قابل توجهی داشته باشد.
- تبادل دانش: انتقال و تبادل اطلاعات در سطح وسیع از مزایای مهم شبکه‌بندی محسوب می‌شود.

٤-۵-٤-۳- معایب ایجاد شبکه

متناسب با ساختار پیاده‌سازی شده از شبکه، معایب و مشکلاتی وجود دارند از جمله:

۱. معایب ساختارهای مبتنی بر ارائه سرویس: به دلیل وجود مرکز یا مراکز اصلی برای مدیریت و هماهنگی ارسال و دریافت اطلاعات، بروز خطا و یا حملات به این بخش‌ها منجر به توقف و خسارات وسیع در شبکه می‌شوند. همچنین، اختصاص سرویس به مالک/مالکین و نیازمندی‌های مهمی چون دسترسی به پهنای باند زیاد از جمله معایب دیگر این ساختار به شمار می‌روند.

۲. معایب ساختارهای P2P: در ساختارهای کاملاً توزیع‌شده، مشکلاتی چون نبود مدیریت مرکزی و امنیت کم وجود دارند. به علاوه، به اشتراک گذاشتن منابع در ارتباطات مستقیم منجر به کاهش کارآیی می‌شود.

۵-۵-٤-۳- کاربردهای شبکه در صنعت برق و انرژی

[1] Reference Broadcast Synchronization
[2] Timing-sync Protocol for Sensor Networks
[3] Flooding Time Synchronization Protocol

فناوری‌های ارتباطی یکی از بخش‌های اصلی تحقق شبکه هوشمند به شمار می‌روند. به کار گیری شبکه در بخش‌های مختلف تولید، انتقال، توزیع و مصرف، برای ایجاد ارتباطات مهمی از جمله ارتباط بین اپراتورهای سیستم‌های انتقال و توزیع و تحقق اهداف مدیریت و پایش شبکه برق در ساختارهای نوین ضروری است.

لذا در بسیاری از تحقیقات و پروژه‌های صنعت برق که در سال‌های اخیر در دنیا مطرح شده بحث ارتباطات و شبکه‌سازی مطرح بوده و فناوری‌های مرتبط مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به مبسوط بودن موضوعات در این حوزه، در ادامه این گزارش تمرکز بر پروژه‌هایی است که به صورت خاص برای شبکه‌سازی و برقراری ارتباط بین بخش‌ها، واحدها و سطوح مختلف شبکه هوشمند تعریف شده‌اند.

۱-۵-۵-٤-۳- تجمیع واحدهای نوین در شبکه برق

سیستم‌ها و ادوات نوین همواره به صورت پویا در قسمت‌های مختلف شبکه برق وارد و یا جایگزین می‌شوند. این واحدها می‌تواند شامل واحدهای تولید پراکنده (DG)، سیستم‌های شارژ خودرو برقی، ذخیره‌سازها و یا ادوات پایش و کنترل باشند که در بخش‌های گسترده‌ای از شبکه برق، نیازمند برقراری ارتباط و تعامل هستند. تجمیع این واحدها (مانند اتصال DGهای کوچک و متوسط در شبکه‌های توزیع و یا انتقال) نیازمند طراحی زیرساخت ارتباطی مناسب جهت تبادل داده، پایش و کنترل آنها می‌باشد.

در این راستا پروژه‌های زیادی در دنیا انجام شده و فناوری‌های ICT به عنوان بخش مهمی از پروژه‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پیاده‌سازی ارتباطات در حوزه تجمیع واحدهای نوین، در حد مطلوب انجام شده و به اهداف مورد نظر دست یافته است. بررسی پروژه‌ها نشان می‌دهد که دو پروتکل IEC 61850 و SunSpec در پروژه‌های زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در ادامه پروژه‌هایی که با اهداف فوق، به تجمیع واحدهای نوین مخصوصاً منابع تولید پراکنده و ذخیره‌سازها پرداخته‌اند در جدول **!Error- ۷۷ No text of specified style in document.** ارائه می‌شوند. بخش زیادی از این پروژه‌ها در اروپا انجام شده و یا درحال انجام هستند.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
EU-SYSFLEX		ایرلند	۲۶.۵ M€ ۲۰۱۷-۲۰۲۱	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	ارائه سرویس‌های مناسب موجود در اروپا برای اتصال حجم وسیع از تولیدات تجدیدپذیر در شبکه برق، ارائه ابزارهای تعامل DSO و TSO تجمیع حجم وسیع از تولیدات تجدیدپذیر در شبکه برق اروپا و تأمین ۵۰٪ از برق اروپا تا سال ۲۰۳۰
PLANGRIDEV		آلمان	۱۵.۴ M€ ۲۰۱۳-۲۰۱۶	چالش ۱	ارائه یک مدل مخابراتی برای اتصال ادوات تعامل‌پذیر ساختار شارژ خودروهای برقی و همچنین منابع تولید انرژی تجدیدپذیر و پیاده‌سازی ارتباط آنها با شبکه توزیع

نام پروژه	دانش فناوری	کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
COTEVOS		اسپانیا	۵.۶ M€ ۲۰۱۳–۲۰۱۶	چالش ۱	مفاهیم، ظرفیت‌ها و روش‌های تست سیستم‌های EV و تعامل‌پذیری و عملکرد اتصال زیرساخت شارژ به شبکه هوشمند
PowerUp		اسلواکی	۳.۵ M€ ۲۰۱۱–۲۰۱۳	چالش ۱	تعیین، پیاده‌سازی، اجرا و استانداردسازی شارژ و دشارژ در تعامل خودروهای برقی با شبکه برق (V2G) با تمرکز در لایه‌های فیزیکی و ارتباط داده
GOFLEX		ایرلند	۵.۶ M€ ۲۰۱۶–۲۰۲۰	چالش ۱	انعطاف در ظرفیت پذیرش شبکه برق و عملیاتی ساختن تجمیع واحدهای DG در شبکه توزیع
SENSIBLE		آلمان	۶.۱ M€ ۲۰۱۵–۲۰۱۷	چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها	تجمیع ادوات ذخیره‌ساز انرژی برای ساختمان‌ها به منظور بهینه‌سازی تولید و مصرف انرژی
SHAR-Q	شبکه‌های تعامل‌پذیر P2P	اسپانیا	۴ M€ ۲۰۱۶–۲۰۱۹	چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها	بهینه‌سازی ذخیره انرژی در شبکه با کمک ارتباطات تعامل‌پذیر P2P که ذخیره‌سازها و DGهای همسایگی را به هم متصل می‌کند.
Smart Grid Gotland		سوئد	۱۳.۸ M€ ۲۰۱۲–۲۰۱۷	چالش ۱	اتصال منابع تولید تجدیدپذیر و افزایش ظرفیت آنها، بهینه‌سازی کیفیت توان، قابلیت اطمینان و ارتباط با مشتریان
UGRIP		کرواسی	۱.۱ M€ ۲۰۱۶–۲۰۱۹	چالش ۱	پیاده‌سازی کامل یک ریزشبکه به همراه طراحی و استفاده از پروتکل‌های مخابراتی در سطوح مختلف ریزشبکه، تعریف ساختار اتصال به بازار برق

نام پروژه	دانش فناوری	کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
HEILA	پلتفرم ارتباطی	فنلاند	۱ M€ ۲۰۱۷–۲۰۱۸	چالش ۱	اجرای پایلوت برای تجمیع منابع انرژی پراکنده، استفاده از پلتفرم تجاری و ساخت ریزشبکه مجازی
NETFFICIENT		اسپانیا	۱۱.۴ M€ ۲۰۱۵–۲۰۱۸	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	گسترش کاربرد فناوری‌های ذخیره انرژی با پیشبرد و توسعه بخش ارتباطات و انتقال اطلاعات
inteGRIDy		اسپانیا	۱۵.۸ M€ ۲۰۱۷–۲۰۲۰	چالش ۱	تجمیع و ایجاد تعامل بین بخش‌های مختلف شبکه هوشمند مانند DGها، VPPها و ذخیره‌سازها
WINDLIPS		کرواسی		چالش ۱	اتصال منابع تولید پراکنده انرژی به شبکه برق و بررسی اثرات اتصال آنها با تمرکز بر تولیدات بادی
ELSA		فرانسه	۱۳.۱ M€ ۲۰۱۵–۲۰۱۸	چالش ۱۱– ارائه و ارتقای سرویس‌های و فن‌آوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و یکپارچه‌سازی آنها	سازگاری و تجمیع تکنیک‌های ذخیره‌سازی انرژی و روش‌های مدیریت آنها بر پایه ICT جهت کنترل و مدیریت بارها، تولیدات و ذخیره‌سازها در ساختمان‌ها و بخش‌های شبکه توزیع

جدول .Error! No text of specified style in document**–۷۷ پروژههای نمونه برای تجمیع واحدهای نوین در صنعت برق**

۲-۵-۵-٤-۳- WAMPAC[1] و WAMS[2]

[1] Wide Area Monitoring, Protection and Control
[2] Wide Area Monitoring Systems

سیستم‌های WAMPAC، سیستم پایش، حفاظت و کنترل شبکه‌های قدرت هستند که برای تکمیل سیستم‌های اسکادای قدیمی ارائه شدند. برای جلوگیری از خاموشی‌های سراسری، بررسی دقیق دینامیک شبکه برق (که اسکادا قادر به رصد آنها نیست) مورد نیاز است که سیستم‌های WAMPAC این کار را با دقت بالا انجام می‌دهند.

واحدهای اندازه‌گیری فازوری (PMU)[1] که در بخش‌های مختلف شبکه برق نصب می‌شوند، ابزارهای قوی برای جمع‌آوری داده هستند. این اطلاعات از طریق شبکه WAN به مراکز ذخیره داده و کنترل‌کننده‌های بالادستی ارسال می‌شوند و در بخش‌های تحلیل، حفاظت و کنترل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نمونه‌هایی از مزایای پیاده‌سازی سیستم WAMPAC، افزایش رؤیت‌پذیری سیستم و شناسایی وضعیت آن، پایش پارامترها و متغیرهای مختلف سیستم (ضریب بار، پخش بار، پایداری ولتاژ و فرکانس و نوسانات بین ناحیه‌ای)، مقابله با عوامل ناپایداری سیستم، حفظ یکپارچگی و سلامت سیستم، بهبود عملکرد شبکه قدرت می‌باشند.

کارآیی سیستم WAMPAC برای کنترل شبکه قدرت اثبات شده است. در این راستا پروژه‌های مختلفی در کشورهای دنیا انجام شده و شرکت‌های بزرگی چون جنرال الکتریک در آمریکا برای بهبود مدیریت سیستم انرژی از آن بهره گرفته‌اند. همچنین بسیاری از کشورها از جمله ایران این سیستم را نصب کرده و در حال توسعه آن می‌باشند. جدول Error! **No text of specified style in document.**-۷۸، مطالعه و به کار گیری فناوری‌های WAMS و WAMPAC را در پروژه‌های مرتبط با شبکه هوشمند نشان می‌دهد.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
PSGuard	WAMPAC	آمریکا/ ABB		چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	پیاده‌سازی سیستم WAMPAC در شبکه قدرت
MIGRATE		آلمان	۱۷.۹ M€ ۲۰۱۶-۲۰۱۹	چالش ۱	تجمیع گسترده و مدیریت ادوات الکترونیک صنعتی، پیاده‌سازی توسط WAMS
SUNSEED	WAMS	اسلونی	۴.۷ M€ ۲۰۱۴-۲۰۱۷	چالش ۱	ایجاد شبکه ارتباطی مقاوم و تاب‌آور برای شبکه توزیع هوشمند با استفاده از شبکه‌های مخابراتی اپراتورهای موجود (مانند کاربرد شبکه LTE در پایش شبکه برق)
Smart-FiWi-HetNets	WASA-FiWi	اسپانیا	۱.۱ M€ ۲۰۱۴-۲۰۱۵	چالش ۱	تحقیق در شبکه‌های مبتنی بر فیبر نوری در کنار مخابرات بی‌سیم و کاربرد

[1] Phasor Measurement Unit

					آن در مخابرات M2M1 برای شبکه هوشمند، همچنین استفاده از WASA برای بازیابی سریع خطا در شبکه

جدول .Error! No text of specified style in document-۷۸ روژه‌های نمونه برای حل چالش‌های موجود در صنعت برق

۳-۵-۵-٤-۳- پایش و مدیریت شبکه برق

بخش‌های مختلف شبکه هوشمند نیازمند ایجاد ارتباط با واحد مرکزی مدیریت و یا کنترل‌کننده اصلی برای فعالیت خاص خود هستند. یکی از این بخش‌ها بازار برق است که نیازمند تبادل حجم زیادی از اطلاعات در مقیاس وسیع و با تأخیر کم و قابلیت اطمینان زیاد می‌باشد. پشتیبانی از فعالیت‌های پایش و مدیریت، با ایجاد شبکه ارتباطی و انتقال اطلاعات لازم قابل انجام است. تعدادی از پروژه‌های مرتبط با این موضوع در جدول **.No text of specified style in document** !Error-۷۹ آمده‌اند.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
PLAN4RES		فرانسه	۳.۹ M€ ۲۰۱۷-۲۰۲۰	چالش۵بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده ازفناوری‌های جدید	پشتیبانی از ذینفعان سیستم انرژی اروپا (DSO، TSO، ارائه‌دهندگان انرژی و ...) و به کار گیری فناوری‌های پیشرو برای بررسی تجمیعی انواع انرژی‌ها
INTERPLAN		ایتالیا	۳ M€ ۲۰۱۷-۲۰۲۰	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	تهیه ابزاری برای عملکرد همگرای شبکه برق اروپا، ارائه سیستم کنترل سراسری
eBADGE		اسلونی	۴.۹ M€ ۲۰۱۲-۲۰۱۵	چالش ۱۲- بازار	گسترش ابزارهای ICT برای مدل‌سازی، بهینه‌سازی و وارد کردن بازار برق و VPP2ها برای ایجاد و مدیریت یک سیستم واحد و پیاده‌سازی Pilot
EMPOWER		نروژ	۶.۱ M€ ۲۰۱۵-۲۰۱۷	چالش ۱۲- بازار	امکان تولید محدود انرژی و خرید و فروش در مقیاس کوچک با فراهم ساختن پلتفرم ICT، پیاده‌سازی بازار برق به صورت خرده‌فروشی و محلی

[1] Machine to Machine

[2] Virtual Power Plant

SMARTEREMC2		یونان	۳.۸ M€ ۲۰۱۵–۲۰۱۷	چالش ۱۲- بازار	پیاده‌سازی ابزارهای ICT برای پشتیبانی از تجمیع مصرف‌کننده‌ها و DGها برای دستیابی به بازار برق
SmartGridEnable		ایرلند	۷۱ K€ ۲۰۱۵–۲۰۱۵	چالش ۱	مدیریت فعال، سنکرون‌سازی و پایش توزیع‌شده شبکه هوشمند

جدول .Error! No text of specified style in document-**۷۹- پروژه‌های پایش و مدیریت شبکه برق و بازار برق**

٤-٥-٥-٤-٣- تعامل انرژی الکتریکی با انواع انرژی‌های دیگر

در ساختارهای شهری و در مبحث بررسی انرژی‌ها، علاوه بر انرژی الکتریکی انواع دیگری از انرژی‌ها حائز اهمیت هستند. نمونه‌هایی از سیستم‌های انرژی غیرالکتریکی عبارتند از: سیستم گرمایش، حمل و نقل و گاز. تجمیع انرژی الکتریکی با شبکه این انرژی‌ها مخصوصاً از نقطه‌نظر مدیریت یکپارچه در پروژه‌های اخیر مورد توجه واقع شده است. نیل به این هدف نیازمند طراحی زیرساخت مخابراتی و ارتباطی مطمئن برای تبادل داده در سطح وسیع می‌باشد. پروژه‌های این دسته با پروژه‌های بخش شهر هوشمند همپوشانی داشته و یا زیرمجموعه آنها انجام می‌شوند که در جدول Error! **No text of specified style in document.**-۸۰به نمونه‌هایی از آنها اشاره شده است.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
ITCITY	پلتفرم ICT	لاتویا	۰.۶ M€ ۲۰۱۷–۲۰۲۰	چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیر	پاسخ به نیاز به کار گیری کاربردهای جدید ICT در حوزه انرژی و در شهر هوشمند
PLAN4RES		فرانسه	۳.۹ M€ ۲۰۱۷–۲۰۲۰	چالش ۶ – تعامل و اتصال شبکه های برق با هم و با دیگر شبکه‌های انرژی	پشتیبانی از ذینفعان سیستم انرژی اروپا با در نظر گرفتن همه انواع انرژی‌ها و به کارگیری فناوری‌های نوین برای آنها
CITIES		دانمارک	۱۰ M€ ۲۰۱۴–۲۰۲۱	چالش ۶	مطالعه کاستی‌های سیستم‌های انرژی و روش‌های پیش‌بینی، کنترل و بهینه‌سازی تعامل بین آنها با راه‌حل‌های پیشرفته ICT

جدول .Error! No text of specified style in document-**۸۰- پروژه‌های ارتباطات انرژی‌های چندگانه**

٦-٤-٣- رباتیک در صنعت برق

استفاده از ربات‌ها در چند دهه اخیر در بسیاری از صنایع که نیازمند انجام وظایف دقیق، ظریف و تکراری هستند صورت می‌پذیرد و با پیشرفت علوم و تکنولوژی و به طور ویژه افزایش توان محاسباتی پردازنده‌های کامپیوتری فعالیت‌های پیچیده‌تری به صورت روز افزون به ربات‌ها سپرده می‌شود. در فرایند تولید انرژی الکتریکی و انتقال آن به نقاط دوردست به این دلیل که مشابه صنایع تولیدی دیگر خط تولید وجود ندارد استفاده از ربات‌ها به صورت مستقیم انجام نمی‌شود. اما برای اطمینان از عملکرد صحیح اجزای

مختلف شبکه برق از بخش تولید (نیروگاه‌ها) گرفته تا انتقال و توزیع آن و همچنین عملیات تعمیر و نگهداری دارایی‌ها و تجهیزات شبکه برق ربات‌ها بسیار پرکاربرد می‌توانند باشند. شرکت‌های صنعتی بسیاری در این زمینه دست به تولید محصول زده اند و تحقیق و توسعه در این حوزه به صورت پیوسته ادامه دارد.

با پیدایش علوم جدید نظیر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین استفاده از ربات‌ها وارد فاز جدیدی شده و توسعه ربات‌هایی که قدرت تصمیم‌گیری و انجام عملیات بدون دخالت اپراتور و یا برنامه‌ریزی دقیق را دارند در پروژه‌های جدید دیده می‌شود. ربات‌های خودمختار[1] از درجات مختلفی از هوشمندی برخوردار هستند و با افزایش قدرت پردازشی و توسعه الگوریتم‌های یادگیری ماشین انجام عملیات تیمی با استفاده از تعامل بین ربات‌ها و همچنین با دستور گرفتن از لایه بالاتری از سیستم جهت هدایت عملیات به صورت متمرکز را امکان‌پذیر می‌سازد.

هوش مصنوعی در صنایع مختلف مانند ساخت و تولید، مهندسی، بهداشتی و درمانی، حمل و نقل، اقتصاد، مخابرات، خدمات و انرژی به صورت فزاینده‌ای در حال استفاده می‌باشد. قابلیت استفاده هوش مصنوعی از روش‌های یادگیری ماشین جهت تحلیل داده‌های گذشته و جدید، انجام پیش‌بینی، کنترل عملیات فیزیکی و تصمیم‌گیری در سطوح بالا را فراهم می‌کند. کمک به روند رشد هوش مصنوعی از طریق افزایش ظرفیت پردازش داده‌ها، توسعه بازار حسگرها و فراهم ساختن دنیای جدیدی از داده‌ها امکان‌پذیر است. فناوری‌هایی که از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند در سال‌های اخیر دوره‌های کوتاهتری از بازگشت سرمایه را تجربه می‌کنند که خود نشان‌دهنده نقش مثبت این فناوری‌ها در بازار می‌باشد [۳۸۴].

اکثر مباحث مربوط به هوش مصنوعی در انرژی‌های تجدید پذیر به استفاده آن در رباتیک ختم می‌شود. مثال پایه‌ای در این خصوص استفاده از پهپادهای خودمختار جهت بازرسی تجهیزات نیروگاه‌های بادی و خورشیدی می‌باشد. در این خصوص پروژه‌های مختلفی با رویکردهای متفاوت تعریف شده است که در ادامه به آن اشاره خواهد شد. برای خودکار نمودن فرایند و کنترل پهپادها هوش مصنوعی مورد نیاز است، از تشخیص شرایط غیرمتعارف گرفته تا ثابت نگه داشتن پهپاد در هوا.

حوزه رباتیک به سرعت در حال پیشرفت می‌باشد بنابراین مرور تکنولوژی‌ها و پروژه‌ها وضعیت فعلی کاربرد هوش مصنوعی در رباتیک را شرح می‌دهد. اما به طور کلی می‌توان گفت که ربات‌هایی که در انرژی‌های تجدید پذیر به کار گرفته می‌شوند (رباتهای پرنده، خزنده، خودران، زیرآبی و روی آبی) همگی در وظایف خطرناک، آلوده و خسته کننده برای بشر به خدمت گرفته می‌شوند. ربات‌های خودمختار که در حقیقت قابلیت تصمیم‌گیری دارند، ابعاد جدیدی به مساله بهره‌وری و کارایی می‌بخشند. با پیاده‌سازی صحیح ربات‌ها می‌توانند کیفیت و ثبات را در تولید فراهم آورند. اگر هدف اصلی توسعه انرژی‌های تجدید پذیر کاهش هزینه انرژی باشد، مسلماً ربات‌های خودمختار کنترل‌شده توسط هوش مصنوعی می‌توانند نقش بسزایی در این امر داشته باشند. در ادامه به ذکر مثال‌هایی از انواع ربات‌های هوشمند و موارد کاربرد آن‌ها پرداخته شده است.

در این بخش از تحقیق ابتدا کاربرد ربات‌ها در بخش‌های مختلف صنعت برق و شرکت‌ها و محصولاتی که در این زمینه وجود دارد بررسی می‌شود. سپس با بررسی پروژه‌های نوینی که در سال‌های اخیر در موسسات تحقیقاتی و دانشگاه‌های معتبر در دنیا به کاربرد این فناوری‌های در رفع مشکلات صنعت برق پرداخته می‌شود.

۱-٦-٤-۳- کاربردهای ربات‌ها در صنعت برق

در این بخش به مطالعه و شناسایی حوزه‌هایی از صنعت برق، شامل تولید، انتقال و توزیع، که رباتها در آن به کار گرفته شده است پرداخته می‌شود. این مطالعات سبب می‌شود تا افزون بر شناخت ربات‌های صنعت برق، بستری مناسب برای ارزیابی و انتخاب جهت توسعه هر یک از این رباتها و برنامه‌ریزی‌های آینده ایجاد شود [۳۸۳].

[1] Autonomous robots

۱-۱-٦-٤-۳- رباتهای بازرس

I- ربات بازرس لوله‌های دیواره بویلر

ایراد بویلر مهمترین عامل توقف اضطراری واحدهای نیروگاه‌های سوخت فسیلی در دنیا می‌باشد. تقریبا نیمی از این ایرادات به دلیل نشتی لوله‌های سوپرهیتر و نیمی به خاطر نشتی لوله‌های دیواره آبی است. ربات بازرس بویلر با حرکت بر روی لوله‌های دیواره بویلر و اسکن لوله‌ها با استفاده از تجهیزات بازرسی، امکان بررسی وضعیت لوله‌ها را برای بهره‌برداران فراهم می‌سازد. تجهیزی که بر روی ربات سوار است و برای اسکن به کار می‌رود میتواند یک دوربین ویدئویی با وضوح بالا، یا یک تجهیز آلتراسونیک و یا هر تجهیز اسکن کننده دیگری باشد.

I-۱-شرکت Gecko Robot

سرویس بازرسی اولتراسونیک برای نیروگاه‌های ذغال سنگ آمریکا

ویژگی‌ها: حرکت بر روی لوله‌های بویلر، دارای دوربین HD، دارای اسکن realtime اولتراسونیک ضخامت‌سنجی

I-۲- ربات Vertiscan شرکت RUSSEL NDE Systems

این ربات میتواند ۵ لوله را همزمان با سرعت ۵ متر در دقیقه اسکن کند و فاصله بین لوله‌ها میتواند ۱/۴ اینچ باشد

I-۳- ربات مرکز تحقیقاتی BARC برای National Thermal Power Corp هند

از لوله‌های بویلر بالا میرود و با استفاده از ترانسدیوسرهای EMAT لوله‌ها را اسکن می‌کند.

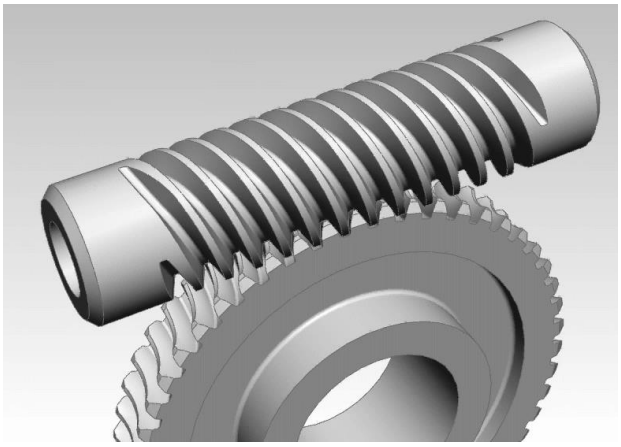
I-٤- ربات شرکت ALSTOM Inspection Robotics

ربات‌های خودکار و نیمه‌خودکار برای بازرسی سطوح و سازه‌های مختلف نظیر روتورهای ژنراتور و لوله‌های موجود در نیروگاه‌ها جهت انجام تست‌های غیر مخرب حرکت کنند.

I-۵- پروژه شرکت EPRI

موسسه EPRI نیز امکان استفاده از ربات‌ها با قابلیت اتصال تجهیزات متفاوت را برای بازرسی بویلرها بررسی کرده است. در این مطالعه که با همکاری موسسه EPRI و دانشگاه تگزاس انجام‌شده است سه محدوده‌ای که در آن ربات‌ها می‌توانند به کار گرفته شوند را مشخص کرده است: برپایی داربست، بازرسی چشمی دیواره آبی و تعویض دیواره آبی؛ که در هر سه مورد از کمک ربات استفاده شود. نهایتاً نیز یک ربات بالارونده از بویلر برای بازرسی دیواره‌های آبی طراحی و ساخته‌شده است که قابلیت‌های بالارونده آن در یک نیروگاه به‌طور موفقیت‌آمیز تست شده است.

در این ربات برای بالا رفتن از ۳۲ آهن‌ربای دائمی که روی ۲ سمت نصب‌شده استفاده گردید و مکانسیم حرکتی آن با استفاده از روش Worm gear انجام می‌پذیرد. این سیستم دنده برای کوچکتر کردن گیربکس و تبدیل حرکت محوری به چرخشی استفاده می‌شود. شکل **in document.** Error! No text of specified style–۹۸– مکانیزم سیستم دنده‌ای Warm gear را نشان می‌دهد.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۹۸– مکانیزم سیستم دنده‌ای Warm gear**

II- ربات بازرس توربین بادی

ربات بازرس توربین بادی، یک ربات بالارونده عمودی از برج بدنه توربین بادی می‌باشد که با استفاده از یک کنترلر از راه دور توسط اپراتور در پایین برج کنترل می‌شود و با استفاده از یک دوربین با وضوح بالا (یا سایر تجهیزات بازرسی) که روی آن قرار دارد می‌توان وضعیت توربین را بررسی کرد. درواقع عمده بازرسی پره‌های عظیم توربین از سطح زمین با استفاده از یک تلسکوپ پرقدرت انجام می‌گیرد. انگیزه بازرسی نزدیک‌تر به‌منظور بازرسی دقیق‌تر از پره‌های توربین منجر به ساخت این ربات شده است.

II-۱- ربات بازرس با همکاری شرکت International Climbing Machines و شرکت GE

این ربات که با همکاری شرکت ICM طراحی و ساخته‌شده است در یک مزرعه توربین‌های بادی در تگزاس با موفقیت تست گردیده است. یکی از مزایای استفاده از این ربات به‌جای روش‌های معمول، پایداری بهتر آن نسبت به تغییرات هوایی می‌باشد و بازرسی‌های این شرکت به دلیل برف، باران و کمبود نور دچار تأخیر نمی‌شود. به‌عنوان مثال یک اسکنر مایکرویو می‌تواند تصویر بهتری از پره‌های توربین فراهم نماید. استفاده از مایکرویو امکان بازرسی عمیق‌تری را به ارمغان می‌آورد و این امکان را می‌دهد که نشانه‌های هرگونه مشکلی در ساختار و مواد زودتر تشخیص داده شود. این ربات از چرخ‌هایی با خاصیت آهنربایی برای بالا رفتن از توربین با بدنه‌های فلزی استفاده می‌کند. مکانیزم دیگر استفاده از یک سیستم Compression و یا پمپ خلأ برای چسبیدن به سطح به‌جای استفاده از آهنربا می‌باشد. در مکانیزم دوم نیازی نیست که بدنه برج از فولاد باشد و روش جامع‌تری می‌باشد.

II-۲- شرکت‌های سازنده دیگر:

- شرکت Visatec
- شرکت Helical Robotics
- کنسرسیوم DashWin اتحادیه اروپا

همچنین اخیراً علاوه بر ربات‌هایی که از بدنه توربین بالا می‌روند، استفاده از ربات‌های پرنده برای بازرسی توربین‌های بادی نیز مدنظر قرارگرفته است.

III- ربات بازرس سد

یکی از ربات‌های مورد استفاده در صنعت برق، ربات بازرس سد می‌باشد. این مدل از ربات‌ها علاوه بر صنعت برق در صنایع دیگر ازجمله در صنعت نفت و بازرسی تجهیزات سکوهای نفتی، کاربردهای زیست‌محیطی و ... نیز کاربرد دارد. ربات‌های زیرآبی در اندازه‌ها و ابعاد متفاوت و با گستره متنوعی از فنّاوری‌ها و امکانات در سال‌های اخیر طراحی و ساخته شده‌اند. انواع این ربات‌ها از نمونه‌های کوچک و ساده‌ای که صرفاً مجهز به دوربین فیلم‌برداری کوچکی هستند تا گونه‌های پیشرفته و بسیار پیچیده‌ای که

دارای بازوی مکانیکی هستند و در اعماق بیش از شش هزار متری دریا امکان انجام عملکردهای متنوع و متعددی را دارند، شامل می‌شوند.

ربات‌های زیرآبی را می‌توان به دو دسته ROV[1] و UAV[2] تقسیم‌بندی کرد. ربات‌های زیرآبی ROV جهت هدایت نیاز به کابل دارند درحالی‌که ربات‌های زیرآبی UAV بدون استفاده از کابل، امکان هدایتشان در اعماق دریا وجود دارد. برای بازرسی سدها با توجه به کاربرد، ربات زیرآبی از نوع ROV و متصل به کابل استفاده می‌شود. ربات‌های زیرآبی اجزا مختلف و متعددی دارند که عموماً شامل موارد کلی زیر است:

- بدنه ربات
- سیستم رانش و حسگرها
- واسطهای کنترلی و نمایشی
- سیستم توزیع قدرت
- کابل‌های هدایتی و ارتباطی
- سیستم هدایت و کنترل

در بسیاری از شناورها و انواع وسایل نقلیه دریایی نظیر کشتی‌ها، زیردریایی‌ها و نیز انواع ربات زیرآبی، یک موتور نظیر توربین گازی یا دیزلی و یا در اکثر ربات‌های زیردریایی انواع الکتروموتورها، پروانه‌هایی را از طریق اتصال به یک محور انتقال قدرت به کار می‌اندازد تا نیروی پیشران لازم برای حرکت وسیله مربوطه فراهم شود. در اغلب ربات‌های زیرآبی از پیشرانه‌ای الکتریکی برای ایجاد نیروی رانش استفاده می‌شود.

در حال حاضر شرکت‌های زیادی در دنیا به کار طراحی و ساخت ربات‌های زیرآبی می‌پردازند که می‌توان به‌عنوان نمونه به شرکت‌های ذیل اشاره نمود:

- شرکت AAB seaeye
- شرکت AGEOTEC
- شرکت HYDRO QUEBEC
- شرکت SEA BOTIX
- شرکت AQUABOTIX
- شرکت CISCREA
- شرکت DEEP OCEAN ENGINEERING
- شرکت VIDEO RAY
- شرکت ECA ROBOTICS
- شرکت DEEP LINK
- شرکت Oceaneering International

IV- ربات بازرسی خطوط فشارقوی

[1] Remotely Operated Vehicles
[2] Unmanned Aerial Vehicle

این ربات همان‌طور که از نام آن مشخص است با حرکت کردن و غلتیدن روی خطوط ولتاژ بالا در ارتفاع زیادی از سطح زمین آن‌ها را بازرسی می‌کند و قادر به جمع‌آوری اطلاعاتی است که در شرایط اضطراری به متخصصان نگهداری خطوط کمک می‌کند تا به‌سرعت وارد عمل شوند.

این ربات‌ها در عین حال که دارای مشخصات کلی و وظایف مشابه می‌باشند، از قابلیت‌ها و امکانات مختلفی برخوردار می‌باشند. در ادامه برای معرفی توانایی‌های این‌گونه ربات‌ها، ربات بازرس خط Tiکه توسط مرکز توسعه و تحقیقات برق انستیتو شارلوت آمریکا EPRI طراحی و ساخته شده است شرح داده می‌شود.

ربات Ti به‌طور دائمی روی یک خط نمونه نصب شده و می‌تواند در هر سال حداقل ۲ مرتبه مسیر ۸۰کیلومتری را روی خط انتقال بپیماید. این ربات برای بازرسی خط از دوربین‌های با وضوح بالا و طیف مادون قرمز همراه با پردازش تصویر پیشرفته استفاده می‌کند.

همچنین این ربات قادر است فاصله درختان، اجسام هادی و دیگر اشیا را به منظور رعایت حریم مناسب و قانونی آن‌ها تا خطوط بسنجد. همچنین می‌تواند با مقایسه تصاویر قبلی و جدید اجزای خاص خطوط انتقال، احتمال فاسد شدن آن‌ها را تشخیص دهد.

این ربات همچنین با استفاده از یک آشکارساز تداخل الکترومغناطیسی می‌تواند محل تخلیه کرونا را شناسایی کند و با استفاده از GPS این اطلاعات را همراه با برچسب زمانی و مکانی برای کارکنان ارسال نماید. سپس کارکنان در جاهایی که تخلیه تشخیص داده شده است سایر بازرسی‌ها را با استفاده از دوربین تخلیه جزئی انجام دهند.

همچنین این ربات می‌تواند اطلاعات را از سنسورهای RF که EPRI خودش ساخته است و در نقاط مختلف خط انتقال نصب کرده است جمع‌آوری کند. این سنسورها به‌منظور بررسی وضعیت اجزایی همانند عایق‌ها، هادی‌ها و اتصال‌دهنده‌ها نصب‌شده‌اند.

متخصصان در آزمایشگاه لنوکس یک خط انتقال برق با تقاطع‌های زیاد، شیب‌های مختلف و مسیرهای ترکیبی در اندازه کوچک و آزمایشگاهی ساختند و نمونه اولیه این ربات توانست به تنهایی و بدون کمک اپراتور مسیر را با موفقیت کامل بپیماید. هنگامی که ربات مسیر فرعی را تشخیص می‌داد خودش را از سیم پشتیبان جدا کرده و به مسیر حلقوی متصل می‌کرد و به این وسیله مانع را دور می‌زد. پس از گذشتن از مانع و به‌محض حس کردن سیم پشتیبان مجدداً خود را از مسیر فرعی جدا کرده و به سیم پشتیبان متصل می‌شد. البته هدف نهایی حرکت ربات روی خطوط انتقال فعلی بدون مسیر بای‌پس می‌باشد.

IV- سازندگان این ربات

از جمله سازندگان ربات بازرس خط می‌توان به شرکت‌های زیر اشاره نمود:

- ربات ExpLiner شرکت HiBot ژاپن به سفارش شرکت KEPCO به‌منظور سرعت بخشی به تجاری شدن طرح مذکور از شرکت هیتاچی کمک گرفته شده است
- ربات Hydro-Quebec شرکت LineScout
- ربات Ti موسسه EPRI آمریکا
- ربات شرکت TRANSPOWER که در حال حاضر در شبکه انتقال نیوزلند مشغول به کار است
- ربات شرکت UKZN که در نمایشگاه شیکاگو نمایش داده شده است
- ربات شرکت Power Grid Corporation هند که در دست تحقیق و توسعه می‌باشد

V- ربات‌های مربوط نیروگاه‌های خورشیدی

امروزه به‌کارگیری ربات در صنعت انرژی خورشیدی رو به گسترش است. ربات‌ها در این صنعت در دو دسته می‌توانند به کار گرفته شوند. بخش اول استفاده از ربات در تولید و ساخت سلول‌های خورشیدی است، در حالی که تا چند وقت پیش این محصولات به روش دستی تولید می‌شد. زیرا حتی خطاهای بسیار کوچک در فرآیند تولید این محصولات می‌تواند به غیرقابل استفاده شدن آن‌ها

منجر شود. اما امروزه تولید سلول‌های سوختی و مونتاژ اجزای بسیار حساس این محصولات به شیوه رباتیک با دقت بسیار بالایی ممکن شده است. این ربات می‌تواند در حین انجام کار فرآیند تولید را مرحله به مرحله تحت کنترل قرار دهد و به‌طور خودکار هرگونه خطای احتمالی را که ممکن است در این فرآیند وجود داشته باشد، برطرف کند. شرکت‌هایی مانند ABB و Adept در این زمینه فعال هستند.

دسته دوم ربات‌هایی هستند که در نیروگاه‌های خورشیدی به کار می‌روند و وظایف مختلفی انجام می‌دهند. این ربات‌ها، وظایفی از قبیل تمیز کردن پنل‌های خورشیدی، ردیاب پرتو خورشیدی و ربات‌های نصاب پنلهای خورشیدی می‌باشد که در ادامه شرح داده می‌شوند.

V-۱- ربات تمیزکننده پنل‌های خورشیدی

با وجود اینکه مناطق بیابانی همانند عربستان به علت بهره‌مندی از نور خورشید، مکان‌های مناسبی برای برداشت انرژی خورشیدی هستند، ولی به علت کویری بودن، دارای گرد و غبار زیادی هستند و صاحبان مزرعه‌های خورشیدی نیازمند تمیز کردن پنل‌ها جهت فراهم کردن شرایط بهینه هستند. در غیر این صورت، این پنل‌ها مقداری از بازده خود را در روز و پس از طوفان‌های شنی از دست می‌دهند. از طرفی شست‌وشوی پنل‌ها با آب در وسط یک منطقه‌ی خشک، کار چندان آسانی نیست و در سطوح مختلف مشکلاتی را به وجود می‌آورد. مثلاً علاوه بر مصرف آب، نیازمند کارگرانی است که باید در آن هوای گرم با دمای بالای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد مشغول تمیز کردن پنل‌ها شوند.

برای حل این مشکل، ربات تمیزکننده پنل خورشیدی طراحی و ساخته‌شده است که دستگاه مکانیکی خودکار بدون آب گرد زدا می‌باشد. این نوع ربات‌ها روی ریل‌های پنل‌های خورشیدی نصب می‌گردند و هر روز حداقل یک‌بار از روی پنل‌های عبور می‌کنند و با جاروب خود، به گرد زدایی از روی پنل‌ها می‌پردازند. استفاده از این ربات‌ها تفاوت زیادی نسبت به زمانی ایجاد می‌کند که پنل‌ها به‌صورت دستی و آن‌هم هر هفته یک‌بار تمیز می‌شوند. ازآنجاکه هر ردیف پنل، ربات خود را دارد و به‌صورت موازی با یکدیگر کار می‌کنند، ازنظر زمانی تفاوتی بین تمیز کردن یک مزرعه خورشیدی کوچک و بزرگ نیست.

سازندگان این نوع ربات‌ها معتقد هستند که این ربات پس از مدتی هزینه خرید خود را جبران می‌کند و همچنین می‌تواند در شرایط سخت، بدون نیاز به نگهداری و تعمیر، جان سالم به در ببرد. از جمله سازندگان این ربات، شرکت Nommad می‌باشد.

V-۲- ربات ردیاب خورشیدی

شرکت کیوباتیکس در کالیفرنیای آمریکا، سیستم ردیاب خورشیدی جدیدی را ارائه کرده که به نام همین شرکت نام‌گذاری شده است. سیستم ردیاب خورشیدی کیوباتیکس از ربات‌های باهوش و متحرک استفاده می‌کند و باعث می‌شود توان خروجی نیروگاه خورشیدی به طرز چشمگیری افزایش یابد. سیستم ردیاب خورشیدی کیوباتیکس با تنظیم و اصلاح زاویه قرارگیری پنل‌های فتوولتائیک نسبت به خورشید باعث می‌شود تا توان تولیدی آن‌ها تا ٪۴۰ افزایش یابد. این ربات همچنین باعث کاهش ۲۰ درصدی در هزینه‌ها می‌شود.

این ربات بر روی یک ریل حرکت کرده و با اصلاح زاویه قرارگیری پنل‌های فتوولتائیک متناسب با موقعیت نسبی خورشید در آسمان کمک می‌کند تا سطح صفحات خورشیدی همواره در معرض بیشترین تابش نور خورشید قرار داشته باشد. به این ترتیب سیستم ردیاب خورشیدی کیوباتیکس با دو ربات موجود در آن عملاً جایگزین صدها موتور جداگانه می‌گردد.

سامانه‌های ردیاب جدید شرکت QBotix با بهره‌گیری ربات در طول روز در فواصل زمانی ۴۰ دقیقه پنل‌ها را در وضعیت مطلوب تنظیم می‌نماید. این سیستم ردیاب خورشیدی هم‌اکنون برای مصارف صنعتی بزرگ، موجود و آماده فروش و نصب است.

V-۳- ربات نصاب پنل خورشیدی

شرکت ALion Energy دو ربات را برای نصب و نگهداری نیروگاه‌های خورشیدی در مقیاس وسیع طراحی و ساخته است. این دو ربات که Rover و Spot نام دارند به ساخت مزارع خورشیدی سرعت زیادی می‌بخشند. وظیفه ربات Rover حمل پنل‌های سنگین خورشیدی و قرار دادن آن‌ها بر روی پایه‌های بتونی پنل‌ها است. وظیفه ربات Sopt شستن پنل‌ها و زدودن گردوغبار و خشک‌کردن آن‌ها می‌باشد. این ربات‌ها می‌توانند زمان ساخت یک نیروگاه در مقیاس وسیع خورشیدی را که ۶ تا ۸ ماه طول می‌کشد به ۱۲هفته کاهش دهند. در واقع استفاده از ربات باعث کاهش تعداد خرابی پنل‌ها در موقع نصب، کاهش چشمگیر زمان و هزینه می‌شود. پروژه‌های این شرکت در آمریکا، چین و عربستان در حال انجام است.

VI- ربات (کارمند) پست

نگهبان هوشمند یا SmartGuard نمونه‌ای از سامانه‌های رباتیک است که از یک ربات و یک مرکز داده تشکیل‌شده و قادر است به‌طور خودکار تجهیزات پست را بازرسی نماید. ربات یک تجهیز چرخ‌دار است که به دو دوربین ویدئویی و حرارتی مجهز شده و قادر است در محوطه پست به گشت‌زنی پرداخته و از تجهیزات و کابل‌های فشارقوی تصویر و فیلم تهیه کند. تصاویر حرارتی و عکس‌های تهیه‌شده سپس به مرکز داده ارسال‌شده و در آنجا پردازش می‌شوند تا نقاطی با دمای غیرمعمول و یا تجهیزاتی که از فرم طبیعی خارج‌شده‌اند مشخص شده و برای رفع مشکل آن‌ها اقدامات لازم انجام شود. یک نمونه از این ربات توسط موسسه برق قدرت شدونگ چین طراحی و ساخته‌شده است.

VII- ربات بازرس پرنده

ربات‌های پرنده دارای انواع مختلفی می‌باشند. یکی از انواع مهم ربات‌های پرنده ربات‌های کوادروتور می‌باشد. کوادروتور یا پرنده چهار ملخه نوعی ربات عمودپرواز است که به خاطر استفاده از چهار ملخ به‌صورت صلیبی این لقب به آن داده شده است. این نوع پیکربندی به ربات پرنده این امکان را می‌دهد تا بتواند به‌راحتی و به‌طور مساوی در تمامی جهات حرکت کند و قدرت مانور فوق‌العاده‌ای داشته باشد. این پرنده برخلاف ظاهر ساده خود بسیار پیچیده است.

علاوه بر بازرسی، این ربات‌ها در ابعاد بزرگ‌تر قابلیت حمل آب و شستشوی تجهیزاتی از قبیل مقره‌ها را نیز می‌توانند عهده‌دار شوند. بدیهی است که بهره‌برداری پیوسته و بدون وقفه از سامانه‌های انتقال مستلزم انجام عملیات نگهداری/تعمیرات پیشگیرانه به‌صورت منظم می‌باشد. البته یک راهکار دیگر برای کاهش خاموشی، احداث خطوط انتقال نیرو موازی (رزرو) می‌باشد. اما با توجه به هزینه‌های گزاف احداث خطوط انتقال جدید، به همراه محدودیت‌های زیست‌محیطی و غیره این راهکار تا حدود زیادی ناممکن و دور از دسترس می‌نماید.

عملیات نگهداری/تعمیرات پیشگیرانه به روش خط گرم، به فرایند انجام عملیات نگهداری (شامل شستشوی مقرهها و تجهیزات پست) یا تعمیرات در وضعیت برق‌دار خط انتقال اطلاق می‌گردد. عملیات نگهداری/تعمیرات به روش خط گرم با عملیات نگهداری/تعمیرات بر روی شبکه بی‌برق، هم از لحاظ روش و هم از لحاظ تجهیزات مورداستفاده، تفاوت‌های اساسی دارد و برای کاهش خطرات موجود در روش خط گرم، لزوماً بایستی از کارکنان آموزش‌دیده و ماهر و تجهیزات مخصوص استفاده گردد.

رشد فوق‌العاده صنایع سبب افزایش انتشار انواع آلاینده‌ها به شکل خاک، گرد زغال، خاکستر و سایر آلاینده‌های شیمیایی در اتمسفر به‌ویژه در جو نواحی صنعتی شده است. این آلاینده‌ها همراه با سایر فاکتورهای جغرافیایی/منطقه‌ای مثل نزدیکی به دریا (رسوبات نمک)، مه و هوای مرطوب، باران و غیره، موجبات تشدید خوردگی تجهیزات و تأسیسات تولید و انتقال برق را فراهم می‌کنند. آلودگی‌های مقره‌ها و عایق‌ها، عملکرد سیستم عایقی را کاهش داده و موجب تخلیه الکتریکی ناخواسته می‌گردد و بر فرایند برق‌رسانی اثر نامطلوب ایجاد می‌کند، پدیده‌ای که نهایتاً بهره‌وری را هم در سامانه‌های برق‌رسانی و هم در بخش صنعت کاهش می‌دهد.

برای کاهش عوارض ناشی از این آلودگی‌های و متوقف نمودن روند تخریب پیش از موعد مقره‌ها، لازم است تا یک برنامه شستشو منظم و مستمر به اجرا درآید. این شستشو به کمک فشار آب با استفاده از پمپاژ آب صورت می‌گیرد. در بسیاری از کشورها این روش به کمک هلیکوپتر و دستگاه پمپاژ آب صورت می‌گیرد. طراحی و ساخت یا ربات پرنده هوشمند می‌تواند برای شستشوی مقره‌ها و جلوگیری از وقوع حوادث انسانی به کار رود.

این رباتها شاید امروزه توسعه یافته‌ترین شکل تکنولوژی‌های مربوط به رباتیک در حال استفاده در انرژی بادی و خورشیدی باشند. اکثر کاربردهای این ربات‌ها مربوط به عملیات بازرسی می‌باشد. این ربات‌ها با استفاده از تکنولوژی چند موتوره (چهار موتور در حالت ساده و ۶ موتور و یا بیشتر برای رباتهای صنعتی) به پرواز در می‌آیند. شکل Error! No text of specified **style in document.**-۹۹- نمونه ربات پرنده صنعتی را نشان می‌دهد.



شکل .Error! No text of specified style in document-**۹۹- نمونه ربات پرنده صنعتی**

اکثر ربات‌های پرنده یا پهپادها قابلیت حمل دوربین‌های با رزولوشن بالا را دارند. به عنوان مثال این پهپادها با پرواز در نزدیکی پره توربین بادی می‌تواند تصاویر با کیفتی از وضعیت ظاهری پره‌ها، جهت تشخیص وجود ترک یا خرابی ارائه دهد. همینطور با استفاده از روش‌های نوین پردازش تصویر می‌توان به خودکارسازی فرایند تشخیص عیوب احتمالی پرداخت. همچنین ربات‌های پرنده صنعتی قابلیت حمل دوربین‌های حرارتی یا ماوراء بنفش را دارند که قابلیت آشکارسازی عیوب مختلف را در تجهیزات ارائه می‌دهند.

در هر صورت حجم عظیم داده‌های تولید شده در عملیات بازرسی توسط این ربات‌ها نیاز به روش‌های پردازشی قوی جهت تحلیل بلادرنگ داده‌ها خواهد داشت. پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های یادگیری عمیق[1] نشان داده است که این روش به طور خاص برای تحلیل این گونه تصاویر و شناسایی ویژگی‌ها بسیار مناسب است. قدرت پردازشی در کامپیوترهای فعلی اجازه تحلیل بلادرنگ تصاویر را با استفاده از این روش (در صورتی که پیشتر فرآیند آموزش[2] شبکه آن انجام شده باشد) می‌دهند. چنین قابلیتی امکان ارسال تعدادی از این ربات‌ها به مزرعه بادی بزرگ و بازرسی کل تجهیزات و شناسایی توربین‌های معیوب جهت انجام تعمیرات را

[1] Deep Learning
[2] Training

در کمتر از یک ساعت فراهم می‌سازد. در حقیقت، این امر باعث می‌شود در آینده ربات‌های پرنده خودمختار با قابلیت تحلیل مجهز به هوش مصنوعی به یک ابزار اصلی جهت بازرسی توربین‌های بادی و همینطور پنل‌های خورشیدی تبدیل شوند.

VIII- سازندگان ربات بازرس پرنده

شرکت‌های زیادی در دنیا در ساخت ربات‌های پرنده فعالیت دارند. از جمله سازندگان ربات‌های پرنده برای بازرسی شبکه قدرت می‌توان به شرکت‌های زیر اشاره نمود:

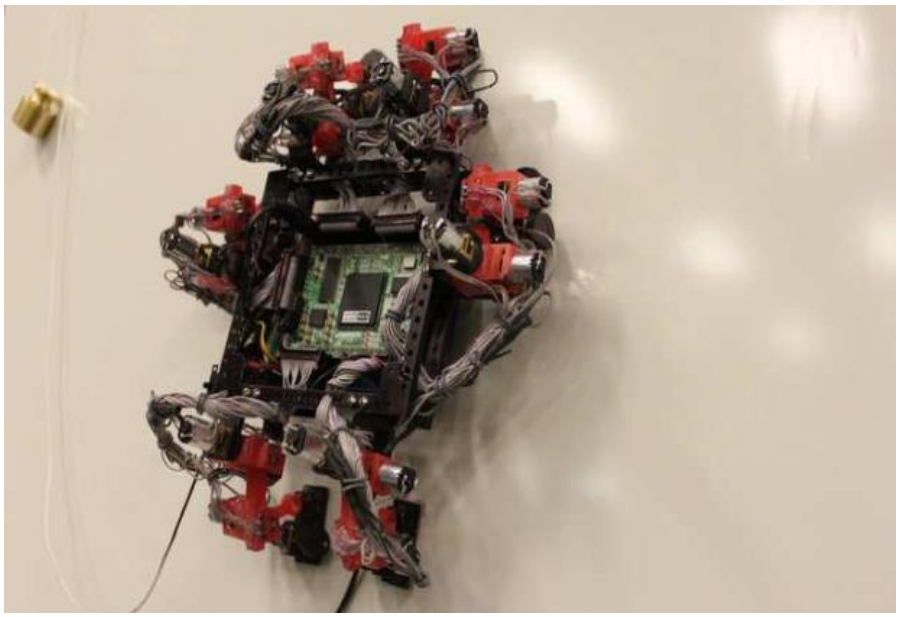
- شرکت AIBotix که شبکه برق اتریش قرار است از ربات این شرکت جهت بازرسی‌های خود استفاده نماید.
- شرکت ATMOSCAM آمریکا
- شرکت FLINT HILL
- شرکت AeroVision
- شرکت Aerial Photography Specialists
- شرکت Aeryon
- شرکت RotorShot

IX- ربات‌های خزنده

استفاده از ربات‌های خزنده خودمختار نیز مانند ربات‌های پرنده در معرض رشد سریع قرار دارد. اما به اندازه آن‌ها در مراحل تجاری‌سازی پیشرفت نکرده است. شکل **.No text of specified style in document**–Error! ۱۰۰ ربات Abigail را نشان می‌دهد که دانشگاه Simon Fraser در کانادا به صورت آزمایشی ساخته شده است. در حال حاضر بسیاری از ربات‌های غیرخودمختار خزنده در نیروگاه‌های بادی و خورشیدی برای انجام بازرسی استفاده می‌شوند. یکی از چالش‌های عمده ربات‌های خزنده چسبیدن آن به سطوح عمودی مانند بدنه برج توربین بادی و یا سطح پنل خورشیدی می‌باشد. هم اکنون روش‌های مختلفی برای غلبه بر این چالش از جمله استفاده از آهنربا، مکش و یا چسب‌های مبتنی بر نانوتکنولوژی[1] در حال آزمایش می‌باشد.

از مزایای ربات‌های خزنده چسبیدن به سطح سازه و امکان استفاده از حسگرهای مختلف جهت عیب‌یابی می‌باشد. از این حسگرها می‌توان به حسگرهای مایکرویو و اولتراسونیک جهت انجام تست‌های غیرمخرب اشاره نمود. استفاده از هوش مصنوعی در ربات‌های خزنده بیشتر معطوف به کنترل حرکت آن‌ها می‌شود چرا که چالش برانگیزترین بحث در نوع ربات‌ها به دلیل پیچیدگی‌های ذکر شده می‌باشد. گرچه همانند ربات‌های پرنده تولید مقادیر زیادی از داده باعث می‌شود تا روش‌های بلادرنگ تحلیل اطلاعات بدست آمده از حسگرها و تصاویر دریافت شده با استفاده از روش‌های پیشرفته یادگیری ماشین مورد نیاز باشد.

[1] Gecko-style



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۰۰– ربات Abigail با قابلیت بالا رفتن از روی دیوار (مربوط به دانشگاه (MENRAVA – Simon Fraser**

X– ربات بازرس ژنراتور

انجام برخی بازرسی‌ها، بازدیدها و تست‌های غیر مخرب ژنراتور مستلزم خارج نمودن روتور از درون استاتور است. خارج کردن روتور و انجام بازرسی نه تنها مدت توقف واحد و خسارت عدم تولید را افزایش می‌دهد، بلکه احتمال وارد آمدن خسارت در حین این عملیات را نیز افزایش می‌دهد. اخیراً برخی سازندگان ژنراتور مانند آلستوم و جنرال الکتریک اقدام به طراحی ربات‌هایی نموده‌اند که در حین توقف ژنراتور و بدون خارج کردن روتور بتوانند از فاصله دندانه‌ها یا برجستگی شین‌ها حرکت کنند و تصویر بفرستند یا حتی برخی آزمون‌های غیر مخرب را انجام دهند. دو پارامتر نازک ساختن ربات‌ها به نحوی که در فاصله هوائی روتور و استاتور بتواند حرکت کند و دیگری مکانیزم چسبیدن ربات از موارد مهم در طراحی این ربات‌ها می‌باشد. در حال حاضر ربات DIRIS از آلستوم به ضخامت ۸ میلی‌متر رسیده و با استفاده از چرخ‌های مغناطیسی توسط موتورهای قابل انعطاف روی روتور/ استاتورهائی به قوس نیم تا دو متر حرکت می‌کند. این ابعاد متناسب با ژنراتورهای بالاتر از یکصد مگاوات است. ضخامت ربات جنرال الکتریک به نام GE MAGICبه ۶ میلی‌متر رسیده است. زیمنس نیز ربات Siemens FastGen را برای این منظور ساخته است که هنوز روی کاهش ضخامت آن کار می‌کند. رقابت و تلاش این کمپانی‌ها برای ساخت رباتی که فراگیر بوده و بتواند ژنراتورهای بیشتری را پوشش دهد نشان می‌دهد قرار است در آینده کاربردهای مؤثری برای این ربات تعریف گردد و با تجهیز آن به حسگرها، اسکنرها و دوربین‌های مختلف نقش مفید و قابل‌اطمینانی برای آن تعریف گردد.

XI– سازندگان ربات بازرس ژنراتور

ازجمله سازندگان ربات‌های بازرس ژنراتور می‌توان به شرکت‌های زیر اشاره نمود:

- شرکت آلستوم
- شرکت زیمنس
- شرکت جنرال الکتریک

۲-۱-٦-٤-۳- ربات‌های خود مختار

I- ربات‌های خودران[1]

ماشین‌های خودران در این زمینه تیتر اصلی خواهند بود، اما برای صنعت، ظهور کامیون‌ها و جرثقیل‌ها خودران ممکن است به دلیل صرفه‌جویی در نیروی کار بسیار رشد سریعی داشته باشد. امکان حمل تجهیزات مورد نیاز برای احداث نیروگاه‌های بادی یا خورشیدی از کارخانه توسط حمل و نقل خودمختار و همینطور تخلیه بار و حتی ساخت سازه‌های نیروگاه‌ها توسط دسته دیگری از ربات‌های ساخت و تولید و یا پرنده وجود خواهد داشت. کنترل اکثر این ربات‌ها توسط هوش مصنوعی انجام خواهد شد. استفاده اصلی از هوش مصنوعی در این حوزه جهت جلوگیری از برخورد با موانع و مسیریابی خواهد بود، اما سیستم مدیریت جامعی نیز برای انجام هماهنگی در این زمینه لازم است. اگرچه ربات‌های حمل و نقل خودمختار در حال توسعه هستند اما تحقق بخشیدن احداث نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر زمان زیادی خواهد برد.

II- رباتهای روی آب

همانند ربات‌های خودران ربات‌های خودمختاری که بر روی سطح آب حرکت می‌کنند برای حمل و نقل قطعات استفاده می‌شوند و برای حرکت خود و مسیریابی از هوش مصنوعی استفاده خواهند کرد. کشتی‌های خود مختار مانند ReVolt که حمل و نقل ساحلی را هدف قرار داده در شکل **No text of specified style in document.**-Error! ۱۰۱نشان داده شده است، و یا MUNIN که کشتیرانی خودمختار دریاهای آزاد را دنبال می‌کند و شماتیکی از سیستم مسیریابی هوشمند آن در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۰۲ نشان داده شده است. مزارع بادی احداث شده در دریاها مجددا در اینجا نیز به عنوان یکی از مهمترین کاربردهای کشتی‌های خودران می‌باشند.



شکل .No text of specified style in document-Error! **۱۰۱- کشتی خودمختار ReVolt کمپانی DNV GL**

[1] Self-driving robots



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۰۲– مسیریابی هوشمند و اجتناب از برخورد با موانع سیستم MUNIN**

III– ربات‌های غواص

هم اکنون در صنایع دریایی ربات‌هایی که توسط انسان کنترل می‌شوند یا ROV1ها برای بازرسی و انجام وظایف ساده مانند ضربه زدن به سازه‌ها جهت تشخیص خوردگی در آن‌ها استفاده می‌شوند. حرکت از ROVها به سمت AUVها یا وسایل خودمختار زیردریایی درمراحل اولیه خود به سر می‌برد اما جهت حرکت آن روشن و مشخص است.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۰۳– ربات انسان‌نمای غواص OceanOne**

خودکارسازی وظایفی که توسط این ربات‌ها هم اکنون انجام می‌شود و اضافه کردن قابلیت تصمیم‌گیری به این ربات‌ها ایده‌ها و چالش‌های بسیاری را جهت بکار بردن هوش مصنوعی در آن‌ها در پی خواهد داشت. AUV در آینده خواهند توانست در ساخت و نگهداری مزارع بادی داخل دریا کاربرد داشته باشند. همچنین کاربردهای بازرسی از سازه‌ها و تجهیزات داخل آب به صورت دوره‌ای و یا پس از طوفان جهت تشخیص و گزارش آسیب‌های احتمالی را می‌توان برای ربات‌های غواص متصور شد.

1 Remotely Operated Vehicles

۳-۱-٦-٤-۳- ربات شستشوی چراغ‌های روشنایی معابر

چراغ‌های روشنایی معابر به دلیل وجود گردوغبار، دوده و سایر ذرات معلق در هوا، ورود حشرات و سایر عوامل ناخواسته نیاز به شستشو دارند. شستشوی چراغ‌های نصب‌شده در کوچه و معابر فرعی با کمک بالابر و نیروی انسانی به سهولت صورت می‌گیرد. ولی شستشوی روشنایی معابر اصلی و بزرگراه‌ها نیاز به بالابرهای بزرگ دارد که به دلیل ایجاد ترافیک در مسیر، می‌تواند سبب احتمال تصادف نیز گردد. لذا در دسترس بودن یک ربات که توسط یک کاربر قابل‌حمل و راه‌اندازی باشد، مزایای اقتصادی زیادی به همراه دارد.

I- سازندگان ربات شستشوی چراغ‌های روشنایی معابر

نمونه‌های آزمایشگاهی این ربات توسط دانشگاه‌های تهران، شریف و .. ساخته‌شده است. ولی نمونه صنعتی و تجاری این ربات تاکنون در کشور معرفی و عرضه نشده است.

۲-٦-٤-۳- پروژه‌های تعریف‌شده در CORDIS

۱-۲-٦-٤-۳- پروژه Hydronet

بودجه پروژه:	۳۵۲۸۰۴۶ یورو (معادل ۸۸۲ نفر ماه با فرض ۴۰۰۰ یورو در ماه)
زمان آغاز:	1 December 2008
زمان پایان:	31 January 2012

خلاصه پروژه:

پروژه HydroNet با هدف طراحی، ساخت و نمایش پلتفرم جدید سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای پایش وضعیت آب‌های رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، سدها و ... اطمینان از سلامت آن‌ها به‌صورت خودکار با اطلاعات مکانی و زمانی به‌صورت بلادرنگ می‌باشد.

این پلتفرم از شبکه‌ای از ربات‌های کوچک خودمختار۱ مجهز به حسگر و شناور در آب است که با یکدیگر ارتباط رادیویی دارند و درون یک مجموعه Ambient Intelligence Control Suite (AmICS) جاسازی شده‌اند. شبکه سنسوری ربات‌های خودمختار از آب در نقاط و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری می‌کند و کیفیت آن را از دید شیمیایی و فیزیکی به صورت بلادرنگ آنالیز کرده و در شبکه منتقل می‌کند. این سیستم قابلیت اندازه‌گیری کیفیت آب را با استفاده از سنسورهایی که در قسمت‌های مختلف آن نصب شده‌اند به‌صورت بلادرنگ فراهم می‌آورد.

بدنه AmICS تمامی زیرساخت نرم‌افزاری مورد نیاز برای ارتباط بین ربات‌ها، اپراتورها و نرم‌افزار هوش مصنوعی به منظور پایش بلادرنگ تمامی رخدادهای مربوط به محیط مورد پایش و تولید اطلاعات ارزشمند در مورد آن را در بر می‌گیرد. [۳۸۵].

۲-۲-٦-٤-۳- پروژه MAINBOT

بودجه پروژه:	۳۷۹۳۵۹۳ یورو

[1] Autonomous

زمان آغاز: 1 November 2011

زمان پایان: 31 October 2014

خلاصه پروژه:

پروژه MAINBOT ربات‌هایی را که به‌صورت خودمختار وظایف بازرسی را در Plantهای صنعتی به‌صورت افقی (توسط ربات‌های زمینی) و به‌صورت عمودی (ربات‌های بالارونده) به عهده دارند توسعه داده است. این پروژه وضعیت موجود را به عنوان نقطه شروع در نظر گرفته تا با راه‌حل‌های ابداعی فرایند بازرسی را بهبود ببخشد. این امر با استفاده از ربات‌های خودمختار با قابلیت حرکت خودکار و بالا رفتن از سازه‌ها و دارای حسگرها و تجهیزات آزمون‌های غیر مخرب است [۳۸۶].

ازآنجایی‌که فعالیت‌های مربوط به بازرسی واحدهای صنعتی بسیار متنوع است، MAINBOT مجموعه‌هایی از این فعالیت‌ها را به‌عنوان نماینده مناسبی از کلیه این فعالیت‌ها انتخاب کرده است که شامل موارد زیر می‌باشد:

- حسگرهای حاضر در همه‌جا: این مجموعه شامل تمامی فعالیت‌هایی است که در آن نیاز به حرکت اپراتور و حضور آن در نقاط خاصی در واحد صنعتی به‌منظور انجام اندازه‌گیری و تحلیل آن می‌باشد.
- پایش دارایی‌های درونی و بیرونی: شامل بازرسی‌هایی است که در آن تکنیک‌های غیر مخرب برای شناسایی وضعیت دارایی مانند لوله‌ها یا مخازن به جهت تشخیص خطاهای داخلی یا بیرونی در دارایی استفاده می‌شود (مانند خوردگی یا ترک)
- نشتی یابی: مایعات و گازهایی که در لوله‌ها جریان دارند و یا در مخازن نگه‌داری می‌شوند ممکن است برحسب اتفاق به خارج از آن نشت پیدا کنند. تشخیص زودهنگام چنین مواردی خطرات مربوط به اتفاقات را کاهش داده و کارایی واحد صنعتی را افزایش می‌دهد

پروژه MAINBOT دو دسته ربات توسعه داده است. دسته اول امکان حرکت، مسیریابی و بازرسی عناصر را در محیط افقی داراست و دسته دوم قابلیت بالا رفتن از سازه‌ها و بازرسی آن‌ها را دارد. تکنولوژی‌های بازرسی مختلفی که در این پروژه استفاده شده‌اند:

بازرسی دیداری از نظر مشاهده (نشتی‌ها، خوردگی، وضعیت رنگ، وضعیت عایقی، وضعیت هندسی)

ارزیابی ضخامت و وضعیت سطح آن (خوردگی، وضعیت رنگ و پوشش) با استفاده از تکنولوژی اولتراسونیک، جریان‌های گردابی، سنجش ارتعاشات، رادیوگرافی، ترموگرافی، تحلیل نویز، حسگر گاز و ...

۳-۲-٦-٤-۳- AEROARMS سیستم رباتیک هوایی، با چند بازو و قابلیت فرماندهی جهت بازرسی و تعمیرات

بودجه پروژه: 5719602 یورو

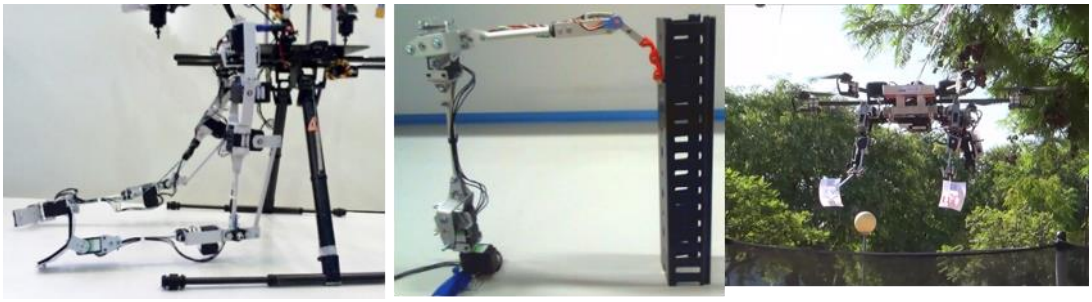
زمان آغاز: 2015-06-01

زمان پایان: 2019-08-31

خلاصه پروژه :

پروژه AEROARMS در حال توسعه اولین ربات پرنده با چند بازو و با قابلیت هدایت و کنترل پیشرفته جهت انجام فعالیت‌های بازرسی و تعمیرات در ارتفاعاتی می‌باشد که برای انسان حضور در این ارتفاعات خطرناک بوده و هزینه زیادی دارد. اهداف این پروژه عبارتند از:

- تحقیق و توسعه بر روی ربات‌های پرنده دارای قابلیت کنترل بازو به جهت انجام بازرسی و تعمیرات به منظور بهبود وضعیت عملکردی و مقاوم سازی سیستم‌های فعلی و همچنین روش‌های جدید برای کنترل ربات‌های پرنده با چند بازو برای عملیات پیچیده بازرسی و تعمیرات در آینده.
- اعتبارسنجی در محیط صنعتی: که شامل حسگرهای تماسی در حین پرواز می‌باشند و همینطور نصب حسگرهای تست‌های غیر مخرب دائمی بر روی تجهیزات توسط ربات‌های پرنده است. [۳۸۷]



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۰۴– چند نمونه از پیاده‌سازی بازوی رباتیک در پروژه AEROARMS**

٤-٢-٦-٤-٣- پروژه SecondHands

بودجه پروژه:	۶۹۳۰۰۰۰ یورو
زمان آغاز:	1 May 2015
زمان پایان:	30 April 2020

پروژه SecondHands (به معنی دست دوم) با هدف طراحی ربات‌های همکار با بودجه Horizon 2020 و به منظور پشتیبانی تکنسین‌هایی که فعالیت‌های روتین پیشگیرانه و یا تعمیراتی خود را انجام می‌دهند در کارگاه‌ها و واحدهای صنعتی آغاز شده است. ربات از طریق مشاهده رفتار تکنسین و یادگیری آن و همچنین با فراهم آوردن دست‌های دوم از طریق انجام فعالیت‌ها با دقت و قدرت بالایی که توسط انسان قابل انجام نیست به قابلیت‌های تکنسین اضافه خواهد کرد [۳۸۶].



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۰۵**– **تصویر همکاری ربات SecondHands با تکنسین در واحد صنعتی**

۵-۲-٦-٤-۳- پروژه AEROWORKS

بودجه پروژه:	۵۹۰۶۶۴۲ یورو
زمان آغاز:	1 January 2015
زمان پایان:	31 December 2017

با بالا رفتن سن زیرساخت‌ها در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه و با رشد تدریجی منصوبات پراکنده هزینه عملیات بازرسی و تعمیرات به صورت پیوسته و تدریجی در حال افزایش است. برای پرداختن به این واقعیت، نیازمند تغییر عمده‌ای در روش انجام کار هستیم که این امر با استفاده از راه‌حل‌های خودکار، به صرفه و قابل اطمینان امکان‌پذیر می‌باشد. چنین راه‌حلی علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها خطرات انجام کار را برای پرسنل و همینطور ایمنی دارایی‌ها را کاهش می‌دهد. پروژه AEROWORKS تیم ربات‌های هوایی را متصور است که قابلیت بازرسی و تعمیرات زیرساخت‌ها را به صورت خودمختار داشته باشند ضمن اینکه رابط کاربری کاربر پسندی را برای اپراتورها داشته باشد.

این تیم از «ربات‌های کارگر پرنده همکار» غیرهمسان تشکیل شده است که دارای بازوهای چالاک و استراتژی‌های کنترلی برهمکنش فیزیکی جدید، سیستم‌های ادراکی و هوش برنامه‌ریزی هستند. نسل جدید ربات‌های کارگر قابلیت بازرسی خودمختار زیرساخت‌ها و انجام تعمیرات را خواهد داشت. [۳۸۹]

٦-۲-٦-٤-۳- پروژه ربات RadRiper

موسسه تحقیقاتی رباتیک دانشگاه کارنگی ملون ربات RadRiper را طراحی کرده است تا عملیات از سرویس خارج کردن و پاکسازی نیروگاه‌های هسته‌ای که خطر تشعشعات رادیواکتیو برای اپراتورها را دارد به دوش این ربات پیشرفته بتوان انداخت.

امروزه بخش انرژی در زیرساخت‌های حیاتی کشورها به صورت پیوسته نیازمند انجام عملیات صنعتی، فعالیت‌های نگهداری پرچالش و تعمیرات سریع می‌باشد. ربات‌های خودمختار جهت انجام چنین فعالیت‌هایی در تاسیسات مربوط به نفت و گاز، راکتورهای هسته‌ای، نیروگاه‌ها و پست‌ها گزینه مناسبی می‌باشند. شرکت‌های برق در سراسر دنیا در حال به کارگیری ربات‌ها در چنین محیط‌هایی هستند. تحلیل اطلاعات محیطی که جهت جلوگیری از برخورد ربات با موانع، تصمیم‌گیری‌های منطقی بر اساس شرایط، و انجام عملیاتی که به صورت عادی برای اپراتور انسانی خطرناک است از وظایف و قابلیت این ربات‌هاست. [۳۹۰]



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۰۶– تیم پروژه ربات RadRiper در حال آماده‌سازی ربات جهت انجام عملیات**

I–از سرویس خارج کردن واحدهای هسته‌ای دارای اورانیوم

یکی از وظایف بسیار با اهمیت که به ربات‌های RadRiper سپرده شده است تشخیص میزان تشعشع رادیواکتیو در سایت هسته‌ای نیروگاه اوهایو می‌باشد. در خلال این پروژه، این ربات‌های خودمختار درون لوله‌ها حرکت کرده و اورانیوم ته‌نشین شده در آن‌ها را در صورت وجود تشخیص داده و تشعشعات آن را اندازه‌گیری می‌کنند. این پروژه به سفارش دپارتمان انرژی آمریکا برای واحد صنعتی به مساحت ۱۵۰۰ هکتار تعریف شده است. این واحد صنعتی در سالهای ۱۹۵۴–۲۰۱۳، به غنی‌سازی اورانیوم می‌پرداخته است که در آن حدود ۷۵ مایل لوله فرآیندی وجود داشته است. انجام چنین پروژه‌ای توسط نیروی انسانی جدا از خطراتی که دارد، نیازمند ۱.۴ میلیون اندازه‌گیری در سایت می‌باشد.

ربات ذکر شده در مسیر لوله‌ها حرکت کرده و با استفاده از فناوری LIDAR و دوربین Fisheye مسیر حرکت خود را اسکن کرده و در مورد حرکت‌های بعدی خود تصمیم‌گیری می‌کند، در هر فوت با استفاده از سنسور دیسکی تعبیه شده میزان تشعشعات را اندازه‌گیری کرده و اطلاعات آن را ثبت می‌کند تا قسمت‌های پر تشعشع جداسازی شده و پاکسازی شوند. اگر این پروژه موفقیت آمیز باشد در نیروگاه هسته‌ای Paducah در ایالت کتاکی نیز مورد استفاده قرار خواهد گرفت.چالش های مرتفع شده توسط فناوری ربات‌های خودمختار/هوشمند

در این بخش جمع‌بندی چالش های مرتفع شده در صنعت برق آتی که می تواند توسط پروژههای بررسی شده در بخش قبل مرتفع شود، در قالب جدول زیر ارائه می‌شود.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
Hydronet	ربات‌های هوشمند	اتحادیه اروپا	۳.۵ میلیون یورو ۲۰۰۸-۲۰۱۲	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبک	این پلتفرم از شبکه‌ای از ربات‌های کوچک خودمختار مجهز به حس‌گر و شناور در آب است که با یکدیگر ارتباط رادیویی دارند و درون یک مجموعه Ambient Intelligence Control Suite جاسازی شده‌اند. شبکه سنسوری ربات‌های خودمختار از آب در نقاط و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری می‌کند و کیفیت آن را از دید شیمیایی و فیزیکی به صورت بلادرنگ آنالیز کرده و در شبکه منتقل می‌کند.
MAINBOT	ربات‌های خودمختار	اتحادیه اروپا	۳.۸ میلیون یورو ۲۰۱۱-۲۰۱۴	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری	پروژه MAINBOT ربات‌هایی را که به‌صورت خودمختار وظایف بازرسی را در Plantهای صنعتی به‌صورت افقی (توسط ربات‌های زمینی) و به‌صورت عمودی (ربات‌های بالارونده) به عهده دارند توسعه داده است.
AeroARMs	ربات‌های خودمختار	اتحادیه اروپا	۵.۷ میلیون یورو ۲۰۱۵-۲۰۱۹	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	پروژه AEROARMS در حال توسعه اولین ربات پرنده با چند بازو و با قابلیت هدایت و کنترل پیشرفته جهت انجام فعالیت‌های بازرسی و تعمیرات در ارتفاعاتی می‌باشد که برای انسان حضور در این ارتفاعات

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					خطرناک بود و هزینه زیادی دارد.
SecondHands	ربات‌های خودمختار	اتحادیه اروپا	۶.۹ میلیون یورو ۲۰۱۵–۲۰۲۰	چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	پروژه SecondHands (به معنی دست دوم) با هدف طراحی ربات‌های همکار با بودجه Horizon 2020 و به منظور پشتیبانی تکنسین‌هایی که فعالیت‌های روتین پیشگیرانه و یا تعمیراتی خود را انجام می‌دهند در کارگاه‌ها و واحدهای صنعتی آغاز شده است. ربات از طریق مشاهده رفتار تکنسین و یادگیری آن و همچنین با فراهم آوردن دست‌های دوم از طریق انجام فعالیت‌ها با دقت و قدرت بالایی که توسط انسان قابل انجام نیست به قابلیت‌های تکنسین اضافه خواهد کرد
AEROWORKS	ربات‌های خودمختار	اتحادیه اروپا	۵.۹ میلیون یورو ۲۰۱۵–۲۰۱۷	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبک چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	پروژه AEROWORKS تیم ربات‌های هوایی را متصور است که قابلیت بازرسی، بازرسی و تعمیرات زیرساخت‌ها را به صورت خودمختار داشته باشند ضمن اینکه رابط کاربری کاربر پسندی را برای اپراتورها داشته باشد. این تیم از «ربات‌های کارگر پرنده همکار» غیرهمسان تشکیل شده است که دارای بازوهای چالاک و استراتژی‌های کنترلی برهمکنش

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
					فیزیکی جدید، سیستم‌های ادراکی و هوش برنامه‌ریزی هستند. نسل جدید ربات‌های کارگر قابلیت بازرسی خودمختار زیرساخت‌ها و انجام تعمیرات را خواهد داشت.
RadRiper	ربات‌های هوشمند	دانشگاه Carnegie Mellon	–		موسسه تحقیقاتی رباتیک دانشگاه کارنگی ملون ربات RadRiper را طراحی کرده است تا عملیات از سرویس خارج کردن و پاکسازی نیروگاه‌های هسته‌ای که خطر تشعشعات رادیواکتیو برای اپراتورها را دارد به دوش این ربات پیشرفته بتوان انداخت.
Abigaille	ربات‌های هوشمند	دانشگاهSimon Fraser کانادا	–	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبک چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	این ربات که در گروه MENRVA دانشگاه simon fraser در کانادا طراحی شده است قابلیت بالا رفتن از سطوح عمودی را داراست و با وصل کردن سنسورهای مختلف بر روی آن می‌توان به بازرسی سطوح مد نظر پرداخت. تا کنون ۳ ورژن از این ربات ساخته شده است، تکنولوژی چسبیدن به دیواره از طریق چسب‌های خشک انجام می‌شود.
ReVolt	ربات‌های خودران/خودمختار	DNV GL	–	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبک	این کشتی ۶۰ متری با استفاده از باطری و به صورت کاملا خودمختار در آب حرکت

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
				چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	می‌کند. این راه‌حل جدیدی برای حمل و نقل بار به حساب می‌آید. با استفاده از این فناوری حمل و نقل اجزای نیروگاه‌های تجدیدپذیر به ویژه آن‌ها که دریاها احداث می‌شوند ساده‌تر و بدون نیاز به حضور انسان انجام می‌گردد.
MUNIN	ربات‌های خودران/خودمختار	اتحادیه اروپا (هماهنگ کننده FRAUNHOFER)	۳.۸ میلیون یورو ۲۰۱۲–۲۰۱۵	چالش ۱– مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبک چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	در اصل MUNIN مخفف عبارت Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks با هدف ناوبری بدون دخالت انسان با استفاده از هوش در شبکه‌های حمل و نقل دریایی می‌باشد. این پروژه تحقیقاتی گسترده در کمیسیون اروپا تعریف شده و با همکاری موسسات تحقیقاتی مختلف با هماهنگی شرکت فرانهوفر در حال انجام می‌باشد. MUNIN با هدف توسعه و طراحی کشتی‌های خودمختار در حال انجام است که هدایت کشتی در آن توسط سیستم تصمیم‌گیری کامپیوتری انجام می‌شود اما از طریق اپراتوری که در مرکز کنترل ساحلی مستقر است فرمان می‌گیرد.

نام پروژه	دانش فناوری	کشور/شرکت	بودجه و سال	چالش	شرح مختصری بر پروژه
OceanOne		دانشگاه استنفورد	–	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبک چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	OceanOne یک ربات دو بازوی زیرآبی انسان‌نما با فیدبک حسی است که فردی که از راه دور ربات را هدایت می‌کند را قادر می‌سازد تا اعماق آب را با دقت بالا کاوش نماید. این ربات توسعه یافته در دانشگاه استنفورد و با همکاری DRASSM برای کاوش کشتی شکسته La Lune در عمق ۱۰۰ متری آب پرداخت که موفقیت آمیز بود. استفاده از این ربات در بازرسی سازه‌های زیرآبی نیروگاه‌های بادی و برق–آبی بسیار مفید می‌تواند باشد.

جدول .Error! No text of specified style in document-۸۱ پروژههای نمونه برای حل چالشهای موجود در صنعت برق

۵-۳- ارتباط فناوری‌های حوزه اطلاعات با چالش های فنی صنعت برق

در این بخش ارتباط فناوری ها مورد بررسی با چالش های تعیین شده در قالب جدول زیر جمع بندی شده‌اند. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود، چالش های تعیین شده در فصل ۱ گزارش تماما به وسیله فناوری های مورد بررسی پوشش داده می‌شوند.

چالش / فناوری	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	چالش ۲-توسعه سیستم های خبره و ابزارهای تصمیم گیری	چالش ۳- نیاز به پیش‌بینی تولید توان	چالش ۴- پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای	چالش ۵- بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی	چالش ۶-تعامل و اتصال شبکه برق با دیگر شبکه‌های انرژی	چالش ۷- رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن	چالش ۸- رفع چالش عدم سرمایه گذاری ذینفعان با ایجاد	چالش ۹- استاندارد سازی تبادل داده	چالش ۱۰- امنیت	چالش ۱۱- ذخیره سازی و یکپارچه سازی انرژی	چالش ۱۲- بازار
هوش مصنوعی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تحلیل داده	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
بلاکچین	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
پردازش سیگنال	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
رایانش ابری و مه	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
امنیت اطلاعات و ارتباطات	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
کوانتوم	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SoftwareDefinedNetwork(SDN)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Network Funvtion Virtualization(NFV)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
مخابرات بی‌سیم سلولار	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
مخابرات بی‌سیم غیر سلولار	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
مخابرات بی‌سیم کوتاه برد	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
مخابرات بی‌سیم نوری	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
مخابرات نوری فیبری	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
الکترومغناطیس و شیلدینگ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
استحصال انرژی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

چالش / فناوری	چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	چالش ۲-توسعه سیستم های خبره و ابزارهای تصمیم گیری	چالش ۳- نیاز به پیش‌بینی تولید توان	چالش ۴- پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای	چالش ۵- بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی	چالش ۶- تعامل و اتصال شبکه برق با دیگر شبکه‌های انرژی	چالش ۷- رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن	چالش ۸- رفع چالش عدم سرمایه گذاری ذینفعان با ایجاد	چالش ۹- استاندارد سازی تبادل داده	چالش ۱۰- امنیت	چالش ۱۱- ذخیره سازی و یکپارچه سازی انرژی	چالش ۱۲- بازار
انتقال برق بی سیم	✓	✓		✓	✓							
آنتن					✓							
واقعیتهای مجازی، افزوده و ترکیبی	✓				✓					✓		
همزاد دیجیتالی	✓	✓	✓		✓		✓			✓		
رابط محاوره‌ای					✓							
تستهای غیر مخرب					✓							
رباتیک	✓	✓			✓					✓		

فصل ٤

بررسی وضعیت موجود فناری‌های انتخاب شده و اولویت‌بندی فناوری‌ها

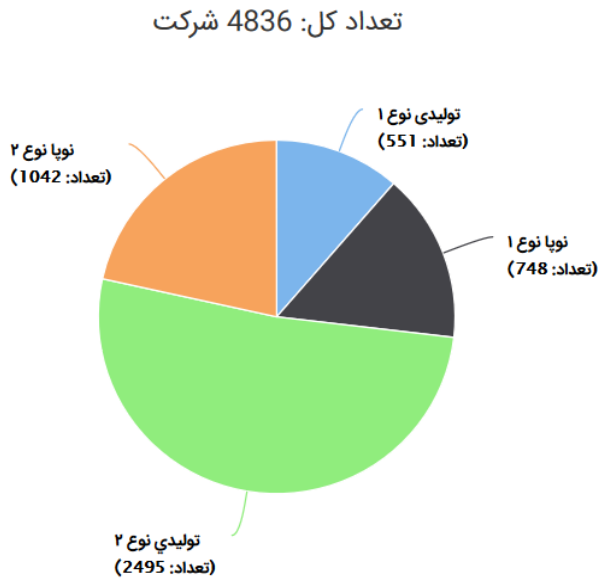
٤-١- مقدمه

در این فصل وضعیت فعلی صنعت برق و انرژی درخصوص هر یک از فناوری‌های تعیین‌شده بررسی می‌شود. به منظور اولویت‌بندی فناوری‌ها لازم است در ابتدا شناسایی و تحلیل وضعیت موجود در کشور در خصوص هر یک از فناوری‌های تعیین شده صورت پذیرد. در این راستا سه موضوع مد نظر قرار گرفته است. اول آنکه آیا این فناوری در صنعت برق و یا صنایع دیگر داخل کشور استفاده شده است یا خیر. دوم آنکه آیا در موسسات تحقیقاتی داخل کشور بر روی این فناوری مطالعاتی انجام شده است یا خیر و این تحقیقات در چه حدی می‌باشند (مطالعات اولیه، طراحی و ساخت یا پیاده‌سازی در صنعت). در نهایت در این فصل بر اساس این اطلاعات و وضعیت هر فناوری در دنیا به تحلیل شکاف تکنولوژی برای رسیدن به سطح جهانی پرداخته شده است.

٤-٢- معرفی منابع مورد بررسی و نحوه استعلام وضعیت شرکت‌ها

در این بخش اولین مرجع استفاده از گزارش موسسات دانش‌بنیان ارائه شده در daneshbonyan.ir است. دلیل این انتخاب آن است که نام شرکت‌ها و موسسات دانش‌بنیانی که توسط معاونت علمی ریاست جمهوری و کارگروه ارزیابی و تشخیص صلاحیت شرکت‌ها و موسسات دانش‌بنیان مورد بررسی قرار گرفته و تایید می‌شوند در سامانه pub.daneshbonyan.ir ثبت می‌شود.

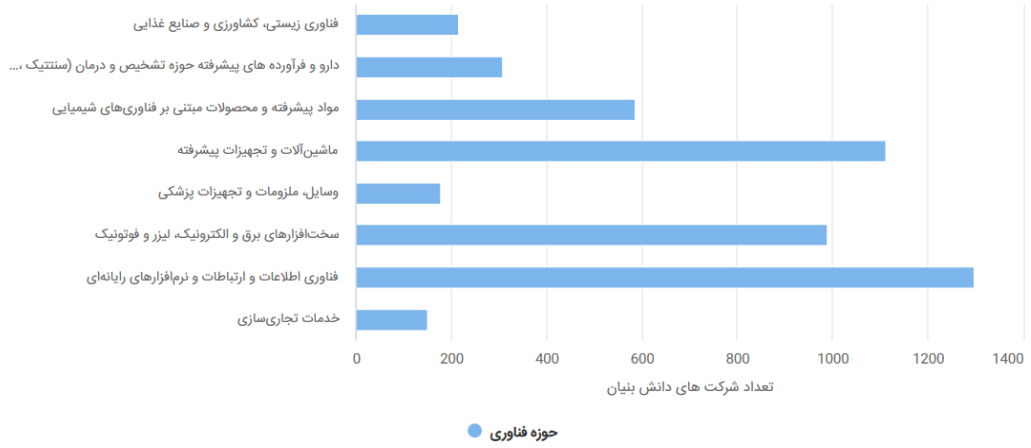
با بررسی سایت daneshbonyan.ir و استعلام از آن می‌توان ادعای شرکت‌ها، در خصوص دارا بودن تاییدیه دانش‌بنیان را مورد بررسی قرار داد. شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۰۷ و شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۰۸ تعداد و فراوانی شرکت‌های دانش‌بنیان که توسط این سایت پوشش داده می‌شود را نشان می‌دهد.



شکل Error! No text of specified style in document.**-۱۰۷- تعداد شرکت‌های دانش بنیان به تفکیک نوع مجوز[۳۹۱]**

بر طبق آیین‌نامه ارزیابی شرکت‌های دانش بنیان کارگروه ارزیابی و تشخیص صلاحیت شرکت‌ها و موسسات دانش‌بنیان و نظارت بر اجرا، شرکت‌ها به صورت زیر تقسیم بندی می‌شوند:

- نوپا نوع ۱: در صورتی که شرکت "کالا یا خدمات یا فرآیند تولید" مندرج در "فهرست کالاها و خدمات دانش بنیان سطح ۱[۱]"را حداقل در حد نمونه آزمایشگاهی و مشروط به دارا بودن همه معیارها ماده (۱)[۲]، ساخته و ارائه نماید.
- نوپا نوع ۲: در صورتی که شرکت "کالا یا خدمات یا فرآیند تولید" مندرج در "فهرست کالاها و خدمات دانش بنیان سطح ۲"را حداقل در حد نمونه آزمایشگاهی و مشروط به دارا بودن همه معیارها ماده (۱)، ساخته و ارائه نماید.
- تولیدی نوع ۱: حداقل ۲۵٪ از درآمد سال مالی گذشهت شرکت در اظهار نامه مالیاتی، از فروش کالا یا خدمات دانش بنیان سطح ۱ و حائز معیارهای ماده ۱، باشد.
- تولیدی نوع ۲: شرکت، "کالا یا خدمات یا فرآیند تولید یا تجهیزات تولید" مندرج در فهرست کالاها و خدمات دانش بنیان سطح۱ یا سطح ۲ را حداقل در حد نمونه آزمایشگاهی و مشروط به دارا بودن همه معیارهای ماده (۱)، ساخته و ارائه نماید. یا شرکت مجری حداقل یک پروژه"مهندسی، پیمانکاری و ساخت" (EPC) باشد، مشروط به اینکه حداقل (۱۰) درصد از قیمت قراردادهای پروژه ناشی از بخش‌های حائز همه معیارهای ماده (۱) باشد.



شکل .Error! No text of specified style in document–**۱۰۸–تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان به تفکیک حوزه فناوری [۳۹۱]**

در این مرجع برای هر شرکت دانش بنیان آدرس و حوزه فعالیت مشخص شده است. شکل Error! **No text of specified style in document.**–۱۰۹ شمای کلی اطلاعات هر شرکت را نشان می‌دهد.

[۱] منظور از کالاها و خدمات دانش بنیان سطح ۱ف محصولاتی هستند که در حوزه فناوری برتر و با ارزش افزوده بالا و پیچیدگی فنی بالا می‌باشند، درحالی که کالاها و خدمات دانش بنیان سطح ۲ پیچیدگی فنی کمتری نسبت به کالاها و خدمات دانش بنیان سطح ۱ دارند و این محصولات مشمول استفاده از معافیت مالیاتی نخواهند بود.

[۲] ماده ۱–کالا و خدمات شرکتها باید شروط سطح فناوری، مرحله تولید و طراحی مبتنی بر تحقیق و توسعه –شروط محصولات دانش بنیان را داشته باشند. این شرو ط در آیین‌نامه ارزیابی شرکت‌های دانش بنیان کارگروه ارزیابی و تشخیص صلاحیت شرکت ها و موسسات دانشبنیان و نظارت بر اجرا آورده شده است.



نام شرکت: | شناسه شرکت: | حوزه فناوری: | استان: | جستجو

نتیجه جستجوی شرکتهای دانش بنیان

نام شرکت	شناسه ملی	نوع تأیید شرکت	استان	دسته فناوری	تاریخ تأیید
آب آرا قزوین (بامسئولیت محدود)	10570026860	دانش بنیان تولیدی نوع 2(صنعتی)	قزوین	07- فناوری اطلاعات و ارتباطات و نرم‌افز ...	1397/04/23
آب پژوهان راهوار کویر (سهامی خاص)	14005460172	دانش بنیان نوپا نوع 1	سمنان	08- محصولات پیشرفته سایر حوزه‌ها	1395/02/18
آب تیک پوشش آریا (سهامی خاص)	10320572407	دانش بنیان تولیدی نوع 2(صنعتی)	اصفهان	08- محصولات پیشرفته سایر حوزه‌ها	1397/04/23
آب سامان ابرکان (بامسئولیت محدود)	10103019628	دانش بنیان تولیدی نوع 2(صنعتی)	مازندران	06- سخت‌افزارهای برق و الکترونیک، ا ...	1397/08/26
آباد صنعت گیوا (بامسئولیت محدود)	10320447513	دانش بنیان تولیدی نوع 2(صنعتی)	تهران	08- خدمات تجاری‌سازی	1396/03/06
آباد فناور شریف (سهامی خاص)	14004467480	دانش بنیان نوپا نوع 1	تهران	04- ماشین‌آلات و تجهیزات پیشرفته و ...	1395/05/02
آبتین تندیس ایده (سهامی خاص)	10103433967	دانش بنیان تولیدی نوع 2(صنعتی)	تهران	08- محصولات پیشرفته سایر حوزه‌ها	1397/08/26

شکل .Error! No text of specified style in document**-۱۰۹ نمای خروجی جستجو در پایگاه داده سایتdaneshbonyan.ir**

یکی از ویژگی‌های برجسته این سایت تایید اطلاعات آن توسط سازمان‌های مرتبط است. قانون حمایت از شرکت‌ها و موسسات دانش‌بنیان در اواخر سال ۱۳۸۹به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید و پس از آن تا انتهای دولت دهم ریاست جمهوری، وزارت علوم متولی بررسی شرکت‌ها و موسسات دانش بنیان بود، پس از آن در دوره یازدهم ریاست جمهوری، معاونت علمی ریاست جمهوری متولی ارزیابی و اعطای تاییدیه دانش بنیان به شرکت‌های متقاضی گردید.

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در حال حاضر به ریاست جناب آقای دکتر سورنا ستاری اداره می¬شود. این سازمان دارای شانزده ستاد و هفت معاونت زیر مجموعه می¬باشد و از جمله وظایف آن می¬توان توسعه فناوری، تقویت فرآیند تجاری‌سازی و حمایت از موسسات و شرکت¬های دانش‌بنیان را نام برد، بدین منظورمتولی ارزیابی شرکت دانش‌بنیان نیز این سازمان است، که به وسیله¬ی کارگزاری¬های رسمی خود به ارزیابی شرکت‌های دانش‌بنیان می¬پردازد.

صندوق نوآوری شکوفایی نیز با هدف ارائه تسهیلات و حمایت از شرکت‌های دانش بنیان ایجاد شد. در واقع این صندوق مطابق ماده ۵ اصل ۴۴ قانون اساسی در راستای تحقق اقتصاد دانش بنیان و تکمیل زنجیره ایده تا بازار، نهادی مالی تأسیس شده است، این صندوق به منظور تجاری‌سازی نوآوری¬ها و اختراعات، کاربردی نمودن دانش و دستاوردهای پژوهشی و تکمیل زنجیره ایده/ محصول/بازار از شرکت¬های دانش بنیان حمایت کرده و خدمات مالی و اعتباری از جمله انواع تسهیلات را برای آن‌ها تأمین می‌نماید. به طور کلی هدف نهایی صندوق نوآوری و شکوفایی به عنوان یک نهاد توسعه‌ای، کمک به رونق اقتصادی کشور از طریق حوزه‌های دانش بنیان و فناوری‌های برتر است.

پس از آن شورای عالی عتف نیز طبق ماده ۳ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، شورای عالی عتف با مأموریت راهبری و ارتقای توسعه علمی و فناوری کشور با رسالت سیاست‌گذاری و نظارت فرابخشی و هماهنگی بین بخشی در حوزه‌های علمی، فناوری و تحقیقاتی کشور، به ریاست رئیس جمهور تشکیل شد. از جمله وظایف این سازمان رسیدگی به اعتراضات و شکایات شرکت‌های دانش بنیان و متقاضی دریافت تاییدیه‌دانش بنیان می‌باشد.

در این گزارش علاوه بر مراجع فوق و استعلام های صورت گرفته از آنها مراکز تحقیقاتی مهم کشور نیز در خصوص فناوری‌ها بررسی شده‌اند. به طور مثال در این خصوص سایت مرکز تحقیقات ارتباطات و فناوری اطلاعات، سایت مرکز کوانتومی ایران و پژوهشکده‌ها فتونیک و فناوری‌های کوانتومی نیز مورد بررسی واقع شده اند. همچنین در این خصوص بازدیدهایی از برخی از این مراکز صورت گرفته است.

علاوه بر موارد فوق از گزارشات بررسی وضعیت موجود صنعت برق که قبلا در پژوهشگاه نیرو تهیه شده است نیز در این گزارش استفاده شده است.

۳-٤- بررسی فنآوری‌ها با در نظر گرفتن وضع موجود (ایران و جهان) و بررسی شکاف

در این بخش وضعیت فناوری‌ها تعیین شده در مرحله ۲-۳ در ایران و جهان مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد و مواردی که برای پر کردن شکاف بین صنایع در ایران تا رسیدن به یک استاندارد جهانی مناسب وجود دارد متذکر خواهند شد.

۱-۳-٤- وضعیت فناوری بلاکچین در کشور و تحلیل شکاف

بلاکچین تاکنون در حوزه‌های متعددی در جهان مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله این حوزه‌ها می‌توان به توریسم، بانک، کشاورزی، هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، هنر، ورزش و پزشکی اشاره داشت [۳۹۱]. به گزارش گارتنر این فنآوری جزو فنآوری‌های استراتژیک در سال ۲۰۱۹ است[۳۹۳]. شرکت‌های بزرگ در عرصه فنآوری مانند مایکروسافت، گوگل، آمازون و اپل در حال تولید محصولاتی هستند که زیرساخت لازم را برای استفاده از این فنآوری محیا کنند[۳۹۴]. این فنآوری در بخش‌های مختلف صنعت برق مانند تولید و توزیع کاربردهای زیادی پیدا کرده است[۳۹۵]. مباحثی همچون تعریف و نگهداری توکن‌هایی از جنس انرژی مبتنی بر بستر بلاکچین در حال ایجاد تحولاتی زیرساختی در جوامع هستند. یکی از این پروژه‌های بین المللی سولارکوین است که مبتنی بر انرژی خورشیدی تعریف شده است. در ایران این فناوری به صورت محدود در حوزه‌های زیر استفاده شده است.

- حوزه فرش و تولیدات مربوطه[۳۹۶]
- حوزه های بانکی[۳۹۷]

از بین دو حوزه ذکر شده تنها حوزه بانکی پررنگ تر بوده است و ساختارهای صنعتی (مانند شبکه ققنوس) برای بلاکچین ارائه شده است.

در ایران بحث توسعه این فنآوری توسط پژوهشگاه نیرو و مرکز تحقیقات مخابرات در حال پیگیری است. شرکت‌های متعددی نیز تحت عنوان بلاکچین در شبکه مجازی فعالیت می‌کنند که عموما به بحث آموزش می‌پردازند مانند مواردی که در ادامه ذکر شده اند.

- انجمن بلاکچین ایران [۳۹۸]
- مرکز تحقیقات بلاکچین[۳۹۹]
- آزمایشگاه بلاکچین ایران[۴۰۰]
- آزمایشگاه بلاکچین شریف[۴۰۱]

استفاده این فنآوری در صنعت برق و انرژی ایران برای نیل به اهداف جهانی نیازمندی‌هایی را می‌طلبد که برخی از آنها در ادامه ذکر شده اند. در ابتدا بایستی زیرساختی به جهت تعریف توکن‌های انرژی و ثبت قراردادهای هوشمند ایجاد شود. در صورتی که توکن انرژی و سایر ملزومات اقتصادی، فرهنگی و فقهی آن فراهم شود امکان تبادل توکن، ثبت قراردادهای مربوطه و ایجاد اکوسیستم بلاکچین در صنعت انرژی مقدور خواهد بود. از نقطه نظر سخت افزاری نیز نگهداری اطلاعات بلاکچین نیازمند مجموعه‌ای از کامپیوترها و شبکه ارتباطی مناسبی است که هزینه سخت‌افزاری نسبتا قابل ملاحظه‌ای را طلب می‌کند. لازم به ذکر است که توسعه بلاکچین در ایران مشکل دیگری را نیز به همراه خود مطرح می‌کند و آن کمبود شدید نیروی متخصص است چرا که این فنآوری هنوز در دانشگاه‌های تراز اول کشور تدریس نمی‌شود. به صورت محدودی دانشگاه امیرکبیر[۴۰۲] و دانشگاه شریف بر روی این فنآوری کار می‌کنند که باعث تربیت متخصصان مربوطه حتی به صورت حداقلی نشده است. با توجه به رشد سرسام آور این فنآوری در صورت عدم توسعه زیر ساخت‌های لازم قطعا مشکلات زیادی پیش روی صنایع داخلی ایجاد خواهد شد.

۲-۳-٤- وضعیت فناوری اینترنت اشیاء در کشور و تحلیل شکاف

فنآوری‌های مرتبط با اینترنت اشیاء در سالهای اخیر تبدیل به یک فنآوری استراتژیک در توسعه کشورها شده است. از نقطه نظر موسسه گارتنر و مکنزی این فنآوری جزء فنآوری‌های تاثیر گذار در سال‌های اخیر بوده است[۳۹۴]. این فنآوری تقریبا تمامی صنایع و زیرساخت‌های کشورها را دچار تحولات متعددی کرده است. به گزارش موسسه IDC، آمریکا، اتحادیه اروپا و چین بودجه مربوطه به این فنآوری را شدیدا افزایش داده اند[۴۰۳]. این فنآوری در صنعت برق تاکنون استفاده‌های متعددی داشته است[۴۰۴]. شبکه توزیع هوشمند سازمان انرژی ایالات متحده امریکا شبکه هوشمند را یک شبکه گسترده انرژی خودکار معرفی کرده است

که انتقال توان الکتریکی و تبادل اطلاعات به صورت دو طرفه صورت می‌گیرد. این شبکه قابلیت پایش و پاسخگویی به هر نوع تغییرات در شبکه از منابع تولید تا مصرف‌کنندگان و تجهیزات را دارد. پایش بلادرنگ مصرف و مدلسازی دقیق‌تر منابع تولید موجب بهره‌بردای بهینه و اقتصادی از شبکه و در نتیجه کاهش هزینه‌های مصرف‌کنندگان می‌شود.

ارائه سرویس‌های خانه هوشمند که یکی از مهمترین کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت برق است. در این حالت دستگاه‌های مجهز به کنتورهای هوشمند با برقراری یک ارتباط دو طرفه اطلاعات بار مصرفی را به واحد تامین کننده برق مخابره می‌کنند که در نتیجه آن امکان مدیریت شبکه و پاسخگویی به بار مصرفی به شایستگی فراهم می‌شود. از سوی دیگر مصرف کننده نیز با آگاهی قادر به تغییر تعرفه مصرفی خواهد بود.

با توجه به گزارش‌های مربوط به شرکت‌های دانش‌بنیان محصولات زیر در ایران در این بخش به صورت رسمی در حال تولید و بهره برداری هستند.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
موج ایرسای مهر – ۹۱۰	پلتفرم اینترنت اشیاء چیتار	تایید
شرکت فن اوری و مدیریت روز ایرانیان – ۹۹۵	مدیریت ناوگانIOT	رد
سیستم های داده محور بینا – ۳۰۷۸	سامانه مکانیابی و هوشمندسازی بیمارستانی مبتنی بر اینترنت اشیاء	تایید

جدول .Error! No text of specified style in document-۸۲ شرکت‌های دانش بنیان در زمینه اینترنت اشیاء[۳۹۱]

در حوزه اینترنت اشیاء موسسات بیشماری در اینترنت قابل بررسی هستند که اغلب به کار آموزش در این حوزه مشغول هستند که برخی از آنها عبارتند از:

- مرکز تحقیقات اینترنت اشیاء[۴۰۵]
- آکادمی اینترنت اشیاء[۴۰۶]
- مرکز نوآوری اینترنت اشیاء[۴۰۷]

لازم به ذکر است که در ایران به واسطه دو مسئله که یکی از آنها امنیت و دیگری مسائل فنی است هنوز شاهد پیشرفت‌های زیاد در این حوزه نبوده ایم. در حوزه اینترنت اشیاء ایجاد زیرساختی که اطلاعات فزاینده سنسورها را جمع‌آوری و مدیریت کند به مسئله طراحی پلتفرم معروف است. این مسئله توسط مرکز تحقیقات مخابرات نیز به صورت یک پروژه دنبال می‌شود و این مرکز در حال تدوین نقشه راه مرتبط است[۴۰۸].لازم به ذکر است در صورت فراگیر شدن یک پلتفرم غیر ایرانی ممکن است زیرساخت آتی اینترنت و تمامی کسب و کارهای مربوط به اینترنت اشیاء دیگر در اختیار و یا دخل و تصرف از سوی ارگان‌های داخلی نباشد. از سوی دیگر حجم بالای اطلاعات بدست آمده از اینترنت اشیاء توسط روش‌های سنتی قابل تحلیل نخواهند بود و از تکنیک‌های کلان داده و دیگر ابزارهای هوش مصنوعی باید سود جست که بسیاری از این ابزارها هنوز بومی‌سازی نشده‌اند. بنابراین از ملزومات توسعه فنآوری اینترنت اشیاء می‌توان به توسعه فنآوری‌های زیر اشاره داشت.

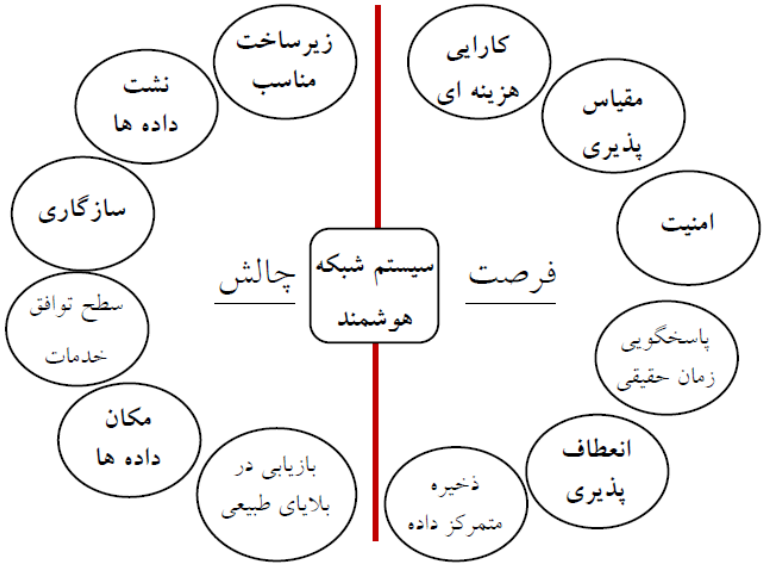
- هوش مصنوعی
- رایانش ابری
- رایانش مه
- کلان داده ها
- امنیت

۳-۳-٤- وضعیت فناوری رایانش ابری در کشور و تحلیل شکاف

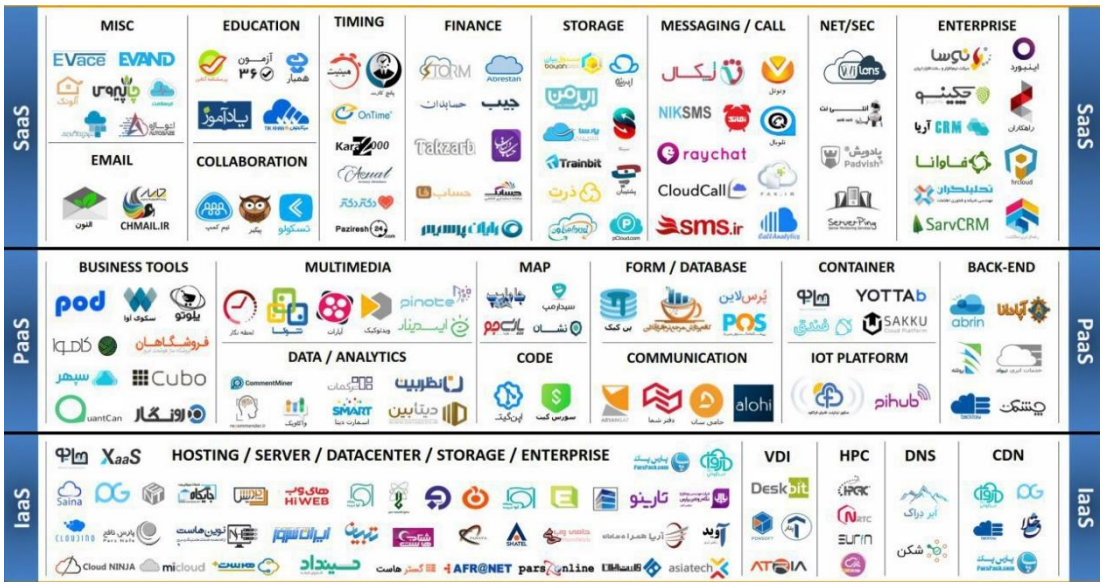
رایانش ابری در طیف گسترده‌ای از صنایع و خصوصا در شبکه هوشمند کاربردهای متعددی دارد. رایانش ابری امکان بهبود عملکرد شبکه هوشمند در انجام وظایف مورد انتظار را فراهم می‌نماید. از جمله کاربردهای رایانش ابری می‌توان به مدیریت انرژی بهتر، کمک به ایجاد رایانش سبز و صرفه جویی در هزینه‌های اجرایی و در نهایت استفاده از کامپیوترها به عنوان سیستم EMS نیروگاه مجازی اشاره داشت. در [۴۰۹] فرصت‌ها و چالش‌های استفاده از رایانش ابری در شبکه‌های هوشمند ذکر شده‌اند. در ایران مرکز تحقیقات مخابرات به صورت صنعتی سرویس‌هایی برای رایانش ابری ارائه می‌نماید[۴۱۰]. در دیگر اشکال بازار نیز به صورت خصوصی سرویس‌هایی برای رایانش ابری ارائه می‌شود که در شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۱۰ به صورت خلاصه مورد بررسی قرار گرفته اند. همچنین در شکل شکل Error! **No text of specified style in document.**-۱۱۱ اسامی شرکت‌هایی که در ایران خدمات ارائه می‌نمایند مبنتی بر نوع سرویسی که ارائه می‌نمایند دسته بندی شده اند. خلاصه ای از دسته بندی در ادامه ارائه شده است.

- نرم‌افزار به عنوان سرویس(SaaS[1]): در این دسته نرم‌افزار مربوط به رایانش ابری در قالب سرویس به کاربر ارائه می‌گردد. در این دسته کاربر از پیچیدگی‌های مربوط به نرم‌افزار اطلاع نخواهد داشت.
- سکو[۲] به عنوان سرویس(PaaS[3]): در این دسته کاربر بر بخش‌های مربوط به نرم‌افزار و داده دسترسی کامل دارد و بقیه تجهیزات نرم‌افزاری مربوط به رایانش ابری از دید کاربر پنهان هستند.
- زیرساخت به عنوان سرویس(IaaS[4]): در این دسته کاربر کنترل کاملی بر تمام بخش‌های مربوط به نرم افزارهای مربوط به رایانش ابری دارد. گرچه کاربر ممکن است دسترسی‌های بیشتری در اختیار داشته باشد ولی پیچیدگی مدیریت در این نوع از ارائه سرویس کاملا به عهده کابر است.

[1] Software as Service
[2] Platform
[3] Platform as Service
[4] Infrastructure as Service



شکل .Error! No text of specified style in document–۱۱۰ فرصت‌ها و چالش های استفاده از رایانش ابری در شبکه هوشمند[۴۰۹]



شکل .Error! No text of specified style in document–۱۱۱ شرکت‌های ارائه کننده خدمات رایانش ابری در ایران[۴۱۱]

به گزارش موسسات دانش بنیان نیز محصولات زیر در حوزه رایانش ابری به ثبت رسیده اند.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
الکام توسعه آماد – ۸۱۴	سامانه خدمات ابری خودرو (آمادرو)	تایید
داتیس آرین قشم– داتین – ۳۲۹۸	سامانه کلان داده و رایانش ابری	تایید

جدول .Error! No text of specified style in document-۸۳ شرکت‌های دانش بنیان در زمینه رایانش ابری[۳۹۱]

آنچه مسلم است این موضوع است که زیر ساخت‌های بومی رایانش ابری در کشور ایران ایجاد شده است ولی هنوز بسیاری از معماری‌های موجود از ابزارهای رایانش ابری به جهت ذخیره‌سازی و یا پردازش داده استفاده نمی‌کنند. در واقع مشکل اصلی در کشور ایران و خصوصا بخش انرژی عدم استفاده از سرویس‌های رایانش ابری به جهت رفع نیازهای خود است که باعث می‌شود بهبودهایی که رایانش ابری می‌توانند در صنعت برق ایجاد کنند محسوس نباشند. از جمله دیگر مشکلات رایانش ابری در کشور عدم تمرکز بر فنآوری‌های مرتبط مانند محاسبات مه است.

٤-۳-٤- وضعیت فناوری رباتیک در کشور و تحلیل شکاف

در چند سال اخیر فنآوری رباتیک در صنایع متعددی در ایران و سایر نقاط جهان به کارگرفته شده است. صنعت برق نیز از این قضیه مستثنی نبوده و در بخش‌های متفاوت صنعت برق مانند تولید، توزیع، انتقال و حتی نگهداری از ربات‌ها با توانایی‌های متنوع استفاده می‌گردد. در پژوهشگاه نیرو نیز برای کابردهای رباتیک در صنعت برق بخشی اختصاص داده شده است. در پژوهشگاه نیرو فنآوری رباتیک با انتخاب ۷ ربات به عنوان ربات‌های برگزیده، اقدامات فنی لازم برای بدست آوردن دانش فنی به عمل آمده است[۴۱۲]. فهرست پروژه‌های مورد نظر در ادامه ارائه شده است.

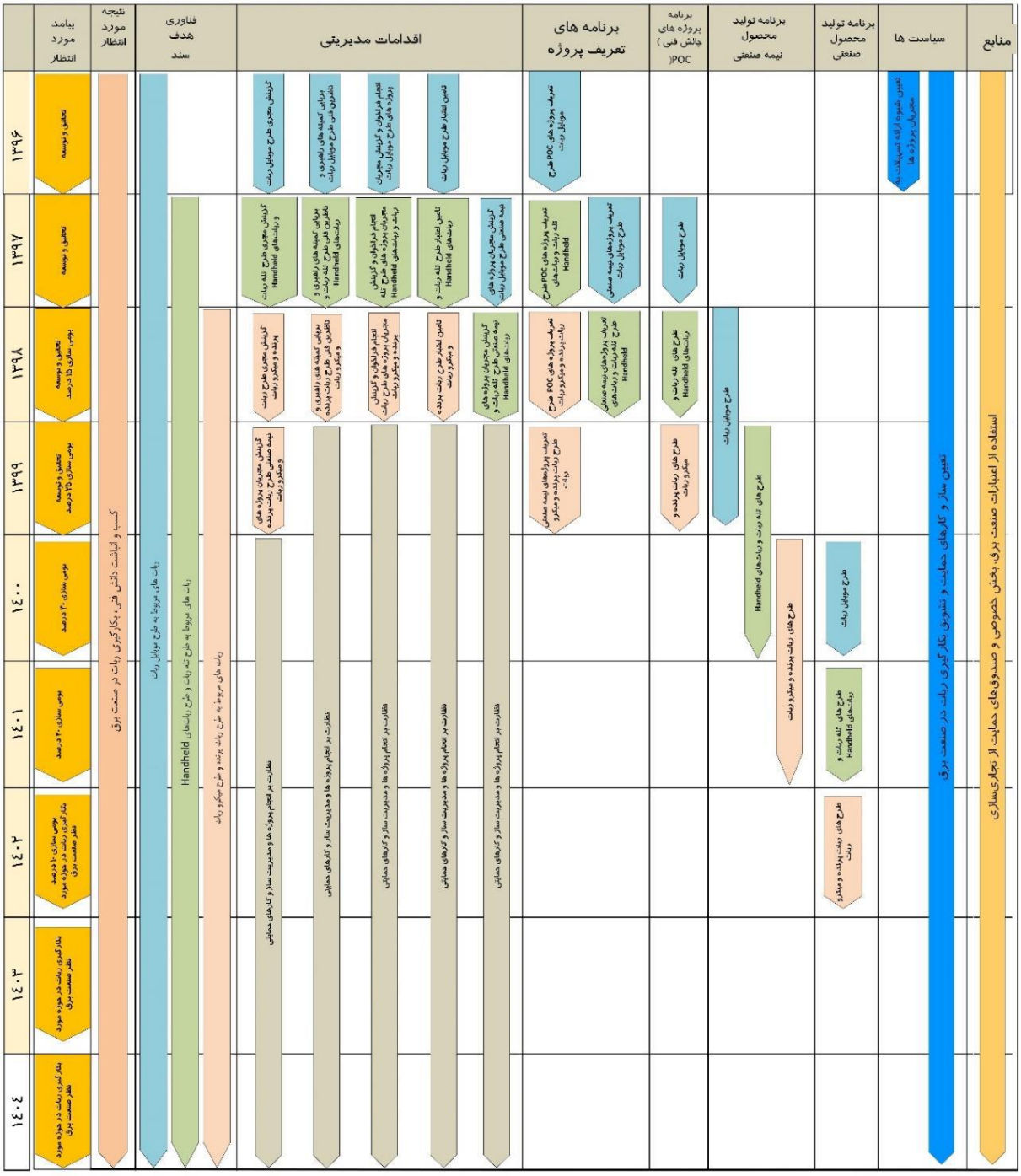
- طراح تله ربات‌ها
  - طراحی ساخت بازوی مکانیکی شستشوی مقره
- طرح موبایل ربات‌ها
  - طراحی و ساخت ربات شستشوی چراغ‌های روشنایی معابر
  - طراحی و ساخت ربات بازرس خطوط فشار قوی (حرکت بر روی خطوط فشار قوی)
  - طراحی و ساخت ربات بازرس لوله‌های دیواره بویلر(حرکت بر روی لوله‌ها)
- طرح ربات‌های پرنده
  - طراحی ساخت ربات بازرس خطوط فشار قوی (نوع پرنده)
- طرح ماجولار ربات‌ها
  - طراحی ساخت ربات دستی تست جوش لوله‌های بویلر
- طرح میکرو ربات‌ها
  - طراحی ساخت ربات بازرس ژنراتور

شکل **.No text of specified style in document**-Error! ۱۱۲ نقشه راه توسعه فنآوری رباتیک در پژوهشگاه نیرو را نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن عناوین ذکر شده و همچنین نقشه راه موجود در این حوزه به نظر می‌رسد ربات‌هایی که اغلب جایگزین عامل انسانی در شرایط خطرناک و بحرانی می‌شوند به درستی مورد بحث و بررسی قرار گرفته اند و بنابراین تعریف پروژه در این حوزه در گروه نرم افزار و شبکه پژوهشگاه نیرو می‌تواند در حوزه ربات‌های نرم افزاری قرارگیرد که بیشتر جنبه عامل‌های هوشمند دارند و از فنآوری‌های پردازش سیگنال بهره می‌گیرند. در این مورد نیز محصولات زیر در لیست شرکت‌های دانش بنیان موجود است.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان

نواندیش رباتیک گهر – ۲۲۴۴	سامانه تشخیص کمبود و مسمومیت عناصر غذایی از روی برگ به روش پردازش تصویر (سامانه پزشک گیاه)	رد
سرمایه گستر هرمس – ۷۴۲	الگوسیگنال (ربات هشداردهنده سهام)	رد

جدول .Error! No text of specified style in document-**۸۴**. **شرکت‌های دانش بنیان در زمینه رباتیک[۳۹۱]**



شکل .Error! No text of specified style in document**–۱۱۲– نقشه راه توسعه فنآوری رباتیک در صنعت برق[۴۱۲]**

در اینترنت نیز شرکت‌های زیادی در این حوزه فعال هستند که برخی از آنها عبارتند از:

- آموزشگاه فنی و حرفه ای رباتیک تهران [۴۱۳]
- باشگاه رباتیک باغ کتاب تهران [۴۱۴]
- آکادمی رباتیک و مکاترونیک آینده [۴۱۵]

لازم به ذکر است که صنایع رباتیک حاصل بلوغ فنآورانه در چند حوزه هستند و برای رشد این فنآوری در ایران بایستی به فنآوری‌های وابسته مانند هوش مصنوعی و پردازش سیگنال توجه ویژه‌ای شود.

۵-۳-٤- وضعیت فناوری محاسبات مه در کشور و تحلیل شکاف

منظور از رایانش مه، ساختار رایانش غیرمتمرکزی است که در آن منابع از جمله داده‌ها و کاربردها در موقعیت‌هایی منطقی بین منبع داده و فضای ابری قرار می‌گیرند. بر خلاف رایانش ابری محاسبات مه نزدیکی بیشتری به کاربر نهایی دارد و توزیع جغرافیایی وسیع‌تری دارد. این مدل محاسباتی تاکنون در طیف گسترده‌ای از کاربردها که عموما نیازمند پردازش اطلاعات با تاخیر کمتری هستند به شهرت بالایی رسیده است[۴۱۶]. از بخشی از این کاربردها می‌توان به صنایع نظامی و کشاورزی اشاره داشت ولی در حوزه شبکه هوشمند نیز این تاثیر بسیار زیاد بوده که در ادامه به آن پرداخته شده است.

شبکه هوشمند تمرکز زیادی بر ادغام منابع انرژی سبز در سیستم توزیع انرژی، کنترل مصرف انرژی و تعادل بار انرژی دارد. شبکه‌های هوشمند از کنتورهای هوشمند استفاده می‌کنند که وظیفه جریان دو طرفه اطلاعات برق را برای نظارت و مدیریت مصرف برق دارند. در یک شبکه هوشمند بزرگ، کنتورهای هوشمند مقدار زیادی از داده‌ها را تولید می‌کنند که پردازش، تجزیه و تحلیل و ذخیره آنها حتی با رایانش ابری بسیار مشکل و زمانبر است. محاسبه مه، محیطی ایجاد می‌کند که قبل از انتقال اطلاعات به ابر، مکانی برای جمع آوری، محاسبه و ذخیره داده‌های کنتور هوشمند فراهم شود. این محیط به عنوان پلی در وسط شبکه هوشمند و ابر عمل می‌کند [۴۱۷]، [۴۱۸].

موسسات داخلی در حوزه رایانش مه فعالیت مستقل چندانی نداشته‌اند. لازم به ذکر است که فنآوری رایانش مه به عنوان یک مکمل حیاتی برای رایانش ابری و اینترنت اشیاء نقش بازی می‌کند و عدم توسعه و گسترش آن به صورت بومی امکان استفاده از مزایای ذکر شده را از کشور خواهد گرفت. با توجه به توسعه نسبی کشور در حوزه رایانش ابری و اینترنت اشیاء و وجود زیرساخت‌های لازم برای محاسبات مه امکان توسعه در این بخش در ایران وجود دارد. دلیل عدم رشد این فنآوری عدم سرمایه‌گذاری بر روی آن و عدم تربیت نیروی متخصص در این حوزه است.

۵-۳-٤- وضعیت فناوری داده (کلان داده، وب معنایی و گراف دانش) در کشور و تحلیل شکاف

فنآوری‌های مربوط به داده‌ها مانند کلان داده، وب معنایی و گراف دانش کاربردهای متعددی در صنایع و خصوصا صنعت برق دارند. مبتنی بر گزارش موسسه گارتنر این فنآوری‌ها جزء فنآوری‌های استراتژیک در سال‌های اخیر محسوب می‌شوند. با توجه به افزایش حجم داده‌های مدیریتی در اغلب سیستم‌های مدیریتی در صنایع مانند شبکه‌های هوشمند الگوریتم‌های ارائه شده برای کلان داده‌ها کاربردهای انکارناپذیری در بهبود مکانیزم‌های مدیریتی خواهند داشت. از موسسات فعال در حوزه کلان داده ها می‌توان به مرکز تحقیقات مخابرات اشاره داشت که در حوزه‌های مختلف کلان داده نقشه راه تبین کرده است[۴۱۹]. در حوزه وب معنایی آزمایشگاه سیستم‌های هوشمند در دانشگاه امیرکبیر یکی از بخش‌های فعال محسوب می‌گردد[۴۲۰]. به صورت پراکنده از وب معنایی برای موتورهای جستجو نیز که مرکز تحقیقات مخابرات بر روی آن فعالیت دارد نیز مستنداتی موجود است[۴۲۱]. در مورد گراف‌دانش و محصولاتی همچون wordnet در دانشگاه تهران و شهید بهشتی مطالعاتی در قالب مقالات منتشر شده قابل بررسی هستند[۴۲۲]. در جدول **.Error! No text of specified style in document**-۸۵- شرکت-های دانش‌بنیان در زمینه داده [۳۹۱] محصولاتی که توسط شرکت‌های دانش بنیان ارائه شده اند بررسی شده اند.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
پیشگامان یاراکیش – ۷۰۲	تحلیل تجربه کاربری Analytics	تایید
آرمان گیتی رای – ۷۰۹	سامانه مشاوره بازاریابی مبتنی بر خزش شبکه های اجتماعی با تکیه بر فناوری متن کاوی کلان داده ها	رد
ویرا تک شریف – ۸۸۶	سامانه شبیه‌ساز ترافیک شبکه	تایید
گروه راهبرد بیان (بیان) – ۹۷۴	خدمات هوش تجاری معین رضوی(سامانه معین)	رد
مشاورین بهبود روش ها و سامانه های مبنا – ۱۰۳۲	سامانه آمار و اطلاعات بانکی	تایید
مشاورین بهبود روش ها و سامانه های مبنا – ۱۰۳۲	سامانه مدیریت اطلاعات ابزارهای پرداخت الکترونیک (ساپا)	تایید
پرتوتک سامانه – ۱۰۳۰	سامانه رصد، پایش و داده کاوی	تایید
چاووش رایانه سپاهان – ۲۲۶۱	پلتفرم تجزیه و تحلیل و ارائه گزارشات بر بستر داده های مخابراتی و ارتباطی (با تمرکز بر سرویس کشینگ)	تایید
چاووش رایانه سپاهان – ۲۲۶۱	راهکار وب کشینگ مخصوص اپراتورها و شرکت های مخابراتی (سوییفت کش)	رد
شرکت فناوری اطلاعات و ارتباطات رضوی – ۲۳۰۸	سامانه ذخیره ساز مبنا	تایید
موسسه علم و دانش ماه و مهر – ۲۳۲۴	نرم افزار P&S	تایید
نگین رایانه الماس خراسان – ۲۳۹۸	پکس	تایید
شرکت پردازش و ذخیره سازی سریع داده – ۲۸۶۶	سامانه ذخیره‌سازی SAB SERIES	تایید
تمرکز رایا افزار – ۲۸۳۱	سیستم بینا (مصورسازی داده)	تایید
سیستم نگر ساینا – ۲۸۵۸	سامانه رصد شبکه های اجتماعی	تایید
وب پردازان نوین پارسی جو – ۲۸۸۵	موتور جستجو و پردازش کلان داده مستقل فارسی پارسی جو	تایید
مهندسی کاوش پردازان برسا – ۲۹۳۷	سرور	رد
سامانه گستر سحاب پرداز – ۳۰۲۲	راهکار جامع کلان داده سحاب	تایید
سامانه گستر سحاب پرداز – ۳۰۲۲	سامانه مدیریت کارکرد مشتریان (سبلان)	تایید
داتیس آرین قشم– داتین – ۳۲۹۸	سامانه کلان داده و رایانش ابری	تایید

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
داتیس آرین قشم– داتین – ۳۲۹۸	سامانه واکشی داده ها و انبار داده	رد
کلان داده پویان نوین – ۳۳۵۴	دریاچه داده	تایید
فناوران اطلاعات انصار – ۳۴۶۶	سکوی جامع تحلیل کلان داده (پلتفرم کلان داده)	رد

جدول .Error! No text of specified style in document–**۸۵– شرکت‌های دانش‌بنیان در زمینه داده[۳۹۱]**

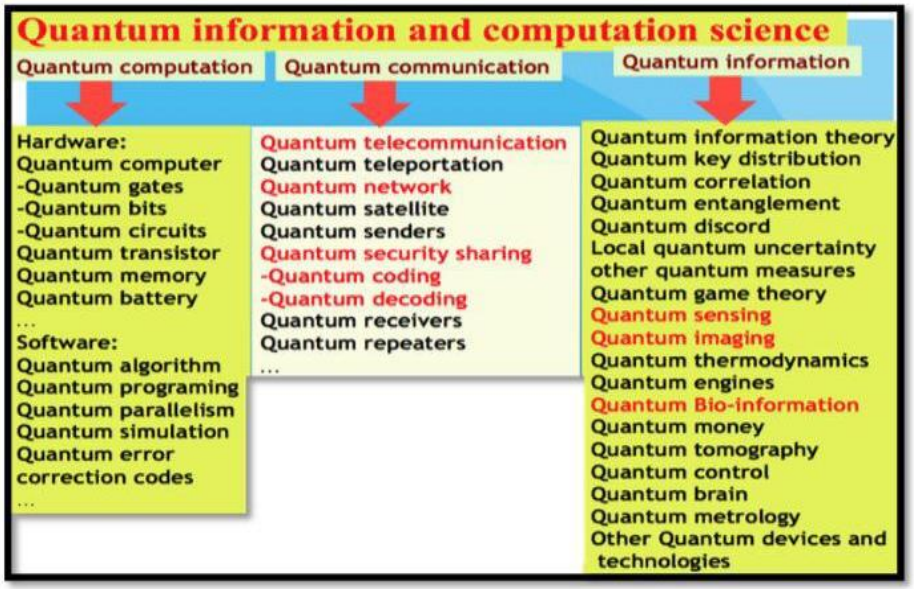
در کشورهای پیشرفته پروژه‌های متعددی مبتنی بر فنـآوری‌های ذکر شده در صنعت برق گزارش شده است ولی در ایران به واسطه کمبود متخصص و تمرکز کمتر سیستم‌های اقتصادی بر آنها رشد زیادی مشاهده نمی‌شود. به غیر از کلان داده‌ها که نیازمندی‌های سخت افزاری خاص برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها با سرعت بالا را طلب می‌کنند دو فنآوری وب معنایی و گراف دانش بیشتر نیازمند مباحث نرم افزاری و تئوری‌های ریاضی هستند که در کشور بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرند. در واقع برای رشد در این بخش و رسیدن به استانداردهای جهانی نیازمند سرمایه گذاری بر نیروی انسانی متخصص شدیدا احساس می‌شود.

۷-۳-٤- وضعیت فناوری محاسبات کوانتومی در کشور و تحلیل شکاف

از نقطه نظر فنآورانه و با توجه به گزارش‌های موسساتی مانند گارتنر که در حال بررسی فنآوری‌های نوظهور هستند فنآوری محاسبات کوانتومی یکی از فنآوری‌های استراتژیک در سال‌های اخیر قلمداد می‌شود[۳۹۳] . این فنآوری دارای حوزه‌های متعددی است و در سال‌های اخیر برخی از آنها از نقطه نظر صنعتی به بلوغ رسیده اند. لازم به ذکر است که منطق کوانتومی در طراحی الگوریتم‌ها استفاده می‌شده است ولی اینک سخت افزارهایی که با این منطق محاسبات را اجرا می‌کنند به وجود آمده اند. از این فنآوری محصولات صنعتی محدودی ارائه شده است ولی همین محصولات نیز افق جدیدی در صنایع را ایجاد کرده اند. به عنوان کاربردهای استراتژیک می‌توان به قابلیت‌های بالقوه این سیستم‌ها در شکستن رمزها، اجرای الگوریتم‌های یادگیری با سرعت بالا و حمله به برخی از سیستم‌های مبتنی بر بلاکچین اشاره داشت.

پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات بر مبنای اهداف سند راهبردی برنامه ششم توسعه وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات در خصوص رصد فناوری‌های پیشرفته و تولید محصولات بومی، فعالیت پژوهشی در حوزه ارتباطات کوانتومی نوری را سال ۱۳۹۴ در دستور کار خود قرار داد[۴۲۳] . در اواخر بهمن ماه ۱۳۹۵، پروژه‌ی بنیادی با عنوان بهبود پروتکل‌های ارتباطات کوانتومی نوری منتخب و پیشنهاد پروتکل‌های مناسب جهت پیاده سازی در کشور در این پژوهشگاه تعریف و در بهمن ماه ۱۳۹۶ به اتمام رسیده است. با توجه به ضروت بکارگیری فناوری‌های کوانتومی در حوزه فاوا و اهمیت استراتژیک آنها برای کشور، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات موضوع فناوری‌های کوانتومی کاربردپذیر در حوزه فاوا را از اوایل سال ۱۳۹۷ به عنوان یک موضوع محوری در دستور کار خود قرار داده است. در این راستا پروژه تدوین نقشه‌راه فناوری‌های کوانتومی کاربردپذیر در حوزه فاوا فعالیت خود را از بهمن ماه سال ۱۳۹۷ در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات آغاز کرده است.

دسته بندی ارائه شده پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات برای حوزه‌های تحقیقاتی در فناوری کوانتوم درشکل ۴ ملاحظه می شود.



شکل .Error! No text of specified style in document-۱۱۳ دسته بندی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات برای حوزه های تحقیقاتی در فناوری کوانتوم[۴۲۳]

در بررسی‌های مراکز تحقیقاتی در وب منابع زیر نیز قابل حصول هستند.

- مرکز فناوری‌های کوانتومی ایران[۴۲۴]: سازمان انرژی اتمی ایران به عنوان یکی از پیشگامان توسعه فناوری‌های نوین و راهبردی در سطح ملی، توسعه فناوری‌های کوانتومی را در دستور کار خود قرار داده است. در راستای انجام این امر از سال ۹۵ تاکنون با تشکیل کارگروه تخصصی فناوری‌های کوانتومی زیر نظر ریاست محترم سازمان، فعالیت‌های مهمی مانند تدوین سند توسعه فناورهای کوانتومی در کشور، برگزاری دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌ها، انتشار کتب و مقالات مرتبط، ایجاد زیرساخت‌های آزمایشگاهی و تاسیس آزمایشگاه ملی فناوری کوانتومی، انجام طرح‌های پژوهشی و ایجاد وب‌سایت تخصصی، در حال برنامه‌ریزی و اجرا هستند. مهمترین اهداف این مرکز، ترویج و توسعه علوم و فناوری‌های کوانتومی در پنج حوزه زیر است.
  - ارتباطات امن کوانتومی
  - حسگرها و اندازه‌گیری‌های کوانتومی
  - محاسبات کوانتومی
  - شبیه‌سازی‌های کوانتومی
  - زیست‌شناسی کوانتومی
- پژوهشکده فتونیک و فنآوری کوانتومی[۴۲۵]: پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی با نام قبلی مرکز تحقیقات لیزر اولین مرکزی است که در سال ۱۳۵۴ در این زمینه در کشور تأسیس شده است. با تشکیل پژوهشگاه در سال ۱۳۸۵ این پژوهشکده یکی از اولین پژوهشکده‌هایی بود که موافقت قطعی از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را دریافت کرد. پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی تاکنون نقش به سزایی در بسط و تولید این فناوری مهم در کشور ایفا کرده است. نمونه‌هایی از لیزرهای مختلف در کشور از قبیل: لیزرهای هلیوم–نئون، ازت، گازکربنیک (پیوسته و پالسی)، لیزر پزشکی گازکربنیک، بخار مس، نئودیوم یاگ (با دمش لامپی و دیودی)، آرگون، لیزر فیبری، لیزر نیمه‌هادی برای نخستین بار در این پژوهشکده طراحی و ساخته شده است. علاوه بر آن رشد اولین بلورهای حالت‌جامد، ساخت قطعات اپتیکی و لایه‌نشانی مربوطه در این پژوهشکده صورت گرفته است.

در خصوص استفاده از این فناوری در صنعت برق پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های کوانتومی در دنیا نوید مزایای بسیاری در زمینه بهینه‌سازی و امنیت عملیات و ارتباطات در صنعت انرژی و برق را می‌دهد. با استفاده از این فناوری می‌توان چالش بهینه‌سازی انرژی در مقیاس بزرگ که یکی از چالش‌های مهم صنعت انرژی است را مرتفع نمود. به عنوان مثال، پیدا کردن راه

حل مطلوب برای بهینه‌سازی شبکه زنجیره تأمین گاز شیل که در حدود ۱۰،۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت را پوشش می‌دهد حتی با یک ابر رایانه پیشرفته ممکن است ساعت‌ها یا روزها طول بکشد. این هزینه محاسباتی بالا، کارآیی بهینه‌سازی سیستم انرژی را در مقیاس‌های ملی و جهانی محدود می‌کند. با بهره‌گیری از فناوری کوانتوم می‌توان راه حلی بهینه جهت رفع این چالش ارائه نمود. در این خصوص سرمایه‌گذاری‌ها و پروژه‌های بزرگی در دنیا در حال اجرا می‌باشد. به عنوان مثال، در ژانویه سال ۲۰۱۹، شرکت گاز ExxonMobil با IBM توافق‌نامه‌ای را برای توسعه نسل بعدی فناوری‌های تولید انرژی و تولید با استفاده از محاسبات کوانتومی امضا کرده است. در همین راستا در آوریل ۲۰۱۹، وزارت انرژی ایالات متحده یک طرح ۴۰ میلیون دلاری برای توسعه الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای جدید برای رایانه‌های کوانتومی تصویب کرده است. همچنین به تازگی، دو دانشمند از دانشگاه کرنل، مطالعه‌ای در زمینه استفاده از محاسبات کوانتومی برای رفع مشکلات بهینه‌سازی سیستم انرژی انجام داده‌اند که نتایج آن در ژانویه ۲۰۱۹ منتشر شده است.

فناوری کوانتوم همچنین راه‌حل‌های بهینه در خصوص امنیت اطلاعات ارائه می‌دهد که به طور مثال می‌توان به الگوریتم‌های توزیع کلید کوانتومی اشاره نمود. علاوه بر ارائه این راه‌حل‌ها، فناوری کوانتوم می‌تواند تهدیداتی در زمینه امنیت نیز باشد که شناسایی این راه‌حل‌ها و تهدیدات از موارد مهمی است که باید در صنعت برق به آن پرداخته شود.

۸-۳-٤- وضعیت فناوری هوش مصنوعی در کشور و تحلیل شکاف

هوش مصنوعی و فنآوری‌های مرتبط به آن در سال‌های اخیر در صنایع متعددی به کار گرفته شده که صنعت برق یکی از آنهاست. به گزارش موسسه گارتنر و IEEE هوش مصنوعی در چند سال آتی جزو فنآوری‌های استراتژیک محسوب می‌گردد[۳۹۱]، [۴۲۶]. در بسیاری از کشورهای پیشرفته مانند آمریکا، کانادا و چین بودجه های که در سال اخیر صرف این فنآوری کرده‌اند بی سابقه بوده است[۴۲۷]. شرکت‌های فنآوری بزرگ دنیا مانند گوگل، مایکروسافت و آمازون نیز تمرکز زیادی بر تولید محصولات در زمینه هوش مصنوعی کرده‌اند که از محصولات آنها به وفور در خانه‌های هوشمند و شهرهای هوشمند استفاده می‌گردد [۳۹۴]. تقریبا در تمامی بخش‌های مرتبط به صنعت برق مانند تولید، توزیع و انتقال می‌توان مقالات، ثبت اختراعات و کتب متعددی را در شبکه اینترنت و خصوصا مراجع معتبر مانند IEEE یافت که هوش مصنوعی رویکردهای نوینی ارائه نموده است. با توجه به شرایط پویای بازار برق، ایجاد ریز شبکه‌ها، تولید پراکنده و تجدیدپذیر که همگی نیازمند تحلیل حجم زیادی از داده‌ها هستند که برای انسان قابل بررسی نیست بایستی تمرکز بیشتری بر الگوریتم‌های هوش مصنوعی داشت. در غیر این صورت در آتیه امکان رقابت و تعامل با دیگر کشورها را در حوزه برق و انرژی از دست خواهیم داد.

از تغییراتی که اخیرا در این حوزه محقق شده است دستور ریاست جمهوری در مورد ایجاد یک مرکز هوش مصنوعی بوده است. مطابق با نظر رییس‌جمهوری و برنامه مدنظر وزارت ارتباطات، جلسه‌ای برای هماهنگی ایجاد مرکز هوش مصنوعی با حضور روسای سه دانشگاه امیرکبیر، تهران، شریف و مرکز تحقیقات مخابرات ایران با حضور وزیر ارتباطات برگزار شده است. در این جلسه مقرر شد تا مرکز یا پژوهشکده‌ای با محوریت مرکز تحقیقات مخابرات ایران (پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات) و با همکاری سه دانشگاه امیرکبیر، تهران و شریف در حوزه فناوری هوش مصنوعی ایجاد و در آن از ظرفیت نیروهای دانشگاهی، اساتید و دانشجوهای دکتری این رشته استفاده شود[۴۲۷]. در ادامه (جدول Error! **No text of specified style in document.**-۸۶) لیست شرکت‌ها و محصولات هوش مصنوعی که در گزارش شرکت‌های دانش بنیان ثبت شده است ارائه گردیده.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
چشم انداز تجارت به دان – ۷۱۷	سامانه تحلیل بورس و تشکیل پورتفولیو هوشمند بدان	تایید
دیدبان صنعت خرده فروشی – ۷۷۸	سامانه تحلیل رفتار مشتریان فروشگاهی پاپرا	تایید
داده کاوان هوشمند توسن – ۷۸۹	سامانه مبارزه با پولشویی (کاوش)	تایید
	راهکار انبار داده و هوش تجاری	تایید

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
	سامانه شناسایی ذینفع واحد و اشخاص مرتبط (اطلس)	تایید
مدیریت فردای اندیشه آرنا – ۷۹۹	سامانه داده کاوی و هوش تجاری Arena-BI))	تایید
فناوران هوشمند شایا – ۸۱۳	شبکه اجتماعی محتوا محور پونیلا (دیباچه)	تایید
ایده پرور هوشمند – ۸۴۲	میموجی(ارائه‌ی گیف و استیکر شخصی‌سازی شده با چهره کاربر)	تایید
	اپیزود(اپلیکیشن داستان‌خوانی)	رد
پردازش هوشمند ترگمان – ۸۵۶	موتور ترجمه ماشینی ترگمان	تایید
	سامانه ارائه خدمات آنلاین ترجمه ترجمیار	تایید
درگاه هوش تجاری – ۸۵۹	سامانه olap ثبت احوال	رد
	سامانه سپهر	تایید
	سامانه تجارت بان سازمان توسعه تجارت	تایید
نوآوران توسعه وندا – ۸۷۶	داشبورد مدیریتی VDASH	رد
مبتکران سیستم کاوش – ۸۹۲	سامانه هوش تجاری	تایید
علوم سبز – ۹۵۱	سامانه کنکاش (سامانه نظارت و تحلیل داده‌های شبکه‌های مخابراتی)	تایید
هوش تجاری بینا – ۹۹۱	هوش تجاری جادوبی	تایید
پردازش و تحلیل داده دقیقه – ۱۰۲۷	ایجاد سامانه های تحلیلی آنلاین	تایید
	سامانه هوش تجاری و انبار داده‌ها کاوی	تایید
مشاورین بهبود روش ها و سامانه های مبنا – ۱۰۳۲	سامانه هوش تجاری و داشبورد مدیران مبنا	تایید
	سامانه آمار و اطلاعات بانکی	تایید
	سامانه مدیریت اطلاعات ابزارهای پرداخت الکترونیک (ساپا)	تایید
	سامانه مکعب ساز مبنا	رد
اندیش سیستم دانش – ۱۴۰۹	سامانه تحلیلی هوش رقابتی بصیر	رد
داده پردازان پورسام – ۲۳۲۳	سامانه آزمون گزینش برتر و "خدمات تخصصی نصب، و تعمیر و نگهداری تخصصی"	تایید
اندیشه نرم افزار پایا – ۲۸۸۸	علامت‌خوان نرم‌افزاری و خدمات مبتنی بر آن	تایید
مهندسی نوین داده کاوان مکعب – ۲۴۲۴	ارائه خدمات شخصی سازی شده جمع آوری داده و ارائه داشبور های هوش تجاری	رد
سیستم نگر ساینا – ۲۸۵۸	سامانه مدیریت داده های بازدیدکنندگان	تایید
	سامانه رصد شبکه های اجتماعی	تایید
	سرویس تحلیل متن	تایید

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
	سرویس تحلیل چهره	تایید
	سرویس تحلیل تصویر	تایید
	سامانه هوشمند پایش فضای رسانه ای کشور	تایید

جدول .Error! No text of specified style in document-۸۶ شرکت‌های دانش بنیان در زمینه هوش مصنوعی[۳۹۱]

لازم به ذکر است که شرکت‌های متعددی در زمینه هوش مصنوعی و فنآوری‌های مرتبط در حال تحقیق و بررسی هستند. برخی از این شرکت‌ها عبارتند از:

- مرکز تحقیقات هوش مصنوعی پارت [۴۲۹]: مرکز تحقیقات هوش مصنوعی پارت به عنوان یکی از زیرمجموعه‌های شرکت پردازش اطلاعات مالی پارت و با هدف پاسخ‌گویی به نیازهای داخلی این شرکت و هوشمندسازی سامانه‌های مالی آن و همچنین توسعه راهکارهای مبتنی بر هوش مصنوعی در سایر بازارها، از سال ۱۳۹۶ شروع به کار کرد. در حال حاضر این مجموعه با رویکردی دانش‌بنیان و در قالب چهار تیم بینایی ماشین، پردازش زبان طبیعی، پردازش گفتار و داده‌کاوی فعالیت می‌کند.
- مرکز تحقیقات و فناوری هوش مصنوعی فراهوش[۴۳۰]
- شرکت هوش مصنوعی رایورز[۴۳۱]: شرکت هوش مصنوعی رایورز در سال ۱۳۸۲ به منظور پاسخ گویی به نیازهای مهندسی جامعه ایرانی در زمینه نرم افزارهای هوش مصنوعی، اتوماسیون اداری و امنیتی تأسیس گردید. این شرکت با داشتن ۱۰ سال تجربه در زمینه طراحی، فروش و پشتیبانی نرم افزارهای فوق الذکر، از جمله شرکت‌هایی است که با سابقه‌ای کم، نامی پر آوازه در طراحی نرم افزارها با تکنولوژی بالا دارد.
- شرکت رباتیک و هوش مصنوعی نوژان[۳۹۱]: شرکت نوژان در سال ۱۳۹۳ به همت جمعی از اساتید و فارغ التحصیلان دانشکده فنی دانشگاه تهران و با تکیه بر بیش از ۱۵ سال سابقه فعالیت‌های پژوهشی تاسیس گردید. از جمله مهمترین اهداف این شرکت توسعه دانش بومی و به کارگیری دانش تولید شده در راستای حل مسائل صنعتی می‌باشد. شرکت نوژان با رویکرد رفع نیاز بخش‌های صنعتی و آزمایشگاهی در طراحی و تولید محصولات رباتیک و اتوماسیون اهداف زیر را دنبال می‌کند:
  - ارائه راهکار و توسعه محصولات پژوهشی و آزمایشگاهی
  - ارائه راهکارهای هوشمندسازی جهت افزایش کارایی محصولات
  - توسعه ارتباط میان صنعت و دانشگاه
  - تبدیل ایده های آزمایشگاهی به محصولات نیمه صنعتی و صنعتی
  - معرفی و توسعه علم رباتیک در میهن عزیزمان ایران
  - مشاوره، آموزش و بومی سازی دانش فنی
- شرکت ویرا سگال کارو[۴۳۳]: این شرکت در سال ۱۳۹۶ با مشارکت جمعی از دانش آموخته های داخل و خارج از کشور تاسیس و شروع به فعالیت در ایران کرد. این شرکت از همان ابتدا با اهداف مشاوره و ساخت سیستم های مدیریتی و خدماتی و کنترلی بر پایه هوش مصنوعی کار خود را آغاز نمود.

متاسفانه در کشور ایران به واسطه ناشناختگی علم هوش مصنوعی در کسب و کارها و صنایع سنتی همچنین در صنعت برق رشد استفاده از فنآوری هوش مصنوعی بسیار پایین بوده است. اغلب استفاده‌ها از این علم در حوزه پولی و مالی بوده است در صورتی که این علم امکان بهینه‌سازی را در اغلب صنایع موجود خواهد داشت. از عواملی که برای پر نموده خلا بین وضع موجود کشور و وضع مناسب در جهان بایستی مورد توجه قرار گیرد عبارتند از:

- تربیت متخصصین در حوزه‌های متفاوت هوش مصنوعی
- توسعه زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای گسترش، بومی‌سازی و اجرای الگوریتم‌های هوش مصنوعی
- تخصیص بودجه مناسب جهت گسترش بازارها و فنآوری‌های مرتبط

٩-٣-٤- وضعیت فناوری مجازی سازی (همزاد دیجیتال، واقعیت مجازی افزوده و ترکیبی) در کشور و تحلیل شکاف

همزاد دیجیتال، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی چهار فنآوری نوظهوری هستند که در سال‌های اخیر به واسطه افزایش قدرت کامپیوترهای موجود در پردازش‌های گرافیکی بسیار محبوب شده‌اند. این فنآوری‌ها توسط موسسه گارتنر جزو فنآوری‌های استراتژیک در سالهای آتی محسوب می‌گردند و بسیاری از شرکت‌های بزرگ فنآوری در دنیا مانند گوگل، آمازون، مایکروسافت و فیسبوک در حال تولید محصولات متنوعی مبتنی بر آنها هستند[۳۹۳]. این فنآوری‌ها در حوزه صنایعی مانند توریستم، پزشکی، انرژی و آموزش کابردهای متنوعی دارد. در حوزه همزاد دیجیتال به واسطه جدید بودن این فنآوری هنوز مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها به این عرصه ورود نکرده اند. درحوزه‌های دیگر مراکزی مانند مرکز تحقیقات مخابرات و موسسات دیگر که بخشی از آنها در لیست شده اند اقدام به ارائه کارگاه‌های آموزشی و تولید محصولات محدود کرده اند.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
تجارت همراه روناش – ۲۹۸۷	سامانه پوش نوتیفیکیشن نرم افزارهای تلفن همراه	تایید
تجارت الکترونیک امن موج – ۳۰۲۹	خدمات تولید و انتشار ویدیوی پانوراما divar360.com	رد
بام افراز مانا – ۳۱۲۷	سوپر اپلیکیشن نمایا	تایید
آداک ویرا ایرانیان رهجو – ۳۳۳۰	سامانه نما	رد
واقعیت مطلوب پارس – ۲۹۵۷	Face recognition احراز هویت از طریق شناسایی چهره	رد
	مسیریابی داخلی Navify	رد
ارتباطات هوشمند چکاوک – ۳۳۹۱	چکاوک SBC	تایید
پویش فناوران آرون – ۶۸۰	نرم افزار واقعیت افزوده کارت هدیه	تایید
آرمان گیتی رای – ۷۰۹	سامانه مشاوره بازاریابی مبتنی بر خزش شبکه های اجتماعی با تکیه بر فناوری متن کاوی کلان داده ها	رد
	سامانه بازدید مجازی اماکن بصورت واقعیت مجازی و واقعیت افزوده (سیرو)	رد
مانا افراز خاور – ۷۲۶	نرم‌افزار ایجاد تور مجازی مسکن و ساختمان VR-House	تایید
پایوران مه داده پویش – ۷۴۴	برنامه موبایلی رنگ آمیزی، طرح بندی و دکوراسیون منزل (چیدانه)	رد
حامی سیستم شریف – ۸۲۳	نرم افزار واقعیت مجازی موبایل (رویای حامی)	رد
ویژه پرداز پارس – ۹۰۳	نرم‌افزار ماکت مجازی واقعیت افزوده پروژه‌های صنعتی	رد
	اپلیکیشن واقعیت افزوده اورانیوم	تایید
	اپلیکیشن واقعیت افزوده فرش (سیمیا نگار)	تایید
	نرم‌افزار کارت ویزیت هوشمند	تایید

جدول .Error! No text of specified style in document-**۸۷- شرکت‌های دانش بنیان در زمینه مجازی‌سازی[۳۹۱]**

فنآوری‌های ذکر شده کاربردهایی نظیر آموزش و تعمیرات از راه دور در حوزه برق و انرژی دارند ولی در ایران این فنآوری‌ها هنوز وارد فاز صنعتی نشده‌اند تا در صنایع مختلف امکان استفاده داشته باشند. لازم به ذکر است که این فنآوری‌ها برای اجرا گاهی نیاز به قدرت پردازشی بسیار بالا برای پردازش‌های گرافیکی خواهند داشت و بدون تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری لازم و همچنین قدرت پردازشی مورد نیاز امکان بهره‌بردن از آنها وجود نخواهد داشت. بنابراین برای این منظور که ایران نیز همانند دیگر کشورها از چنین فنآوری‌هایی استفاده نماید باید ملزومات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد توجه قرار گیرد.

۱۰-۳-٤- وضعیت فناوری امنیت اطلاعات و ارتباطات و امنیت فیزیکی در کشور و تحلیل شکاف

در سال‌های اخیر شرکت‌های بسیاری در زمینه امنیت عمومی در کشور به فعالیت پرداخته‌اند که از جمله این شرکت ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- شرکت آداک سامانه افزار
۲- شرکت ارتباطات پرتو آبی
۳- شرکت اریسا
۴- شرکت امن‌افزارگسترشریف
۵- شرکت امن‌پردازان‌کویر
۶- شرکت امن‌پردازان سورنا
۷- شرکت اندیشه پردازان سرآمد
۸- شرکت ایمن رایانه شرق
۹- شرکت آی وین (آیندگان ویرا نرم افزار)
۱۰- شرکت بهین راهکار
۱۱- شرکت پارس فناوران خوارزم
۱۲- شرکت پایش فضای مجازی ایرانیان
۱۳- شرکت پیشرو ارتباط آریا ارقام
۱۴- شرکت پیشگامان کی‌پاد
۱۵- شرکت تحقیقاتی مهندس ژرف پویان
۱۶- شرکت داده پردازان دوران
۱۷- شرکت داده های سیمرغ پرشین
۱۸- شرکت سان
۱۹- شرکت سانای شرق
۲۰- شرکت سبا پردازش
۲۱- شرکت سرو نت
۲۲- صا افتا
۲۳- شرکت صبا سیستم صدرا
۲۴- شرکت صنایع الکترونیک زعیم
۲۵- شرکت طرح و توسعه حصین ایمن
۲۶- شرکت فناوران توسعه امن ناجی
۲۷- شرکت فناوری اطلاعات و ارتباطات امن مهین
۲۸- شرکت فراکنش
۲۹- شرکت گروه راهبرد بیان
۳۰- شرکت مشاورین شبکه افق اندیشه غرب
۳۱- شرکت مهندسی ارتباطی پیام پرداز
۳۲- شرکت مهندسی امن گستر پیام پرداز
۳۳- شرکت مهندسی جلوه صنعت
۳۴- شرکت مهندسی گسترش سامانه امن
۳۵- شرکت نرم‌افزاری امن پرداز
۳۶- شرکت نرم‌افزاری داده پردازان نوین اهداف- دپنا
۳۷- شرکت ویرا تک شریف
۳۸- آزمایشگاه ارزیابی امنیت پژوهشکده ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات)
۳۹- آزمایشگاه ارزیابی امنیت محصولات فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات انفورماتیک)
۴۰- آزمایشگاه ارزیابی محصولات زیرساخت کلید عمومی (PKI)
۴۱- آزمایشگاه امنیت سیستم عامل دانشگاه الزهرا
۴۲- آزمایشگاه خدمات ارزش افزوده تلفن همراه، VLSI، دانشگاه صنعتی شریف
۴۳- پژوهشگاه توسعه فناوریهای پیشرفته خواجه نصیرالدین طوسی
۴۴- مرکز آزمایشگاهی صا افتا
۴۵- مرکز تحقیقات فتح دانشگاه امام حسین
۴۶- مرکز تحقیقات فناوری اطلاعات مبین
۴۷- مرکز آپای دانشگاه امام حسین
۴۸- مرکز آپای دانشگاه شیراز
۴۹- مرکز آپای دانشگاه صنعتی اصفهان
۵۰- مرکز آپای دانشگاه امیر کبیر
۵۱- مرکز آپای دانشگاه صنعتی شریف
۵۲- مرکز آپای دانشگاه فردوسی مشهد
۵۳- مرکز آپای دانشگاه یزد

اما در خصوص امنیت صنعتی شرکت‌های محدودی مشغول فعالیت می‌باشند که از آن جمله می‌توان به شرکت‌های زیر اشاره نمود:

- شرکت امن پژوه نوآوران فارس
- شرکت فرینه فناور
- شرکت سانای شرق
- پژوهشکده پدافند غیرعامل دانشگاه امیرکبیر
- صاافتا

این شرکت‌ها هم در زمینه ارائه خدمات امنیتی و هم در زمینه ساخت محصولات صنعتی امنیتی نظیر SOC صنعتی، فایروال صنعتی فعال می‌باشد.

پژوهشگاه نیرو نیز به منظور ارائه خدمات امنیت صنعتی و توسعه فناوری‌های امنیتی فعال می‌باشد. در این راستا مرکز توسعه فناوری امنیت بنا بر تاکید اسناد بالادستی بر برقراری امنیت در زیرساخت‌های حیاتی، وجود سابقه حملات الکترونیکی در کشور، احتمال بروز خاموشی منطقه‌ای و سراسری و تاکید اسناد بالادستی بر تبدیل شبکه سنتی به شبکه هوشمند در پژوهشگاه نیرو، سازماندهی و مشغول به فعالیت شده است. از اهداف این مرکز می توان به دستیابی به فناوری‌های امنیت، طراحی، تدوین، ارزیابی و بروزرسانی سیاست‌ها و برنامه‌های امنیتی، تدوین الزامات و دستورالعمل‌های امنیتی، ایجاد و توسعه آزمایشگاه‌های ارزیابی ویژگی‌های امنیتی در صنعت برق، ایجاد سازوکارهای توسعه پژوهش، آموزش و فرهنگ‌سازی و طراحی معماری امنیتی و ایجاد و توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز خدمات امنیتی اشاره نمود.

٤-٣-١١- وضعیت فناوری فرستنده و گیرنده‌های دیجیتال در کشور و تحلیل شکاف

فنآوری‌های مربوط به فرستنده و گیرنده‌های دیجیتال فنآوری جدیدی محسوب نمی‌گردد. در اغلب تجهیزات مخابراتی این نوع از فنآوری مورد استفاده بوده و هست. در سال‌های اخیر مشابه دیگر فنآوری‌های ذکر شده دچار تغییرات متعددی شده اند که این تغییرات اغلب در حوزه تعامل با دیگر فنآوری‌ها مانند اینترنت اشیاء، شبکه‌های شناختی و 5G بوده است. در صنایع مختلف به واسطه هوشمندسازی و افزایش تبادل اطلاعات بین ابزارها شاهد تغییراتی در پروتکل‌ها و استانداردها در این فنآوری بوده‌ایم. در ایران نیز مانند سایر نقاط جهان چنین تغییراتی با سرعت نسبتا پایین در حال اجرا است. این تغییرات صنعت برق را نیز متاثر کرده است و در ایران نیز شاهد طراحی فرستنده‌ها و گیرنده‌هایی هستیم که با پروتکل های جدید طراحی شده اند. از مراکزی چون مرکز تحقیقات مخابرات[۴۳۴] و سازمان فضایی ایران[۴۳۵]در این راستا پروژه‌های متعددی را به انجام رسانیده اند. از شرکت‌هایی که از طریق وب قابل جستجو هستند نیز می‌توان به شرکت‌های زیر اشاره داشت.

- شرکت تحقیق و تولید وسایل الکترونیک (تکتا) [۴۳۶]: از جمله شرکت‌های وابسته به سازمان صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران می‌باشد که در سال ۱۳۵۶ با هدف تولید دستگاه‌ها و تجهیزات فرستنده رادیویی و تلویزیونی به بهره‌برداری رسید.
- شرکت تگرا الکترونیک[۴۳۷]: یک شرکت دانش بنیان که در زمینه تجهیزات مخابراتی و فرستنده/گیرنده دیجیتال فعالیت می‌نماید.

بخش‌های جدید این فنآوری عموما در ارتباط با گسترش دیگر فنآوری‌ها مانند هوش مصنوعی به وجود آمده است و برای گسترش این فنآوری لازم است نقشه راه مناسبی از دیگر فنآوری‌های مرتبط ایجاد شود تا شاهد گسترش پروتکل‌ها به شکل هدفمند باشیم.

٤-٣-١٢- وضعیت فناوری پردازش سیگنال در کشور و تحلیل شکاف

پردازش سیگنال در سال‌های اخیر کابردهای متعددی در صنایع به خود اختصاص داده است. از بات‌های گفتگو تا پردازش صوت و تصویر نیازمند فنآوری‌های پردازش سیگنال هستیم[۴۳۸]. این فنآوری به طیف وسیعی از زیر فنآوری‌ها اشاره می‌کند و اخیرا به واسطه استفاده از فنآوری‌های هوش مصنوعی مانند یادگیری عمیق محصولات متنوع و کاربردی زیادی از آن گزارش شده است. با توجه به متنوع بودن کاربردهای این فنآوری استفاده از آن در صنایع مانند صنعت برق مخصوص به بخش خاصی نیست. به عنوان مثال از تخمین بار و تولید انرژی پراکنده تا پردازش سیگنال‌های تصویری ناشی از بررسی های میدانی وابسته به این فنآوری هستند. در ادامه تعدادی از شرکت‌های دانش بنیان داخلی که بر روی این فنآوری کار می‌کنند مورد بررسی قرار گرفته اند.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
داده پردازان پورسام – ۲۳۲۳	سامانه آزمون گزینش برتر و "خدمات تخصصی نصب، و تعمیر و نگهداری تخصصی"	تایید
اندیشه نرم افزار پایا – ۲۸۸۸	علامت‌خوان نرم‌افزاری و خدمات مبتنی بر آن	تایید
راهکار پردازش ژرف – ۳۰۳۱	سامانه نویسه‌خوان هوشمند فارسی (الفبا)	تایید
	سامانه پالایش هوشمند تصویر (پرده)	رد
	سامانه تشخیص هوشمند چهره	رد
	سامانه کشف هوشمند مفاهیم (کشف)	تایید
	سامانه هوشمند تبدیل گفتار به متن فارسی (حرف)	رد
مهندسی فن آوری اطلاعات آتی پارس پایتخت – ۳۳۲۸	آزمون سنج آتی	تایید

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
واقعیت مطلوب پارس – ۲۹۵۷	Face recognition احراز هویت از طریق شناسایی چهره	رد
	Navifyمسیریابی داخلی	رد
هوشمند سازان وزین ارتباط – ۳۴۰۶	نرم افزار پلاک خوان	رد
آرمان درخشان پایا – ۳۳۴۲	علامت‌خوان نرم‌افزاری و خدمات مبتنی بر آن	تایید

جدول .Error! No text of specified style in document-۸۸- شرکت‌های دانش بنیان در زمینه پردازش سیگنال[۳۹۱]

۱۳-۳-٤- وضعیت فناوری مخابراتی کوتاه برد مش و غیر مش در کشور و تحلیل شکاف شبکه‌های

شبکه‌های مخابراتی برد کوتاه، طیف وسیعی از سامانه‌های کم توان را شامل می‌شود که براساس فناوری‌های NFC ، RFID، Bluetooth، WiFiو Zigbee عرضه می‌شود. با توسعه شبکه‌های LTE و ظهور فناوری‌های جدید 5G، منازل هوشمند، خودروهای هوشمند و اینترنت اشیاء ابزارهای برد کوتاه متنوعی وارد بازار خواهند شد. این فنآوری ذاتا فنآوری جدیدی نیست ولی اخیرا به واسطه حضور اینترنت اشیاء دچار تغییرات متعددی شده است. به عنوان مثال پروتکل Zigbee که هم اینک در صنایع متعددی در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد یک پروتکل ارتباطی جدید متناسب با اینترنت اشیاء است که در حوزه کوتاه برد ارائه شده است.

در ایران مرکز تحقیقات مخابرات با تاسیس آزمایشگاه تایید نمونه EIRP وسایل برد کوتاه اقدام به ارائه خدمات در این حوزه کرده است. در این آزمایشگاه توان تشعشعی همسانگرد معادل (EIRP) وسایل برد کوتاه اندازه‌گیری شده و براساس معیارهای استانداردهای ETSI مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. آزمایشگاه اتاق بدون انعکاس مستطیلی شیلد شده دارد و به جدیدترین مدل تجهیزات اندازه‌گیری تجهیز شده است[۴۳۹]. توسط تحقیقات مخابرات آزمایشگاه تایید نمونه تجهیزات بدون سیم باند وسیع در لایه دسترسی نیز برای شبکه‌های مخابراتی برد کوتاه وجود دارد که در دانشگاه شاهد مستقر است[۴۴۰]. برای رشد در این حوزه تعامل با سازمان‌های جهانی در خصوص استانداردسازی شبکه مخابراتی کوتاه برد لازم است. در خصوص توسعه این بخش نیز ساخت سخت‌افزارها و آنتن‌ها در برد کوتاه جزء مشکلات فنی است که بایستی توسط ارگان‌های تحقیقاتی و دانشگاهی مرتفع گردد.

۱٤-۳-٤- وضعیت فناوری شبکه مخابراتی بلند برد سلولار و غیر سلولار در کشور و تحلیل شکاف

فنآوری ارتباط بین ابزارها با برد بالا نیز همانند دیگر فنآوری‌های متاثر از اینترنت اشیاء دچار تغییر و تحولات زیادی شده است. این فنآوری با در نظر گرفتن توان بالا و پایین نیز دارای دسته بندی خاص خود است که می‌توانند در قالب مخابرات سلولی پشتیبانی شوند و یا توسط استانداردهای دیگر پیاده سازی شوند.

اخیرا ارتباط‌های برد بالا و کم توان برای ارتباط اجزا در اینترنت اشیاء توجه زیادی را در جهان به خود جلب کرده است. در این حوزه می‌توان به شبکه‌سازی مبتنی بر LoRa و SigFox اشاره داشت که برخی از کنتورهای هوشمند در صنعت برق از آنها استفاده می‌کنند. در ایران نیز برخی از شرکت‌ها مانند شرکت تارا کساء[۴۴۱] و علوم سبز [۴۴۲] از پروتکل‌های LoRa برای تسهیل ارتباطات مبتنی بر اینترنت اشیاء استفاده می‌کنند. گروه تاراکسا (شرکت تارا کساء علم و صنعت) در اواسط سال ۱۳۹۳ و توسط جمعی از دانشجویان و فارغ‌التحصیلان تحصیلات تکمیلی دانشگاه علم و صنعت ایران بنیان گذاشته شد. زمینه کلی فعالیت گروه عبارت است از: «توسعه، یکپارچه‌سازی، ارایه راهکار و مدیریت پروژه‌های مهندسی، در زمینه خدمات نوآورانه ارتباطی و حوزه‌های همگرای ارتباطات و فناوری اطلاعات». اخیرا شرکت آمازون هم دست به ایجاد پروتکلی تحت عنوان sidewalk کرده است که در سال ۲۰۲۰ از آن بهره برداری خواهد شد[۴۴۳].لازم به ذکر است که توسعه یک پروتکل در قالب این فنآوری نیازمند یک نقشه راه مناسب با پشتوانه مالی است.

١٥-٣-٤-وضعیت فناوری شبکه‌های سیمی در کشور و تحلیل شکاف

شبکه‌های سیمی در قیاس با دیگر شبکه‌های کامپیوتری تغییرات کمتری را تجربه می‌کنند. تقریبا در تمامی صنایع از این نوع از شبکه‌ها استفاده می‌شود و دانش مربوط به آن تقریبا به ثبات رسیده است. در ایران نیز دانش مربوط به شبکه‌های سیمی به صورت بومی وجود دارد و در صنعت برق نیز برای مقاصد مختلف از جمله تبادل اطلاعات استفاده می‌گردد. در این حوزه می توان به مرکز تحقیقات مخابرات[۴۳۴] و پژوهشکده مخابرات نظری[۴۴۴] به عنوان مراکز تحقیقاتی مطرح اشاره داشت.

١٦-٣-٤-وضعیت فناوری شبکه مخابرات نوری در کشور و تحلیل شکاف

مخابرات نوری زمینه ساز شگرف ترین تحولات در سیستم‌های مخابراتی در دو دهۀ اخیر بوده است. در دنیای کنونی ارتباطات بدون شبکه‌های فیبر نوری در زیرساخت غیرقابل تصور است. افق پیشِ روی این حوزه بسیار فراتر از شبکه‌های مبتنی بر فیبر است و فناوری‌هایی نظیر مخابرات بیسیم نوری، ارسال داده در نور مرئی، شبکه‌های هوشمند نوری، و پردازشگرهای تمام نوری نقش پررنگ این گرایش از مهندسی مخابرات را در سال‌های آینده برجسته تر می‌سازد.

وضعیت این فناوری مخابرات نوری را می توان در کشور در سه حوزه PDH، NGSDH، DWDM، ASON و Fiber to home بررسی نمود.

در حال حاضر از فناوری PDH در صنعت برق کشور استفاده می‌شود. به طور مثال سیستم‌های دسترسی خریداری شده توسط سازمان توسعه برق ایران و شرکت‌های برق منطقه‌ای برای شبکه مخابرات نوری صنعت برق عبارتند از:

- سیستم دسترسی NEC FA1201 ساخت شرکت NEC ژاپن
- سیستم دسترسی Alcatel 1511 MAX ساخت شرکت Alcatel فرانسه
- سیستم دسترسی OMNIPlexer ساخت شرکت Bayly کانادا
- سیستم دسترسی LOOP-AM 3440 ساخت شرکت LOOP telecom تایوان

همچنین در کشور شرکت‌های تحقیقاتی مختلفی از جمله مرکز تحقیقات مخابرات ایران- پژوهشکده فناوری ارتباطات، صنایع ارتباطی پایا، خوارزم ارتباط خاورمیانه، ارتباط سینا دارای محصول تولیدی PDH بصورت ترمینال مالتی‌پلکسینگ می‌باشند ولی در ارتباط با سیستم مالتی‌پلکسر با قابلیت ADD/Drop در ایران فعالیتی صورت نگرفته است.

از این فناوری مخابراتی در صنعت برق در دنیا استفاده می‌شود. این فناوری در دوره بلوغ خود در دنیا می‌باشد و استانداردهای طراحی و ساخت آن به طور کامل تدوین شده است. با توجه به اینکه در صنعت برق حجم اطلاعات (صوت و داده) که بین پست‌ها با مراکز کنترل منتقل می‌شود نسبت به صنعت مخابرات بسیار کمتر می‌باشد لذا استفاده از تجهیزات انتقال مخابرات نوری SDH به خصوص برای انتقال اطلاعات پست‌های فوق توزیع به مراکز کنترل توجیه‌ی ندارد و به جای آن سیستم‌های مالتی‌پلکسر با قابلیت Add/Drop می‌تواند در این صنعت به صورت گسترده مورد استفاده قرار گیرد.

در خصوص فناوری NGSDH در حال حاضر از این فناوری در صنعت برق کشور استفاده می‌شود. سیستم‌های انتقال شبکه مخابرات نوری backbone شرکت مدیریت شبکه، NG-SDH و از نوع Alcatel 1660SM Re5 می‌باشند. همچنین مرکز تحقیقات مخابرات ایران- شرکت پرمان، دارای محصول تولیدی NG-SDH با نرخ بیت STM-1 و STM-4 می‌باشند. همچنین پروژه طراحی و ساخت سیستم NG-SDH با نرخ بیت STM-16، با قابلیت ASON، قابلیت عملکرد در مدهای TM، ADM،DXC با توپولوژی Ring جزء پروژه‌های تحقیقاتی مرکز تحقیقات مخابرات می‌باشد که برای اجرا به شرکت پرتو تماس نوین (پرمان) واگذار شده است. از این فناوری مخابراتی در صنعت برق در دنیا استفاده می‌شود. این فناوری در دوره بلوغ خود در دنیا می‌باشد و استانداردهای طراحی و ساخت آن نیز تدوین شده است.

همچنین در خصوص وضعیت فناوری DWDM، در حال حاضر از این فناوری در صنعت برق کشور استفاده نشده است اما تجهیزات NG-SDH موجود در لایه انتقال دارای قابلیت اتصال به سیستم‌های DWDM می‌باشند. همچنین در مرکز تحقیقات مخابرات ایران پروژه تحقیقاتی در خصوص تهیه مشخصات فنی برای سیستم‌های مخابراتی DWDM انجام شده است و در حال حاضر طراحی و ساخت سیستم DWDM با ۳۲ کانال جزء پروژه‌های تحقیقاتی مرکز تحقیقات مخابرات می‌باشد که برای

اجرا به شرکت پرتو تماس نوین (پرمان) واگذار شده است.از این فناوری مخابراتی در صنعت برق در دنیا استفاده می‌شود. این فناوری در دوره بلوغ خود در دنیا می‌باشد و استانداردهای طراحی و ساخت آن به طور کامل تدوین شده است.

در خصوص فناوری ASON، این فناوری در صنعت برق کشور استفاده نشده است اما در مرکز تحقیقات مخابرات ایران پروژه‌ای برای تهیه مشخصات فنی ASON در سال ۱۳۸۵ اجرا شده است. همچنین در پروژه طراحی و ساخت سیستم NG-SDH با نرخ بیت STM-16 که جزء پروژه‌های تحقیقاتی مرکز تحقیقات مخابرات می‌باشد و برای اجرا به شرکت پرتو تماس نوین واگذار شده و پیاده‌سازی این قابلیت در نظر گرفته شده است. استفاده از این فناوری مخابراتی در صنعت برق در دنیا در حال بررسی می‌باشد. این فناوری در دوره رشد خود می‌باشد و استانداردهای این فناوری در حال تکمیل می‌باشند. برای رسیدن به این فناوری در سطح جهانی لازم است ابتدا در خصوص چگونگی استفاده از این فناوری در صنعت برق کشور تحقیقات صورت پذیرد. در صورت وجود توجیه فنی و اقتصادی برای با استفاده از این فناوری در صنعت برق کشور، فعالیت تحقیقاتی در ارتباط با طراحی و پیاده‌سازی این محصول باید با توجه به نیازهای صنعت برق نظیر زمان سوئیچینگ انجام شود.

در خصوص فناوری Fiber to Home در حال حاضر از این فناوری در صنعت برق کشور استفاده نشده است و بر روی این فناوری در هیچ یک از مراکز تحقیقاتی موجود در ایران، تحقیقاتی صورت نگرفته است. البته در کشور از این فناوری به صورت خرید محصول توسط شرکت مخابرات استفاده شده است.از این فناوری مخابراتی در صنعت برق در دنیا استفاده می‌شود. این فناوری در دوره بلوغ خود در دنیا می‌باشد و استانداردهای طراحی و ساخت آن به طور کامل تدوین شده است.

در ارتباط با این فناوری لازم است مطالعات اولیه و بررسی چگونگی استفاده از امکانات صنعت برق مثل دکل‌های شبکه توزیع و پایه‌های روشنایی برای پیاده‌سازی این تکنولوژی صورت پذیرد و در ادامه در زمینه طراحی و ساخت تجهیزات مربوطه اقدام شود.

در نهایت در خصوص فناوری OTN در کشور، در حال حاضر از این فناوری در بخش‌های از شبکه شرکت مخابرات استفاده شده است و پروژه‌ای تحت عنوان "تدوین استانداردهای ملی در زمینه سیستم ها و شبکه های انتقال نوری (OTN)"در سال ۱۳۸۵در مرکز تحقیقات مخابرات ایران در این خصوص انجام شده است. همچنین پروژه " پروژه تهیه مشخصات، ملزومات و روش‌های تست شبکه انتقال نسل جدید OTN" در سال ۸۸ در جهت پیشبرد اهداف کمیته عالی راهبردی NGN در مرکز تحقیقات مخابرات انجام شده است. این فناوری در صنعت مخابرات در دوره بلوغ خود در دنیا می‌باشد و استانداردهای طراحی و ساخت آن به طور کامل تدوین شده است. استفاده از این فناوری مخابراتی در صنعت برق در دنیا در حال بررسی می‌باشد.

از آنجائیکه OTN قابلیت‌های ویژه‌ای را نسبت به فناوری NG-SDH برای بهبود کارآیی، کاهش هزینه و تسهیل مدیریت حوزه انتقال نوری به شبکه خواهد افزود. در عین حال در این فناوری جدید نیازی به دستکاری سیگنال گیرنده خدمات نخواهد بود و از دید شبکه OTN ماهیت این سیگنال اهمیتی ندارد. علاوه بر این امکانات نظارت بر کارآیی و سوئیچینگ حفاظتی درون خدماتی هم فراهم خواهد شد، لذا شروع کار بر روی این فناوری در حال حاضر می‌تواند برای آینده صنعت برق رهگشا باشد. برای رسیدن به این فناوری در سطح جهانی، انجام مطالعات و طراحی و ساخت تجهیزات این فناوری باید در فعالیت‌های تحقیقاتی صنعت برق مد نظر قرار گیرد.

در خصوص فناوری مخابرات نوری آزمایشگاه‌هایی در کشور فعال می‌باشند که در حوزه ارزیابی و طراحی سیستم‌های نوری فعال هستند. که از آن جمله می‌توان به دو آزمایشگاه مرکز تحقیقات مخابرات در این راستا اشاره نمود:

- آزمایشگاه مرجع تأیید نمونه سیستم‌های انتقال نوری[۴۴۵]: این آزمایشگاه با مجهز شدن به کاملترین تجهیزات آزمون سیستم‌های نوری روز دنیا و همچنین۸۰۰ کیلومتر فیبر نوری از نوع SMF و NZDSF بستر لازم برای پیاده‌سازی واقعی شبکه‌های مخابرات نوری تا ۱۰ ایستگاه و انجام انواع آزمون‌های مورد نیاز و ارزیابی‌های مشخصات، عملکرد، کارآیی، انطباق و سازگاری بین‌سیستمی برای انواع تجهیزات انتقال را دارد.
- آزمایشگاه تخصصی و تایید نمونه شبکه و سیستم‌های دسترسی نوری[۴۴۶]: شبکه دسترسی آخرین بخش شبکه است که در ارائه خدمات به کاربران نقش اساسی داشته و به طور مستقیم با آنها در تماس است و در آن تجهیزات زیادی از تامین‌کنندگان مختلف با مشخصات متنوع و کیفیت‌های مختلف، نصب و مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال

بخش دسترسی شبکه ملی اطلاعات عمدتاً دسترسی نوری مبتنی بر فناوری GPON خواهد بود. با توسعه شبکه ملی اطلاعات و افزایش تعداد مشترکین و پهنای باند، تعداد این سیستم‌ها افزایش خواهد یافت. لذا با توجه به حجم بالای سیستم‌های مورد استفاده، ضرورت وجود آزمایشگاه تایید نمونه در این حوزه مشهود است.

همچنین در پژوهشگاه نیرو نیز آزمایشگاه لینک های مخابراتی صنعت برق بر روی بستر فیبر نوری به منظور بررسی و تحقیق بر روی فناوری جدید بر روی فیبر نوری فعال می‌باشد.

با این وجود، آموزش مخابرات نوری جایگاه قابل اعتنایی در برنامهٔ آموزشی مهندسی برق کشور ندارد و عدم آشنایی عمیق متخصصان داخلی با مفاهیم پایه و نیز مباحث پیشرفتهٔ این حوزه، راه را بر طراحی مناسب و پیاده‌سازی بومی هر یک از فناوری‌های فوق خواهد بست. همچنین، نه تنها باید نظاره گر ورود تمام فناوری از خارج از کشور بود، بلکه این موضوع در زمینهٔ بهره برداری مناسب، انطباق، توسعه و بهینه‌سازی نیز کشور را به یک واردکنندهٔ خدمات مبدل می‌سازد.

۱۷-۳-٤-وضعیت فناوری شبکه‌های مخابراتی در کشور و تحلیل شکاف

فنآوری شبکه‌های مخابراتی به عنوان زیر ساخت ارتباطی در کشور از فنآوری‌های مهم و تاثیر گذار بر صنایع و خصوصا صنعت برق محسوب می‌شود. در ایران نیز مراکز تحقیقاتی زیادی در این حوزه به وجود آمده اند. در سال‌های اخیر و خصوصا در این حوزه تغییرات وسیع فنآورانه به شکلی که تمامی شبکه زیرساخت تغییر کند بسیار محدود بوده است. لازم به ذکر است که بخش‌های زیادی از فنآوری شبکه مخابراتی به صورت بومی وجود دارد. صنعت برق نیز از این فنآوری برای تبادلات داده استفاده می‌نماید. از آزمایشگاه‌های مطرح در بحث شبکه‌های مخابراتی میتوان به آزمایشگاه تخصصی مدیریت شبکه واقع در پژوهشکده فنآوری اطلاعات اشاره داشت. خلاصه ای از عملکرد این آزمایشگاه عبارتند از[۴۴۷]:

- پیاده سازی مرجع دو نمونه از واسطهای مدیریت شبکه استاندارد MTNM و MTOSI
- ایجاد پایلوت پیاده‌سازی یک سامانه داشبورد مدیریتی برای وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
- ایجاد بستر تجزیه و تحلیل لاگ‌های ترافیک شبکه مبتنی بر پردازش کلان داده برای طرح جویشگر وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

در حوزه فنآوری شبکه‌های مخابراتی موسسات دانش بنیان که در جدول ۱۰ ارائه شده اند فعالیت می‌کنند.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
ویرا تک شریف – ۸۸۶	سامانه شبیه‌ساز ترافیک شبکه	تایید
مهندسی کاوش پردازان برسا – ۲۹۳۷	سرور	رد
	تجهیزات شبکه	رد
سامانه گستر سحاب پرداز – ۳۰۲۲	راهکار "پایش" شبکه های مخابراتی و اینترنتی سحاب((pysh	تایید
	راهکار جامع کلان داده سحاب((sbd	تایید
	سامانه مدیریت کارکرد مشتریان (سبلان)	تایید
	راهکار تحلیل داده و هوش تجاری سحاب((SAHAB BI	تایید
پارس فناوران خوارزم	اکانتینگ تحت ویندوز	تایید

جدول .Error! No text of specified style in document-۸۹. شرکت‌های دانش بنیان در زمینه شبکه‌های مخابراتی [۳۹۱]

۱۸-۳-٤- وضعیت فناوری شیلدینگ و EMC در کشور و تحلیل شکاف

شیلدینگ امواج الکترومغناطیسی در واقع کاهش شدت میدان الکترومغناطیسی در فضا از طریق مسدود کردن امواج با استفاده از موانع رسانا یا مواد مغناطیسی است. شیلدینگ امواج الکترومغناطیسی اغلب در راستای ایزوله سازی سیستم‌ها و ساختارهای خاص و حیاتی مانند نیروگاه‌های برق، بیمارستان‌ها، سایت‌های نظامی، مراکز داده فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیو و تلویزیون، سیستم‌های مخابراتی، سایتهای پتروشیمی و پالایشگاهی و ... به دلیل به کار گیری ادوات و تجهیزات حساس الکتریکی الکترونیکی و مخابراتی، مطرح می‌شود. تنها تجهیزات الکترونیکی نیستند که نسبت به هجوم امواج الکترومغناطیسی خارجی حساسیت‌پذیری بالایی دارند. فرایندهای بیولوژیک بدن انسان از طریق ارسال سیگنال‌های الکترومغناطیسی کوچک صورت می‌گیرد و به بیان دیگر انسان موجودی حساس به امواج الکترومغناطیس است. لذا مواجهه با امواج الکترومغناطیسی خارجی می‌تواند بر این سیگنال‌ها تاثیرگذار بوده و عملکرد فیزیولوژیکی بدن را دچار اختلال نماید. بنابراین کاهش آلودگی محل سکونت و اشتغال افراد از آلایندهایی چون امواج الکترومغناطیسی به عنوان محلی که مدت زمان زیادی را در آن سپری می‌کنند، حائز اهمیت است، دلیل این امر آن است که مواجهه طولانی مدت با امواج الکترومغناطیسی حتی در سطوح کمتر از حدود پرتوگیری قانونی مطرح شده در استانداردها و خطوط راهنمای جهانی ایمنی امواج الکترومغناطیسی (ICNRIP , FCC ,IEEE...) می‌توانند منجر به اختلالات بیولوژیکی شود.

در ایران هم آزمایشگاه تایید نمونه EMC تجهیزات ارتباطی واقع در دانشگاه امیرکبیر که توسط مرکز تحقیقات مخابرات مدیریت می‌شود برای تایید نمونه خدماتی ارائه می‌نماید[۴۴۸]. این آزمایشگاه، آزمون‌های تایید نمونه در دو بخش هدایتی و گسیلش، آزمونهای EMS در دو بخش هدایتی و گسیلش، اندازه‌گیری تغییرات و فلیک ولتاژ و هارمونیک جریان، آزمونهای Voltage Dips، آزمونهای SURGE، BURST و ESD مربوط به ایمنی در برابر تخلیه الکتریکی و حالات گذرای سریع میدان الکتریکی را مطابق با استانداردهای بین المللی انجام می‌دهد. این آزمایشگاه در سال‌های قبل از ۱۳۸۶ با حمایت پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات در دانشگاه صنعتی امیرکبیر دایر و سپس با حمایت این پژوهشگاه و مشارکت دانشگاه در بازه زمانی ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۰ تکمیل گردید و هم اکنون ارائه سرویس می‌نماید.

همچنین در این خصوص بحث مقابله با حملات الکترومغناطیسی و بمب های الکترومغناطیصس هم مطرح می‌باشد. با توجه به ماهیت بمبهای الکترومغناطیس که با تولید میدانهای الکترومغناطیسی بسیار قوی قادرند کلیه تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی را نابود کنند، لازم است به نحو مقتضی مقاومت کلیه تجهیزات نسبت به چنین میدانهای با شدت بالا افزایش داده شود. اما آنچه در اولین گام ضروری به نظر می‌رسد آن است که به نحوی بتوان از گسترش خسارت به قسمتهای دیگر جلوگیری نمود. در این بین سیستمهای کنترلی شبکه قدرت اعم از سیستمهای حفاظتی و مخابراتی نقش عمده‌ای در جلوگیری از سرایت صدمات به بخشهای دیگر دارند. این موضوع در خصوص صنعت برق نیز مطرح می‌باشد و سعی برآن است تا اثرات مخرب آنها بر تمامی اجزاء سیستمهای کنترلی شبکه قدرت در سطوح مختلف مشخص و در جهت افزایش مقاومت آنها راه حلهای عملی ارائه گردد. در این خصوص سازمان پدافند غیر عامل فعال می‌باشد و برای مقابله با این تهدید برای نیروگاه‌های حساس، مهم و حیاتی آیین نامه‌هایی را تدوین نموده است ولی به نظر جای آزمایشگاه‌ها و کار تحقیقاتی مکمل در این خصوص هنوز در کشور وجود دارد.

۱۹-۳-٤-وضعیت فناوری استحصال انرژی در کشور و تحلیل شکاف

این فن‌آوری به منظور برداشت انرژی از منابعی مانند موج، گرما، نور و ارتعاش اشاره دارد. در سال‌های اخیر استفاده از این فنآوری بسیار رشد کرده است و تقریبا در تمامی صنایع که اتلاف انرژی به صورت‌های ذکر شده را دارند می‌توان از تکنیک‌های برداشت انرژی استفاده نمود[۴۴۹]. لازم به ذکر است که طیف وسیعی از فنآوری‌های جدید مانند بلاکچین، هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء دارای اتلاف بالای انرژی از جنس گرما و موج هستند و عدم استفاده از فنآوری‌های برداشت انرژی باعث هدررفت بخشی از انرژی خواهد شد که امکان بازیابی آن وجود دارد. در کشورهای پیشرفته مانند چین و آمریکا این فنآوری در حال استفاده

است ولی در ایران این موضوع به واسطه کمبود متخصصان و ناشناخته بودن موضوع زیاد مورد بررسی قرار نگرفته است. در پژوهشگاه نیرو طرحی در مورد برداشت انرژی از امواج GSM وجود دارد. با توجه به این موضوع که برداشت انرژی نیازمند توسعه فنآوری‌های متعددی از مهندسی برق، مکانیک و کامپیوتر است برای گسترش این فنآوری در ایران علاوه بر توسعه در بخش نیروی انسانی باید سرمایه گذاری مناسبی نیز برای خرید و یا تولید تجهیزات لازم به عمل آید.

۲۰-۳-٤- وضعیت فناوری انتقال توان بی سیم در کشور و تحلیل شکاف

استفاده از سیستم انتقال توان بیسیم به عنوان راه حلی برای حذف سیم‌های رابط و انعطاف پذیری بیشتر دستگاه‌های الکترونیکی مورد توجه قرارگرفته است. در چند سال اخیر این فنآوری در شارژ تلفن همراه و خودروهای الکتریکی به شهرت رسیده است ولی موارد استفاده آن در سیستم‌های نظامی و حتی پزشکی نیز در مقالات گزارش شده است[۴۵۰]، [۴۵۱]. به عبارت دیگر این فنآوری نیز در چند سال اخیر ابعاد صنعتی و تجاری پیدا کرده است و در صنایع متعددی در حال استفاده است. در ایران به گزارش معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، پروژه شارژ بی‌سیم دینامیکی خودرو برقی در آزمایشگاه پژوهشی سیستم‌های حرکت پیشرفته دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران زیر نظر دکتر صادق واعظ زاده در حال انجام است[۴۵۲]. این پروژه در قالب کرسی پژوهشی انتقال توان بی‌سیم و بدون تماس به اجرا در آمده است و به پژوهش در حوزه فناوری انتقال توان الکتریکی بی‌سیم و بدون تماس در کاربرد مختلف شامل قطارها، محرکه‌های الکتریکی و خودروها می‌پردازد. مرکز توسعه فنآوری خودروهای برقی در پژوهشگاه نیرو نیز با توجه به حوزه کاری مشترک با فنآوری انتقال توان بیسیتم یکی از مراکزی است که امکان توسعه این فنآوری را به صورت بالقوه داراست[۴۵۳].

۲۱-۳-٤-وضعیت فناوری شبکه های SDN/NFV در کشور و تحلیل شکاف

شبکه‌های کامپیوتری تقریبا در زیرساخت بسیاری از صنایع وجود دارند. عموما نصب و راه‌اندازی شبکه نیازمند تخصص و مهارت بالا و همچنین دقت عمل بالایی برای جلوگیری از خطای انسانی است. هنگامی که برقراری ارتباط بین گره‌های شبکه پیچیده می‌شود نیاز به راهکاری جامع‌تر و اصولی‌تر برای حل مشکلات شبکه وجود دارد. این کار با استفاده از روش‌های موجود برنامه‌ریزی و مدیریت که روی اکثر سیستم‌های شبکه فعلی قابل اجراست کاری بسیار سخت است. به علاوه هزینه‌های نصب و استفاده از سیستم‌های پیچیده و دارای چندین تکنولوژی، در سال‌های اخیر سیر صعودی داشته است. همچنین با افزایش هزینه نیرو انسانی و هزینه‌های مصرفی شبکه باید به دنبال راهکاری تازه برای کاهش هزینه‌های مدیریتی بود که قابل استفاده در سیستم‌های چند دامنه ای باشد. شبکه‌های تعریف شده توسط نرم‌افزار(SDN) و مجازی‌سازی توابع شبکه(NFV) امکان انعطاف بالا در پیکربندی شبکه را به صورت کاملا نرم‌افزاری فراهم می‌آورند. در سال‌های اخیر به واسطه پیچیدگی طراحی شبکه‌ها و از سوی دیگر افزایش قدرت مسیریاب ها این دو فنآوری در حوزه مدیریت شبکه باعث تحولات شگرفی شده اند[۴۵۴].

به منظور شناخت بهتر این فناوری، استخراج نقشه راه و برنامه اجرایی بومی‌سازی SDN در کشور، فعالیتی در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات تعریف شد که خروجی آن مستند نقشه‌راه بومی‌سازی فناوری SDN در سطح وزارت ICT و ارائه فعالیت‌های پیشنهادی برای تشکیل زیست‌بوم فناوری است[۴۵۵]. هدف این نقشه راه ارائه زیست بومی است که به‌منظور حرکت از وضعیت فعلی و دستیابی به اهداف و چشم‌انداز پیش‌بینی‌شده، بتواند در طولانی مدت، با اتکا به توان اجزاء و ذینفعان، ادامه فعالیت دهد. از آنجاییکه این فناوری در حال رشد بوده و بالغ نشده است، تمرکز نقشه راه و برنامه اجرایی بر فعالیت‌های تا دو سال آتی بوده است. البته، چشم‌انداز، برای پنج سال آتی، در نظر گرفته شده است.

۲۲-۳-٤- وضعیت فناوری آنتن در کشور و تحلیل شکاف

فنآوری‌های مربوط به تولید و توسعه آنتن‌ها در سال‌های اخیر دچار تغییرات وسیعی شده اند. با توجه به امکان ارسال و دریافت اطلاعات در طیف وسیعی از فرکانس‌ها نیازمند تولید آنتن‌های مربوطه هستیم. لازم به ذکر است که علوم بنیادی در این حوزه در قیاس با دیگر فنآوری‌ها مانند بلاکچین جدید نیست بلکه کاربردهای جدید از تئوری‌های موجود است. در چند سال اخیر به واسطه ظهور اینترنت اشیاء، 5G و تبادل اطلاعات با توان‌های متغیر و فواصل متفاوت اشکال جدیدی از آنتن طراحی شده است. در ایران نیز این بحث خصوصا در ابعاد نظامی پیگیری می‌شود ولی هنوز در حوزه‌های مربوط به اینترنت اشیاء کاستی‌هایی احساس می‌شود. از مراکز تحقیقاتی داخلی می‌توان به آزمایشگاه تایید نمونه آنتن بر اساس آزمایشات میدان دور حوزه فرکانس تا

۴۰ گیگاهرتز واقع در مرکز تحقیقات مخابرات اشاره داشت[۴۵۶]. در این آزمایشگاه آزمون‌های مربوط به مشخصات الکتریکی آنتن تا فرکانس ۴۰ گیگاهرتز قابل انجام است. انجام آزمون آنتن‌های کوچک با ابعاد کمتر از ۷۰ سانتی متر و وزن کمتر از ۳۰ کیلوگرم در این آزمایشگاه میسر است. این آزمایشگاه در سال ۱۳۸۸ با حمایت مالی و فنی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات و مشارکت دانشگاه تهران در دانشکده فنی این دانشگاه ایجاد شده و هم اکنون ارائه سرویس می‌نماید.

برای تولید آنتن‌های جدید نیازمند طراحی نقشه راه مناسب برای رسیدن به استانداردهای جهانی هستیم. لازم به ذکر است که آنتن‌های جدید معمولا در گسترش دیگر فنآوری‌های جدید به وجود می‌آیند و به تنهایی و بدون در نظر گرفتن پیشرفت کشور در دیگر فنآوری‌ها امکان توسعه موثر آنها نخواهد بود.

۲۳-۳-٤- وضعیت فناوری رابط محاوره‌ای در کشور و تحلیل شکاف

با توجه به گزارش سالانه IEEE چت بات‌ها و روابط کاربری محاوره ای جزء فنآوری‌های نوین و استراتژیک در سال‌های اخیر محسوب می‌گردند[۴۲۶].رابط کاربری محاوره‌ای عبارت است از تجربه‌ی استفاده از چت باتی که زبان را به شیوه‌ای مشابه انسان پردازش می‌کند. هم اینک شرکت‌های بزرگ فنآوری اطلاعات مانند اپل، آمازون، گوگل و مایکروسافت دستیارهای دیجیتالی ارائه کرده‌اند که مجهز به رابط کاربری محاوره‌ای است. رابط کاربری سیری در اپل، کورتانا در مایکروسافت و الکسا در آمازون نمونه‌های تجاری این فنآوری هستند. لازم به ذکر است که رابط کاربری تقریبا در تمامی نرم افزارها کاربرد دارد و بنابراین در صنایع متفاوتی از جمله صنعت برق می‌توان از فنآوری‌های مدرن رابط‌های کاربری استفاده کرد.

در ایران نیز شرکت‌های دانش بنیان متعددی بر روی این فنآوری کار می‌کنند که لیستی از آنها در جدول نمایش داده شده است.

نام شرکت	نام محصول	وضعیت دانش بنیان
مهندسین مشاور معماران هفت بنا – ۳۲۲۰	افزونه دستیار طراحی فضاهای بیمارستانی برای نرم افزار Rhino	رد
شرکت عصر گویش پرداز – ۳۲۸۹	نرم‌افزار شناسا (نرم‌افزار تشخیص افراد از روی صدا)	تایید
	نرم‌افزار متن‌خوان فارسی آریانا	تایید
	سامانه کامپیوتر تلفنی مبتنی بر گفتار فارسی نیوشا	تایید
	سامانه تایپ گفتاری نویسا	تایید
فناوران اطلاعات سخن – ۶۴۶	دستیار صوتی هوشمند نوا	تایید

جدول .Error! No text of specified style in document–**۹۰**– **شرکت‌های دانش بنیان در زمینه رابط محاوره ای[۳۹۱]**

متاسفانه هنوز در صنعت برق ایران از این فنآوری استفاده نشده است ولی پتانسیل بالایی برای این منظور وجود دارد. با تعریف پروژه‌های مناسب در این حوزه می‌توان از کاربردهای این فنآوری بهره جست.

٤-٤- نتیجه گیری

در این بخش از گزارش برای هر فنآوری وضعیت موجود آن در ایران و جهان مورد بحث و بررسی قرار گرفت. همچنین ذکر شد که در چه صورتی می‌توان فاصله فنآورانه به وجود آمده بین ایران و جهان را تکمیل نمود. جدول زیر خلاصه این بررسی‌ها را نشان می‌دهد.

فناوری	استفاده در صنعت کشور	موسسات تحقیقاتی فعال کشور در خصوص فناوری	شرکت های دانش بنیان	وضعیت فناوری در دنیا	تحلیل شکاف
بلاکچین	نشده است	وجود دارد	وجود دارد	- در حال تولید محصولات - استفاده در بخش انرژی	- عدم وجود زیرساخت - عدم وجود نیروی متخصص - نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
اینترنت اشیاء	نشده است	وجود دارد	وجود دارد	–در حال تولید محصولات –استفاده در بخش انرژی	- عدم وجود زیرساخت امن و قابل اطمینان - عدم وجود نیروی متخصص - نیاز به فرهنگ‌سازی جهت استفاده - عدم وجود پلتفرم بومی - – عدم وجود محصولات بومی در خصوص تحلیل کلان داده، رایانش ابری و مه، امنیت و هوش مصنوعی
رایانش ابری و مه	نشده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول	- عدم وجود نیروی متخصص - عدم توسعه و گسترش آن به صورت بومی
رباتیک	نشده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول	- عدم رشد فنآوری¬های وابسته مانند هوش مصنوعی و پردازش سیگنال در کشور
داده (کلان داده، وب معنایی و گراف دانش)	نشده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول	- کمبود متخصص و تمرکز کمتر سیستم¬های اقتصادی بر فناوری
کوانتوم	نشده است	وجود دارد	وجود ندارد	در حوزه QKD در دوره بلوغ و تولید محصول دارد. در سایر حوزه ها در مرحله پیش توسعه و تولید آزمایشگاهی است.	- کمبود متخصص و تمرکز کمتر سیستم¬های اقتصادی بر فناوری - نیاز به فرهنگ سازی در این حوزه

فناوری	استفاده در صنعت کشور	موسسات تحقیقاتی فعال کشور در خصوص فناوری	شرکت های دانش بنیان	وضعیت فناوری در دنیا	تحلیل شکاف
هوش مصنوعی	نشده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول تجاری می‌باشد.	- تربیت متخصصین در حوزه¬های متفاوت هوش مصنوعی - توسعه زیرساخت¬های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری برای گسترش، بومی‌سازی و اجرای الگوریتم¬های هوش مصنوعی - تخصیص بودجه مناسب جهت گسترش بازارها و فنآوری‌های مرتبط
مجازی سازی (همزاد دیجیتال، واقعیت مجازی افزوده و ترکیبی)	نشده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری با پردازش لازم - عدم وجود پروژه‌های اجرایی در این حوزه
امنیت اطلاعات و ارتباطات و امنیت فیزیکی	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم رشد فنآوری¬های وابسته مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در کشور - عدم وجود تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری با توان پردازشی بالا - عدم رشد فناوری‌های کمک کننده نظیر بلاکچین
فرستنده و گیرنده‌های دیجیتال	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم رشد فنآوری¬های وابسته مانند هوش مصنوعی - عدم وجود تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری با توان پردازشی بال
پردازش سیگنال	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری با توان پردازشی بالا - کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه
فناوری مخابراتی کوتاه برد مش و غیر مش	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود تعامل با سازمان‌های جهانی در خصوص استانداردسازی شبکه مخابراتی کوتاه برد - عدم وجود پروژه‌های ساخت سخت‌افزارها و آنتن‌ها مورد نیاز در این حوزه - عدم رشد فنآوری¬های وابسته مانند هوش مصنوعی - کمبود دانش و تجهیزات جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه نظیر تاخیر
شبکه مخابراتی بلند برد سلولار و غیر سلولار	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود پروژه‌های ساخت سخت‌افزارها و آنتن‌ها مورد نیاز در این حوزه - کمبود دانش و تجهیزات جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه نظیر تاخیر - عدم رشد فنآوری¬های وابسته مانند هوش مصنوعی

فناوری	استفاده در صنعت کشور	موسسات تحقیقاتی فعال کشور در خصوص فناوری	شرکت های دانش بنیان	وضعیت فناوری در دنیا	تحلیل شکاف
شبکه‌های سیمی	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم رشد فنآوری¬های وابسته مانند هوش مصنوعی
شبکه مخابرات نوری	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- فرهنگ سازی در حوزه استفاده از مخابرات نوری بی سیم - عدم وجود پروژه های اجرایی در حوزه مخابرات نوری بی سیم
شبکه‌های مخابراتی	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و استفاده نهایی می‌باشد.	- عدم وجود پروژه های اجرایی در این حوزه
شیلدینگ و EMC	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود آزمایشگاه‌ها تخصصی و کار تحقیقاتی مکمل در این خصوص در حوزه صنعت برق
استحصال انرژی	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود نیروی متخصص
انتقال توان بی سیم	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود نیروی متخصص -
آنتن	شده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود نقشه راه مناسب برای رسیدن به استانداردهای جهانی - گسترش فناوری های وابسته نظیر نسل های جدید فناوری های مخابراتی
رابط محاوره‌ای	نشده است	وجود دارد	وجود دارد	در دوره بلوغ و تولید محصول نهایی می‌باشد.	- عدم وجود تعریف پروژههای مناسب در این حوزه

جدول .Error! No text of specified style in document-**۹۱- خلاصه وضعیت فناوری‌ها در کشور و تحلیل شکاف**

با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان نتیجه گیری کرد که فنآوری‌هایی مانند اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، بلاکچین، امنیت و کلان داده نقشی انکارناپذیر در صنایع ایران و سایر نقاط جهان خواهند داشت. لازم به ذکر است که این فنآوری‌ها حتی باعث گسترش‌هایی خاص در فنآوری‌های موجود می‌شوند. به عنوان مثال اینترنت اشیاء نه تنها بر گسترش شبکه‌های مخابراتی بلکه طراحی آنتن‌ها و الگوریتم‌های برداشت انرژی که لازم است گسترش یابند تاثیر گذاشته است. فلذا عدم سرمایه گذاری و تمرکز بر این فنآوری‌ها باعث عدم رشد همه جانبه کشور در صنایع مرتبط خواهد شد که صنعت برق نیز از این قاعده مستثنی نیست.

همچنین با توجه به وجود متولی‌های خاص بر روی دانش محض برخی از فناوری‌های مورد نیاز صنعت برق نظیر امنیت، انتقال برق بی‌سیم، استحصال برق، دانش فناوری‌های مخابراتی، در پژوهشگاه نیرو و خارج از آن به طور مثال در مرکز امنیت اطلاعات و ارتباطات، مرکز خودروهای برقی و مرکز ارتباطات و فناوری اطلاعات می‌توان با اولویت پایین‌تری به بحث دانشی این فناوری‌ها پرداخت و فقط دانش و کاربردهای نوظهور این فناوری‌ها در صنعت را در گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات مد نظر قرار داد.

فصل ۵

نتیجه‌گیری و اولویت‌بندی فناوری‌ها

۱-۵- مقدمه

با توجه به هدف پروژه که در نهایت تعیین و اولویت‌بندی محورهای کاری گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌باشد و ازآنجائیکه پرداختن به همه فناوری‌های روز با توجه به تعدد موضوعات مطرح و نیز با در نظر گرفتن محدودیت منابع (منابع مالی، انسانی، زمان و ...)، امکان‌پذیر نخواهد بود، نیاز است که اولویت‌بندی فناوری‌ها جهت تعریف پروژه‌های پژوهشی دارای اولویت بر اساس نیازهای فعلی و آینده صورت پذیرد. اولویت بندی فناوری ها همچنین می‌تواند در راستای موارد زیر موثر باشد:

- انسجام و هماهنگی بین موضوعات پژوهشی در راستای نیل به اهداف تعیین شده
- ایجاد یک چارچوب تعامل و همکاری فی‌مابین تمامی ذی‌نفعان علی‌الخصوص مراکز پژوهشی و صنعت
- تخصیص منابع مالی و انسانی به صورت هدفمند در جهت پروژه‌های اولویت‌دار
- بسترسازی جهت تدوین، توجیه و تصویب برنامه و بودجه های سالیانه
- تمرکز سیاست‌ها و اقدامات حمایتی در جهت فناوری‌های اولویت‌دار

حال با توجه به مزایای اولویت‌بندی و تدوین ارکان جهت‌ساز، روش‌های مختلفی در ادبیات اولویت‌بندی فناوری همچون روش‌های اولویت‌بندی جذابیت – توانمندی با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، آینده‌پژوهی، روش لیتل و ... وجود دارد. در این گزارش به منظور اولویت‌بندی فناوری‌ها از روش امتیازدهی ساده وزین (SAW)[1] استفاده شده است. همچنین به منظور وزن دهی به معیارها از روش سلسه مراتبی AHE استفاده شده است.

در این فصل ابتدا مروری اجمالی بر ادبیات تصمیم‌گیری مورد استفاده داشته و سپس مجموعه معیارها بیان شده و در نهایت با توجه به مجموعه‌ای از معیارها، گزینه‌های فناوری مورد بررسی اولویت‌بندی می‌شوند.

۲-۵- مرور ادبیات روش‌های تصمیم‌گیری

انسان‌ها عموما جهت اجرای تصمیم‌گیری یکی از دو روش زیر را به کار می‌برند.

- روش آزمون خطا
- روش مدل سازی

در روش آزمون و خطا تصمیم گیرنده با واقعیت برخورد می‌کند. به دین ترتیب که یکی از گزینه‌ها را انتخاب کرده و نتیجه را مشاهده می‌کند و چنانچه خطای تصمیم‌گیری زیاد بود و مشکلی بروز کند، تصمیم خود را عوض می کند. در روش مدل سازی تصمیم‌گیرنده مساله واقعی را مدل‌سازی می‌کند و عناصر و تاثیر آنها را بر یکدیگر مشخص می‌کند و به تجزیه و تحلیل مدل و پیش‌بینی عملکرد مسائله واقعی می‌پردازد. به طور کلی در فرآیند تصمیم‌سازی یک مساله واقعی اگر تعداد عوامل زیاد باشد روش سعی و خطا جواب مناسبی نمی‌دهد و اگر تعداد عوامل و متغیرها کم بوده و هزینه خطا پایین باشد، روش سعی و خطا توصیه می شود. در غیر این صورت روش مدل سازی روش منطقی می باشد. در مسئله انتخاب فناوری ها قاعدتا باید از روش مدل سازی مناسب بهره برد. روش هایی که از چندین معیار برای مدل سازی استفاده می نمایند و به عنوان مدل های چند معیاره شناخته می‌شوند[۴۵۷].

مدلهای مختلفی برای تصمیم سازی های چند معیاره وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به مدل های فیزیکی، مدل های شماتیک، مدل های مفهومی و مدلهای ریاضی اشاره نمود. علاوه بر دسته بندی مدل های چند معیاره را می توان به سه دسته مهم زیر تقسیم بندی نمود:

۱- مدل های گسسته و پیوسته: به طور کلی در مدلسازی اگر مجموعه جواب‌های قابل قبول، قابل شمارش باشند، مسئله چند معیاره را گسسته و در غیر این صورت پیوسته می‌نامیم. انتخاب یک فناوری مناسب از بین چند فناوری موجود یک مسئله گسسته است. برخی از مولفین مانند هوانگ و یون و زیمرمن این مسائل را به اختصار MADM[2] یا مدل های

[1] Simple Additive Weighting
[2] multiple Attribute Decision making

تصمیم گیری چند شاخصه نامگذاری کرده‌اند. اگر تعدا جواب‌های قابل قبول غیرقابل شمارش باشد مساله چند معیاره را پیوسته می‌نامند. مانند تعیین عمر بهینه یک قطعه برای تعویض، این مسائل را MODM[1] | مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه می‌نامند. با توجه به اینکه مسئله مورد بررسی در پروژه یک مسئله گسسته است لذا در این پروژه مدل یک مدل گسسته مد نظر می‌باشد.

۲- مدل های جبرانی و غیر جبرانی: از دیدگاهی دیگر مسائل چند معیاره را در دو گروه جبرانی و غیر جبرانی طبقه‌بندی می‌شوند. به طور مثال اگر محصولی هزینه‌ای زیاد ولی کیفیت بهتر داشته باشد، در این حالت هزینه زیاد با کیفیت بهتر جبرانت می‌گردد و در حالیکه به طور مثال برای اخذ گواهینامه سه معیار مهم مطرح است که قابل جبران نیستند. این سه معیار عبارتند از توانایی چشم، پذیرش در امتحان آئین نامه، پذیرش در آزمون رانندگی، قوی بودن در هیچکدام از این معیارها باعث پذیرفتن ضعف در دیگری نمی شود. با توجه به اینکه معیارهای انتخاب فناوری به طور مثال نوظهوری، قابلیت اجرایی و غیره می توانند بر یکدیگر اثر گذار باشند و بالابودن یک معیار می تواند کاستی معیار دیگر را تا حدی جبران کند لذا در این پروژه مدل های جبرانی مد نظر می‌باشد.

۳- مدل‌های فردی و گروهی: مدلهای چند معیاره از نظر تعداد تصمیم گیرندگان به دو دسته فردی و گروهی تقسیم می‌شوند. مدل‌های فردی بر اساس نظرات یک نفر ساخته می‌شوند. درحالیکه مدل‌های گروهی بر نظرات جمع استوار است. در مدل‌های گروهی مسائل مختلفی مانند نحوه تلفیق نظرات جمع، وزن‌دهی نظرات مختلف و غیره مطرح می‌باشد. با توجه به اینکه در انتخاب فناوری ها با اولویت بالا از نظرات خبرگان در این خصوص استفاده می‌شود. لذا مدل مد نظر، مدل گروهی است.

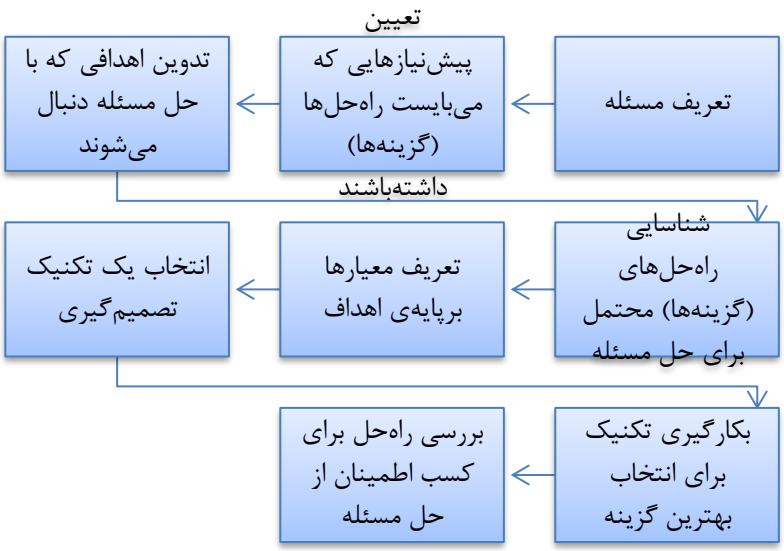
۳-۵- فرآیند تصمیم‌گیری چند شاخصه

اولین اولویت در تصمیم‌گیری، تعیین تصمیم‌گیران و ذی‌نفعان در تصمیم است. منظور از ذی‌نفع هر شخص یا گروهی است که بر فرآیند تصمیم‌گیری تأثیرگذار بوده یا از آن اثرپذیر باشد. با تعیین تصمیم‌گیران در ابتدای فرآیند تصمیم‌گیری می‌توان از بروز عدم توافق بر سر تعریف مسئله، پیش‌نیازها، اهداف و معیارها پیشگیری کرد. با وجود عدم حضور پیوسته‌ی تصمیم‌گیر(ان) در انجام ارزیابی، بازخوردهای[2] دریافتی از آن‌ها برای قدم‌های زیر در فرآیند ضروری است:

- تعریف مسئله
- تعیین پیش‌نیازها
- تعیین اهداف
- توسعه‌ی معیارهای ارزیابی

شکل **No text of specified style in document.** !Error-۱۱۴ نشان‌دهنده‌ی فرآیند تصمیم‌گیری چند شاخصه است. فرآیند از قدم اول به سمت قدم‌های بعدی است؛ اما با دریافت اطلاعات جدید، در هر قدمی می‌توان به عقب حرکت کرد [۴۵۷].

[1] multi-objective decision making
2.feedback



شکل .Error! No text of specified style in document**۱۱۴- فرآیند تصمیم‌گیری چندشاخصه**

قدم ۱: تعریف مسئله

تعریف مسئله اولین قدم اساسی در یک تصمیم‌گیری خوب است. این فرآیند می‌بایست حداقل، علل ریشه‌ای، فرض‌های محدودکننده، مرز سیستم و سازمان و ملاحظات ذی‌نفعان را تعیین کند. هدف از تعریف مسئله، بیان ملاحظات بصورت واضح و در قالب یک بیانیه‌ی مسئله‌ی تک‌جمله‌ای و توصیف کننده‌ی شرایط اولیه و مطلوب است. توافق تصمیم‌گیران و تحلیل‌گران بر روی یک بیانیه‌ی مسئله‌ی مکتوب ضروری است. این کار به منظور حصول اطمینان از اتفاق نظر همه بر مسئله‌ای که می‌بایست حل شود، انجام می‌شود.

نکته‌ی کلیدی در توسعه‌ی یک بیانیه‌ی مسئله‌ی مناسب، پرسش سوالات کافی در رابطه با مسئله است. این کار به منظور حصول اطمینان از پاسخ‌گویی به مسئله‌ی ذی‌نفعان صورت می‌گیرد. با وجود ذی‌نفعان می‌توان از آن‌ها تقاضای بررسی بیانیه‌ی مسئله به همراه شرایط فعلی و مطلوب کرد. این اقدام یک بررسی خارجی را پیش از تعیین پیش‌نیازها و اهداف فراهم می‌آورد.

در این پروژه مسئله اولویت بندی فناوری هایی است که بر طرف چالش های ساختارهای نوین صنعت برق باشند.

قدم ۲: تعیین پیش‌نیازها

پیش‌نیازها، شرایطی است که راه‌حل‌های قابل پذیرش باید دارا باشند. پیش‌نیازها تشریح‌کننده‌ی کارهایی هستند که راه‌حل می‌بایست برای مسئله انجام دهد. برای مثال، یک پیش‌نیاز می‌تواند تولید حداقل ۱۰ واحد در روز توسط یک فرآیند باشد. در این صورت هر گزینه‌ای با تنها ۹ واحد تولید در روز، حذف خواهد شد. نیازی به استفاده از پیش‌نیازهایی که میان گزینه‌ها تفاوتی ایجاد نمی‌کنند، نیست.

پیش نیاز در این تعیین اولویت بندی فناوری ها، برطرف نمودن حداقل یک چالش صنعت برق توسط آن فناوری می‌باشد. ارتباط چالش‌ها و فناوری‌ها در جدول ۳-۵۶ فصل ۳ گزارش حاضر آورده شده است. بر اساس این جدول کلیه فناوری‌های مورد بررسی در جهت رفع چالش ها موثر می باشند.

قدم ۳: تدوین اهداف

اهداف، بیانیه‌های گسترده‌ای از ارزش‌های برنامه‌ریزی شده مطلوب و مورد علاقه است. مثال‌هایی از اهداف عبارتند از:

- کاهش خطر تشعشعات روی کارگران
- کاهش هزینه‌ها
- کاهش ریسک عمومی

اهداف از حداقل‌های ضروری (پیش‌نیازها) فراتر رفته و به خواسته‌ها و مطلوب‌ها میل می‌کند. می اهداف را باید بصورت مثبت بیان کرد (بجای استفاده از واژه‌ی نباید از واژه‌ی باید استفاده شود.). به علت استفاده‌ی اهداف در تعیین گزینه‌های برتر (یعنی تعریف مطلوب مسئله با جزئیات بیشتر)، آن‌ها مقدم بر گزینه‌ها تعیین می‌شوند.

گاهی اهداف متعارض هستند. این موضوع نه غیرمعمول بوده و نه موجب ایجاد نگرانی می‌شود. در خلال تعریف اهداف، رفع تعارض میان آن‌ها و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها ضروری نیست. ممکن است، فرآیند تدوین اهداف منجر به تعیین پیش‌نیازهای جدید یا بازنگری‌شده یا پیش‌نیازهایی که باید به اهداف تبدیل گردند، شود. در هر مطالعه‌ای، فهم پیش‌نیازها و اهداف، برای تعیین گزینه‌ها مهم است.

هدف در این پروژه تعیین پروژه‌هایی با اولویت در جهت حل چالش‌های ICT ساختارهای نوین صنعت برق به گونه‌ای است که در آینده گروهی پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرو و معتبر در زمینه ICT صنعت برق باشد.

قدم ۴: شناسایی راه‌حل‌ها

راه‌حل‌ها (گزینه‌ها) رویکردهای مختلفی را به منظور تبدیل شرایط فعلی به شرایط مطلوب پیشنهاد می‌کنند. تیم تصمیم‌گیری، پیش‌نیازها و اهداف را ارزیابی کرده و گزینه‌هایی که پیش‌نیازها را دارا بوده و اهداف را در حد امکان برآورده می‌کنند پیشنهاد می‌دهد. عموماً، توانایی گزینه‌ها در دارا بودن پیش‌نیازها و برآورده ساختن اهداف متفاوت است. گزینه‌هایی که دارای پیش‌نیازها نبوده می‌بایست برای مطالعات بعدی جدا شوند. در صورت عدم برآورده شدن پیش‌نیازی برای یک گزینه، سه عمل زیر قابل انجام است:

- حذف گزینه
- تغییر یا حذف پیش‌نیاز
- بازگویی پیش‌نیاز بصورت یک هدف

توصیف هر گزینه می‌بایست نشان‌دهنده‌ی راه حل مسئله‌ی تعریف‌شده توسط آن باشد. همچنین، توصیف هر گزینه، دربرگیرنده‌ی تفاوت آن با دیگر گزینه‌ها است.

قدم ۵: تعریف معیارها

معمولاً هیچ گزینه‌ای در رابطه با همه‌ی اهداف بهترین نخواهد بود. این موضوع، علت مقایسه‌ی گزینه‌ها با یکدیگر است. بهترین گزینه، نزدیک‌ترین آن‌ها به اهداف است. معیارهای تصمیم‌گیری که میان گزینه‌ها ایجاد تفاوت می‌کنند، می‌بایست بر پایه‌ی اهداف بنا شوند. تعریف معیارها بصورت شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری اهداف ضروری است. این تعریف معیارها نمایانگر میزان حصول اهداف پروژه توسط هر یک از گزینه‌ها است.

هر معیار می‌بایست نمایانگر موضوعی مهم بوده و به دیگر معیارها وابسته نباشد. هر معیار باید در میان گزینه‌های مختلف بطور معنی‌داری تمایز ایجاد کند. برای مثال، در صورت همرنگ بودن همه‌ی گزینه‌ها در یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری یا بی‌تفاوت بودن رنگ گزینه‌ها برای تصمیم‌گیر، رنگ یک معیار نخواهد بود.

شرایط مورد نیاز برای مجموعه‌ی معیارها:

- کامل (شامل همه‌ی اهداف)
- عملیاتی (معنادار برای فهم تصمیم‌گیر از عواقب هر گزینه)
- غیر تکراری (پرهیز از بازشماری)

- تعداد کم (برای قابل کنترل ماندن ابعاد مسئله)

استفاده از تعداد کمی از ابعاد ممیزهای (منظور معیارهاست) واقعی، منجر به تحلیل مسئله‌ی قابل‌فهم‌تری خواهد شد؛ چرا که، از پیچیدگی مسئله کاسته شده است. هر هدف حداقل یک معیار ایجاد خواهد کرد. در صورتی که هدفی منجر به تعریف هیچ معیاری نشود، می‌بایست حذف شود.

برخی روش‌ها برای تسهیل در انتخاب معیارها قابل استفاده هستند:

- طوفان فکری
- میزگرد (مجمع)[1]
- روش معکوس
- معیارهای از پیش تعیین‌شده

طوفان فکری: ابزاری مهم است که به وسیله‌ی گروه پشتیبان (تیم تحلیل‌گر)، برای تعیین، تحلیل و توسعه‌ی مسئله، گزینه‌های ممکن و معیارها بکار گرفته می‌شود. طوفان فکری تکنیکی برای استفاده‌ی غیر محسوسات[2] در تولید ایده‌ها است. لازم به بیان است که تفکر خلاق و متفاوت، در این گام، ضروری است. در فرآیند طوفان فکری هیچ ایده‌ای در فرآیند در ابتدا مورد انتقاد قرار نگرفته و همگی ایده‌ها ضبط می‌شوند. پس از اتمام طوفان فکری، ایده‌ها پذیرش، پالایش، ترکیب و یا کنار گذاشته می‌شوند.

میزگرد: در این تکنیک از اعضای تیم بطور جداگانه درباره‌ی اهداف و معیارهای مربوط به آن‌ها پرسیده می‌شود. کسب اطلاعات اولیه در رابطه با ایده‌ها می‌بایست بدون قضاوت انجام پذیرد (همگی ایده‌ها پیش از شروع انتقادها ضبط می‌گردد).

در صورت تفاوت زیاد در رتبه و موقعیت افراد شرکت‌کننده، استفاده از روش نظامی می‌تواند مفید باشد. در روش نظامی، از افراد با رتبه‌ی پایین‌تر، زودتر سؤال می‌شود. این عمل به منظور جلوگیری از تحت تاثیر قرار گرفتن افراد از افراد با رتبه‌ی بالاتر صورت می‌پذیرد.

روش معکوس: در این روش، اعضای تیم گزینه‌های موجود را در نظر گرفته، تفاوت میان آن‌ها را تعیین کرده و معیارهای نمایانگر این تفاوت‌ها را توسعه می‌دهند.

معیارهای از پیش تعیین‌شده: ذی‌نفعان و تصمیم‌گیران برخی از معیارها را فراهم می‌کنند. معیارها، همچین می‌توانند از راه مرور ادبیات و مطالعه‌ی کارهای انجام‌شده‌ی مشابه، تعیین اعتبار تعریف شوند.

ورودی‌ها از تصمیم‌گیران برای توسعه‌ی معیارهای مناسب ضروری هستند. همچنین، تایید تصمیم‌گیر، پیش از بکارگیری معیارها در ارزیابی گزینه‌ها حیاتی است.

در این پروژه بر اساس روش طوفان فکری با نظر سنجی از خبرگان معیارهای زیر برای انتخاب فناوری در نظر گرفته شده اند:

۱- نوظهوری فناوری: در این معیار زیر معیارهای زیر مد نظر می‌باشد:

a. آیا فناوری مورد نظر اخیرا (در پنج سال گذشته) در محافل بین المللی فناوری مطرح شده است ؟

b. آیا فناوری مورد نظر اخیرا در کشور (در سه سال گذشته) مطرح شده است ؟

c. آیا فناوری مورد نظر اخیرا در گروه (در یک سال گذشته) مطرح شده است ؟

۲- فراگیر بودن فناوری: در این معیار زیر معیارهای زیر مد نظر می‌باشد:

a. حجم پروژه های صنعتی یا پایلوت فناوری مورد نظر را در دنیا چگونه ارزیابی می کنید؟

b. تعداد مقالات و پتنت های این فناوری در دنیا را چگونه ارزیابی می کنید؟

۳- پایه‌ای بودن فناوری

a. فناوری مورد نظر تا چه حد در ایجاد بستر توسعه فناوری های دیگر کاربرد دارد؟

1.Round Robin

2.subconscious

b. فناوری مورد نظر در ایجاد و توسعه مشاغل فناورانه ، سرمایه انسانی خبره و شرکت های دانش بنیان به چه میزان مؤثر است (آیا می شود با این فناوری شرکت دانش بنیان تاسیس کرد)؟

c. میزان مؤثربودن فناوری در ایجاد و یا ورود به بازارهای جدیدداخلی و بین المللی بر پایه صادرات محصولات فناورانه را چگونه ارزیابی می کنید؟

d. میزان مؤثربودن فناوری بر اقتصاد و ارتقای بهره‌وری صنعت برق را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

۴- قابلیت اجرایی بودن فناوری

a. آیا فناوری مورد نظر برای اجرا دارای زیرساختهای قانونی و فنی مناسب می‌باشد؟

b. شرکتهای توانمند داخلی جهت توسعه فناوری مذکور در حال حاضر وجود دارند؟

c. توسعه فناوری مذکور در در چشم انداز ۱۴۰۴ میسر است؟

d. منابع مورد نیاز در کشور جهت توسعه فناوری مذکور قابل تامین است؟

قدم ۶: انتخاب یک تکنیک تصمیم‌گیری

ابزارهای تحلیل تصمیم، فرآیندهای منطقی (پروسه‌های نظام‌مند) برای اعمال تفکر منتقدانه (ارزیابانه) بر اطلاعات، داده‌ها و تجارب برای اتخاذ تصمیمی متعادل، زمانی که انتخاب میان گزینه‌ها ناواضح باشد، هستند. ابزارهای تحلیل تصمیم، اعمال مهارت‌های تفکر منتقدانه برای تجمیع پاسخ‌ها به سؤالات مطرح درباره‌ی مسئله را از راه‌های نظام‌مند فراهم می‌کنند. قدم‌های موجود در این روش‌ها عبارتند از تبیین هدف، ارزشیابی گزینه‌ها، ارزیابی ریسک و فایده‌ها و تصمیم‌گیری. این قدم‌ها معمولاً شامل امتیازدهی به معیارها و گزینه‌ها نیز هستند.

از میان ابزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، نمی‌توان یک ابزار را بهترین آن‌ها دانست. هر یک از ابزارهای تصمیم‌گیری برای شرایط خاصی از تصمیم‌گیری مناسب هستند. همان‌طور که بیان شد، بطور کلی می‌توان ابزارهای تصمیم‌گیری را به دو دسته‌ی کیفی و کمی تقسیم کرد. در هر یک از دسته‌های ابزارهای تصمیم‌گیری، ابزارهای متعددی یافت می‌شود. با توجه به شرایط مسئله، میزان کاربرد ابزار در زمینه‌ی مورد مطالعه و انتظارات تحلیل‌گران و تصمیم‌گیران از ابزار، مناسب‌ترین آن‌ها برای مسئله‌ی موردنظر انتخاب می‌شود. در بخش‌های بعدی به معرفی این ابزارها پرداخته می‌شود.

با توجه به اینکه مسئله مورد بررسی در پروژه یک مسئله گسسته است لذا در این پروژه مدل یک مدل گسسته مد نظر می‌باشد. با توجه به اینکه معیارهای انتخاب فناوری به طور مثال نوظهوری، قابلیت اجرایی و غیره می توانند بر یکدیگر اثر گذار باشند و بالابودن یک معیار می تواند کاستی معیار دیگر را تا حدی جبران کند لذا در این پروژه مدل های جبرانی مد نظر می‌باشد. با توجه به اینکه در انتخاب فناوری ها با اولویت بالا از نظرات خبرگان در این خصوص استفاده می‌شود. لذا مدل مد نظر، مدل گروهی است. لذا نیاز به ابزاری داریم که یک مدل چند شاخصه جبرانی باشد که در این پروژه از روش SAW به این منظور استفاده شده است.

۱-۳-۵-روش مجموع وزین ساده (SAW)

این روش در سال ۱۹۸۱ توسط هدانگ و یون ارائه شده است. این روش یکی از قدیمی‌ترین روش‌های بکارگیری شده در MADM است به طوریکه با مفروض بودن بردار اوزان از شاخص ها برای آن، مناسب ترین گزینه مناسب ترین گزینه به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$A^{*}=\left\{A_i \mid \max \frac{\sum_{j=1}^{n} w_i\, r_{ij}}{\sum w_j}\right\}$$

و چنانچه باشد، داریم:

$$A^{*}=\left\{A_i \mid \max \sum_{j=1}^{n} w_i\, r_{ij}\right\}$$

این روش نیاز به مقیاس‌های و با اندازه گیری های ((بی مقیاس شده)) دارد که بتوان آنها را با یکدیگر مقایسه نمود. یعنی برای هر معیار باید در صورت مثبت بودن آن معیار امتیاز گزینه ها بر بالاترین امتیاز گزینه ها نسبت به آن معیار و در صورت منفی بودن باید بر کمترین امتیاز گزینه ها نسبت به آن معیار تقسیم شود.

رواین روش ساده ترین روش تصمیم گیری چند معیاره است. روش SAW به دلیل سهولتی که دارد محبوب ترین و رایج ترین روش در MADM است. این تکنیک زمانی کاربرد پیدا می‌کند که فرض کنیم گزینه ها مستقل یا مجزا از هم هستند. در این روش جهت تصمیم گیری، تنها به ماتریس تصمیم گیری و بردار وزن شاخص های ارزیابی نیاز می باشد. ماتریس تصمیم اهداف یا معیارها و گزینه‌ها و عملکرد هر گزینه روی معیارها را به صورت توام در یک ماتریس نشان می دهد. عناصر این ماتریس بیانگر عملکرد گزینه‌ها روی معیارها می‌باشد.

مراحل روش وزن دهی ساده (SAW) به صورت ساده به شرح زیر است:

۱- تشکیل ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم این روش شامل جدول است که ستون های آن را معیارها یا زیرمعیارها و سطرهای آن را گزینه ها تشکیل می دهند و هر سلول این ماتریس ارزیابی هر گزینه نسبت به هر معیار است.

وزن		0.2	0.1	0.3	0.3
معیارها		+	+	+	-
		C1	C2	C3	C4
A1		7	5	5	4
A2		6	1	5	2
A3		2	4	4	1
A4		3	3	7	9
A5		1	4	1	3

۲- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم: برای بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم در روش SAW به طریق زیر عمل می کنیم.

a. اگر معیار مثبت باشد: تک تک اعداد آن ستون را بر بزرگترین عدد تقسیم می کنیم.

b. اگر معیار منفی باشد: مینیمم آن ستون تقسیم بر تک تک اعداد می شود.

	C1	C2	C3	C4
A1	1	1	0.714286	0.25
A2	0.857143	0.2	0.714286	0.5
A3	0.285714	0.8	0.571429	1
A4	0.428571	0.6	1	0.111111
A5	0.142857	0.8	0.142857	0.333333

۳- ۴. تشکیل ماتریس وزن دار: در این گام با توجه به وزن های محاسبه شده از روشهای دیگر ماتریس وزن دار را بدست می آوریم.

	C1	C2	C3	C4
A1	0.2	0.1	0.214286	0.075
A2	0.171429	0.02	0.214286	0.15
A3	0.057143	0.08	0.171429	0.3
A4	0.085714	0.06	0.3	0.033333

A5	0.028571	0.08	0.042857	0.1

۴- ۵.انتخاب گزینه برتر: با جمع سطری ماتریس وزن ها امتیاز هر گزینه محاسبه می شود. و بر اساس آن گزینه ها رتبه بندی می شوند.

رتبه	امتیاز نهایی
2	0.589286
3	0.555714
1	0.608571
4	0.479048
5	0.251429

در این روش به منظور تعیین وزن معیارها باید از روشهای دیگر نظیر AHP و یا آنتروپی شانون محاسبه شود.
در این پروژه بر اساس روش SAW ماتریس تصمیمی در قالب یک فایل اکسل ساخته شد و امتیاز فناوری با توجه به امتیاز داده شده خبرگان به هر یک معیارها برای هر فناوری و ضرب امتیاز آن معیار در وزن معیارها بدست آمده است. همچنین در این فایل اکسل هر تصمیم گیرنده امتیاز خوداظهاری در خصوص هر فناوری از ۱۰۰ به خود اختصاص داده است به گونه‌ای که جمع خوداظهاری هر فرد بر روی کل فناوری‌ها ۱۰۰ باشد. میانگین‌گیری از امتیاز فناوری‌ها به صورت ضرب امتیاز هر فناوری در ضریب خود اظهاری و جمع امتیازهای تصمیم گیرندگان و درنهایت تقسیم مجموع آن بر مجموع خوداظهاری‌ها بدست آمده است. همچنین در این پروه به منظور امتیاز دهی به معیارها از روش AHP استفاده شده است.

۲-۳-۵- تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] یکی از معروفترین فنون تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی عراقی الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. فرایند تحلیل سلسله مراتبی منعکس کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آنها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن می‌پردازد.
فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم گیرنده با فراهم ساختن درخت سلسله مراتب تصمیم‌گیری کار تحلیل را شروع می کند. در سطح صفر هدف تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد و در سطح اول شاخص‌ها (معیارها) و در سطح دوم نیز گزینه‌ها جهت اولویت بندی قرار دارند که ممکن است با توجه به نوع مساله تعداد سطوح معیارهای اصلی و فرعی بیشتر باشد.
ساختار سلسله مراتبی شامل چهار سطح می‌باشد که سطح اول را هدف و سطح دوم را معیارهای اصلی، سطح سوم را معیارهای فرعی و سطح چهارم گزینه ها تشکیل داده اند. که از روش AHP برای تعیین اوزان معیارها و گزینه‌ها می تواند استفاده می شود که در این پروژه هدف تعیین اوزان معیارها می‌باشد.
در روش AHP مقایسه زوجی بین هر کدام از سطوح معیارها انجام می‌گیرد و به کمک نرم افزار Expert choice و پرسشنامه‌های مقایسه زوجی تحلیل و نرخ ناسازگاری آنها تعیین می‌شود. چنانچه نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد مقایسه های زوجی انجام گرفته شده قابل قبول می‌باشد.

[1] *Analytical Hierarchy Process*

در این پروژه از پرسشنامه زیر جهت تعیین اوزان استفاده شده است. در پرسشنامه درجه اهمیت بر اساس مقایسات زوجی به صورت زیر در نظر گرفته شد.

درجه اهمیت بر اساس مقایسات زوجی عوامل					
ترجیح یکسان	کمی بهتر(مهم‌تر)	بهتر(مهم‌تر)	خیلی بهتر(مهم‌تر)	کاملاً بهتر(مهم‌تر)	بینابین
۱	۳	۵	۷	۹	۸-۶-۴-۲

در این پرسشنامه اعداد ۸-۶-۴-۲ ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد، به‌عنوان مثال۶، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۵ و پایین‌تر از ۷ است.

در مقایسات زوجی، به هنگام مقایسه دو عامل، درصورتی‌که ترجیح با مورد سمت چپ (عامل A) باشد، در یکی از خانه¬های واقع در سمت چپ جدول و درصورتی‌که ترجیح با مورد سمت راست(عامل B) باشد، در یکی از خانه¬های سمت راست جدول، با توجه به میزان اهمیت ذکرشده در جدول فوق، علامت¬گذاری خواهیم کرد.

معیار A	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	معیار B

در این پرسشنامه نرخ ناسازگاری در روشAHP سنجیده می‌شود و بر طبق استاندارد نرخ ناسازگاری باید کمتر از ۰.۱ باشد تا نتایج ارزیابی قابل قبول باشد. مفهوم ناسازگاری را به طور ساده می توان به این صورت بیان نمود که اگر بگوییم A نسبت به B بهتر است و بعد بگوییم B نسبت به C بهتر است در نتیجه به طور منطقی باید بگوییم که A نسبت به C خیلی بهتر است. نتایج جواب‌های پرسشنامه از لحاظ نرخ ناسازگاری در نرم‌افزار Expert choice بررسی شده است.

این پرسشنامه از بخش‌های زیر تشکیل شده است:

بخش الف- مقایسات معیارهای اصلی

در این قسمت نظر تصمیم‌گیر در خصوص اینکه کدامیک از معیارهای اصلی زیر بر انتخاب بهترین فناوری جهت توسعه دانش در گروه تاثیر گذار می‌باشد و نسبت به دیگری ارجحیت بیشتری دارد و به چه میزان، پرسیده می‌شود.

معیار A	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	معیار B
نوظهوری فناوری	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	فراگیر بودن
نوظهوری فناوری	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	پایه ای بودن
نوظهوری فناوری	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	قابلیت اجرایی
فراگیر بودن	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	پایه ای بودن
فراگیر بودن	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	قابلیت اجرایی
پایه ای بودن	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	قابلیت اجرایی

بخش ب . مقایسه زیر معیارها با توجه به معیار نوظهوری

در این قسمت نظر تصمیم‌گیر با توجه به زیر معیارهای زیر که بر انتخاب بهترین فناوری تاثیر گذار می باشد و اینکه کدام یک ارجحیت بیشتری دارد و به چه میزان پرسیده می‌شود.

معیار A	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	معیار B
آیا فناوری مورد نظر اخیرا (در پنج سال گذشته) در محافل بین المللی فناوری مطرح شده است ؟	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	آیا فناوری مورد نظر اخیرا در کشور (در سه سال گذشته) مطرح شده است ؟
آیا فناوری مورد نظر اخیرا (در پنج سال گذشته) در محافل بین المللی فناوری مطرح شده است ؟	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	آیا فناوری مورد نظر اخیرا در گروه (در یک سال گذشته) مطرح شده است ؟
آیا فناوری مورد نظر اخیرا در کشور (در سه سال گذشته) مطرح شده است ؟	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	آیا فناوری مورد نظر اخیرا در گروه (در یک سال گذشته) مطرح شده است ؟

بخش ج- مقایسه زیر معیارها با توجه به معیار فراگیر بودن

در این قسمت نظر تصمیم‌گیر با توجه به زیر معیارهای زیر که بر انتخاب بهترین فناوری تاثیر گذار می‌باشد و اینکه کدام یک ارجحیت بیشتری دارد و به چه میزان پرسیده می‌شود.

معیار B	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	معیار A
حجم پروژه های صنعتی یا پایلوت فناوری مورد نظر را در دنیا چگونه ارزیابی می کنید؟	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	تعداد مقالات و پتنت های این فناوری در دنیا را چگونه ارزیابی می کنید؟ تعداد مقالات و پتنت های این فناوری در دنیا را چگونه ارزیابی می کنید؟

بخش د- مقایسه زیر معیارها با توجه به معیار پایه ای بودن فناوری

در این قسمت نظر تصمیم‌گیر با توجه به زیر معیارهای زیر که بر انتخاب بهترین فناوری تاثیرگذار می‌باشد و اینکه کدام یک ارجحیت بیشتری دارد و به چه میزان پرسیده می‌شود.

معیار A	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	معیار B
فناوری مورد نظر تا چه حد در ایجاد بستر توسعه فناوری های دیگر کاربرد دارد؟	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	فناوری مورد نظر در ایجاد و توسعه مشاغل فناورانه ، سرمایه انسانی خبره و شرکت های دانش بنیان به چه میزان مؤثر است (آیا می شود با این فناوری شرکت دانش بنیان تاسیس کرد)؟
فناوری مورد نظر تا چه حد در ایجاد بستر توسعه فناوری های دیگر کاربرد دارد؟	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	میزان مؤثربودن فناوری در ایجاد و یا ورود به بازارهای جدیدداخلی و بین المللی بر پایه صادرات محصولات فناورانه را چگونه ارزیابی می کنید؟
فناوری مورد نظر تا چه حد در ایجاد بستر توسعه فناوری های دیگر کاربرد دارد؟	۹		۷		۵		۳		۱		۳		۵		۷		۹	میزان مؤثربودن فناوری بر اقتصاد و ارتقای بهره وری صنعت برق را چگونه ارزیابی می کنید؟

فناوری مورد نظر در ایجاد و توسعه مشاغل فناورانه ، سرمایه انسانی خبره و شرکت های دانش بنیان به چه میزان مؤثر است (آیا می شود با این فناوری شرکت دانش بنیان تاسیس کرد)؟	٩			٧			٥			٣			١			٣			٥			٧			٩	میزان مؤثربودن فناوری در ایجاد و یا ورود به بازارهای جدیدداخلی و بین المللی بر پایه صادرات محصولات فناورانه را چگونه ارزیابی می کنید؟
فناوری مورد نظر در ایجاد و توسعه مشاغل فناورانه ، سرمایه انسانی خبره و شرکت های دانش بنیان به چه میزان مؤثر است (آیا می شود با این فناوری شرکت دانش بنیان تاسیس کرد)؟	٩			٧			٥			٣			١			٣			٥			٧			٩	میزان مؤثربودن فناوری بر اقتصاد و ارتقای بهره وری صنعت برق را چگونه ارزیابی می کنید؟
میزان مؤثربودن فناوری در ایجاد و یا ورود به بازارهای جدیدداخلی و بین المللی بر پایه صادرات محصولات فناورانه را چگونه ارزیابی می کنید؟	٩			٧			٥			٣			١			٣			٥			٧			٩	میزان مؤثربودن فناوری بر اقتصاد و ارتقای بهره وری صنعت برق را چگونه ارزیابی می کنید؟

بخش هـ . مقایسه زیر معیارها با توجه به معیار قابلیت اجرایی بودن فناوری

در این قسمت نظر تصمیم‌گیر با توجه به زیر معیارهای زیر که بر انتخاب بهترین فناوری تاثیر گذار می‌باشد و اینکه کدام یک ارجحیت بیشتری دارد و به چه میزان پرسیده می‌شود.

معیار A	٩			٧			٥			٣			١			٣			٥			٧			٩	معیار B
آیا فناوری مورد نظر برای اجرا دارای زیرساختهای قانونی و فنی مناسب می باشد؟	٩			٧			٥			٣			١			٣			٥			٧			٩	شرکتهای توانمند داخلی جهت توسعه فناوری مذکور در حال حاضر وجود دارند؟
آیا فناوری مورد نظر برای اجرا دارای زیرساختهای قانونی و فنی مناسب می باشد؟	٩			٧			٥			٣			١			٣			٥			٧			٩	توسعه فناوری مذکور در در چشم انداز ١۴٠۴ میسر است؟
آیا فناوری مورد نظر برای اجرا دارای زیرساختهای قانونی و فنی مناسب می باشد؟	٩			٧			٥			٣			١			٣			٥			٧			٩	منابع مورد نیاز در کشور جهت توسعه فناوری مذکور قابل تامین است؟
شرکتهای توانمند داخلی جهت توسعه فناوری مذکور در حال حاضر وجود دارند؟	٩			٧			٥			٣			١			٣			٥			٧			٩	توسعه فناوری مذکور در در چشم انداز ١۴٠۴ میسر است؟

شرکتهای توانمند داخلی جهت توسعه فناوری مذکور در حال حاضر وجود دارند؟	۹			۷			۵			۳			۱			۳			۵			۷			۹	منابع مورد نیاز در کشور جهت توسعه فناوری مذکور قابل تامین است؟
توسعه فناوری مذکور در در چشم انداز ۱۴۰۴ میسر است؟	۹			۷			۵			۳			۱			۳			۵			۷			۹	منابع مورد نیاز در کشور جهت توسعه فناوری مذکور قابل تامین است؟

قدم ۷: بکارگیری ابزار

با توجه به شرایط مسئله، گزینه‌ها می‌توانند به وسیله‌ی روش‌های کمی، کیفی و ترکیب آن‌ها ارزیابی شوند. در بکارگیری ابزار، در صورت برابر نبودن اهمیت نسبی معیارها، به هر یک از آن‌ها وزنی اختصاص داده می‌شود. با انجام این کار، رتبه‌بندی گزینه‌ها به اهداف مورد نظر نزدیک‌تر خواهد بود. همچنین، تحلیل حساسیت و عدم قطعیت را می‌توان به منظور افزایش کیفیت فرآیند تصمیم بکار گرفت. در این قدم، تحلیل‌گران مجرب فهم مورد نیاز از ابزار انتخابی را برای تصمیم‌گیران فراهم می‌کنند.

در این پروژه در جهت تعیین اوزان معیارها به جای استفاده از نرم افزار Expert choice از فایل اکسل AHPcalc vers 27.8.1[1] که عملکرد آن با نرم افزار Expert choice صحت سنجی شده، استفاده شده است که یک محاسبه کننده AHE به صورت گروهی است [۴۶۰].

[1] This work is licensed under the Creative Commons Attribution-Noncommercial – Singapore License

قدم ۸: بررسی راه‌حل

پس از انتخاب بهترین گزینه توسط فرآیند تصمیم‌گیری، گزینه‌ی منتخب برای حصول اطمینان از برآورده‌سازی هدف مسئله، می‌تواند بررسی شود. گزینه‌ی نهایی، می‌بایست شرایط مطلوب را برآورده ساخته، پیش‌نیازها را دارا بوده و اهداف را به بهترین وجه حاصل کند. پس از اعتبارسنجی گزینه‌ی منتخب، تیم پشتیبان تصمیم‌گیری می‌توانند آن را به عنوان گزینه‌ی منتخب پیشنهاد دهند [۴۵۹].

در نهایت پس از اولویت بندی فناوری ها به روش شرح داده شده اولویت بندی فناوریها مورد صحت سنجی قرار گرفت.

٤-٥- اولویت‌بندی فناوری‌هایICT صنعت برق بر اساس معیارهای ارزیابی

با توجه به توضیحات ارائه شده، به طور کلی پس از بررسی انواع معیارهای ارزیابی و انواع فناوری‌های ICT صنعت برق در کشور، به طور کلی جهت اولویت‌بندی فناوری‌های ICT صنعت برق مراحل زیر انجام گردید:

گام اول: تعیین خبرگان حوزه فناوری‌های ICT جهت انجام وزن‌دهی به معیارها و مقایسه گزینه‌ها با پر کردن پرسشنامه

گام دوم: تعیین امتیاز و رتبه‌بندی فناوری‌های ICT صنعت برق بر اساس هر یک از معیارهای اولویت‌بندی

گام سوم: تلفیق اوزان معیارها و رتبه‌های فناوری‌ها مذکور در هر معیار و بدست آمدن رتبه‌بندی نهایی

خبرگان در حوزه فناوری‌های ICT در صنعت برق، که در این پروژه از نظرات آن‌ها استفاده شده است، به شرح زیر می‌باشند:

- خانم مهندس سید فرشی
- خانم مهندس مرتضوی
- خانم مهندس عابدی
- خانم مهندس صدیقی
- خانم مهندس شریف پور
- خانم مهندس رحمانی
- خانم مهندس آهنج
- آقای دکتر جبارپور
- آقای دکتر ظهیر
- آقای دکتر صغیری
- آقای دکتر طریحی
- آقای دکتر مظفری پور
- آقای مهندس سلیمی
- آقای دکتر یزدیان

پس از مشخص شدن نظرات خبرگان در خصوص معیارها با استفاده از فایل اکسل AHPcalc اوزان معیارها به صورت زیر محاسبه گردید.

۱- نوظهوری ۲۸.۶٪ – امتیاز زیر معیارهای نوظهوری به صورت زیر تعیین گردید:

a. آیا فناوری مورد نظر اخیرا (در پنج سال گذشته) در محافل بین المللی فناوری مطرح شده است ؟ ۱۶.۸٪

b. آیا فناوری مورد نظر اخیرا در کشور (در سه سال گذشته) مطرح شده است ؟ ۶.۴٪

c. آیا فناوری مورد نظر اخیرا در گروه (در یک سال گذشته) مطرح شده است ؟ ۵.۴٪

۲- فراگیر بودن فناوری ۲۰.۲٪: امتیاز زیر معیارهای فراگیر بودن به صورت زیر تعیین گردید:

a. حجم پروژه های صنعتی یا پایلوت فناوری مورد نظر را در دنیا چگونه ارزیابی می کنید؟ ۱۴.۱٪

b. تعداد مقالات و پتنت های این فناوری در دنیا را چگونه ارزیابی می کنید؟ ۶.۱٪

۳- پایه ای بودن فناوری۲۴.۶٪– امتیاز زیر معیارهای پایه‌ای بودن به صورت زیر تعیین گردید:

a. فناوری مورد نظر تا چه حد در ایجاد بستر توسعه فناوری های دیگر کاربرد دارد؟ ٪۵.۶
b. فناوری مورد نظر در ایجاد و توسعه مشاغل فناورانه ، سرمایه انسانی خبره و شرکت های دانش بنیان به چه میزان مؤثر است (آیا می شود با این فناوری شرکت دانش بنیان تاسیس کرد)؟ ٪۳.۷
c. میزان مؤثربودن فناوری در ایجاد و یا ورود به بازارهای جدیدداخلی و بین المللی بر پایه صادرات محصولات فناورانه را چگونه ارزیابی می کنید؟ ٪۳.۷
d. میزان مؤثربودن فناوری بر اقتصاد و ارتقای بهره وری صنعت برق را چگونه ارزیابی می کنید؟ ٪۱۱.۶

۴- قابلیت اجرایی بودن فناوری ٪۲۶.۶- امتیاز زیر معیارهای قابلیت اجرایی بودن به صورت زیر تعیین گردید:

a. آیا فناوری مورد نظر برای اجرا دارای زیرساختهای قانونی و فنی مناسب می باشد؟ ٪۷.۷
b. شرکتهای توانمند داخلی جهت توسعه فناوری مذکور در حال حاضر وجود دارند؟ ٪۴.۲
c. توسعه فناوری مذکور در در چشم انداز ۱۴۰۴ میسر است؟ ٪۶.۰
d. منابع مورد نیاز در کشور جهت توسعه فناوری مذکور قابل تامین است؟ ٪۷.۸

نتایج اولویت‌بندی فناوری‌ها به روش شرح داده شده با در نظر گرفتن خوداظهاری بدست آمده است. بر اساس صحت‌سنجی انجام شده بر اساس وضعیت فناوری‌ها در کشور و جهان بر روی این نتایج، امکانات و دانش منابع انسانی گروه فناوری‌های با لولویت بالا به شرح زیر می‌باشند:

۱- داده (کلان داده، وب معنایی و گراف دانش)
۲- هوش مصنوعی
۳- بلاکچین
۴- محاسبات ابری و مه
۵- شبکه مخابراتی بلند برد سلولار
۶- رباتیک (با تمرکز بر پردازش سیگنال)
۷- محاسبات کوانتومی
۸- شبکه مخابرات نوری بی سیم
۹- مجازی‌سازی (همزاد دیجیتال، واقعیت مجازی افزوده و ترکیبی)
۱۰- شبکه‌های SDN/NFD

۵-۵- نتیجه گیری

در این مرحله اسناد مرتبط با حوزه ICT در خصوص چالش‌های فنی شبکه صنعت برق و انرژی مورد بررسی قرار گرفت و کفایت چالش‌ها تعیین شده در مرحله ۱ بر اساس مطالعات تطبیقی و نظر سنجی از خبرگان بر اساس این اسناد بررسی شدند. همچنین در این مرحله به بررسی مراکز تحقیقاتی معتبر در حوزه انرژی و محور تحقیقاتی ICT در دانشگاه‌ها،کنفرانس‌ها، شرکت-های تعیین کننده روند فنآوری پرداخته شد، فناوریهای کلیدی استخراج گردید. در ادامه ارتباط این فناوری‌ها در جهت رفع چالش‌ها بررسی شد. بر اساس بررسی‌های انجام شده، چالشهای فنی به وسیله فناوریهای تعیین شده قابل مرتفع شدن می‌باشند.
همچنین به منظور اولویت‌بندی ابتدا وضعیت موجود این فناوریها در کشور مورد بررسی قرار گرفت و سپس بر اساس روش SAW و AHP به اولویت‌بندی فناوری ها پرداخته شد و فناوری‌های اولویت دار مشخص شدند که فناوری ها مد نظر برای اجرای تعاریف پروژه مرتبط در مرحله بعد خواهند بود.

مراجع مرحله ۲

[۱]. "سیاست¬های کلی اقتصاد مقاومتی- مقام معظم رهبری- سال ۹۲، ." [Online]. Available: http://farsi.khamenei.ir/news-content?id=25370. [Accessed: 13-Dec-2019].

[۲]. "قانون برنامه پنجساله ششم توسعه جمهوری اسلامی ایران(۱۴۰۰ -۱۳۹۶), علمی اقتصادی شورای عالی استان ها" . [Online]. Available: http://economy.shoraha.org.ir/fa-IR/economy.shoraha.org%. [Accessed: 16-Dec-2019].

[۳]. "سند ملی راهبرد انرژی کشور دولت سال ۹۶", سند ملی راهبرد انرژی کشور، ۱۳۹۶ . [Online]. Available: https://www.mporg.ir/FileSystem/View/File.aspx?FileId=49fcd5c7-dda7-49ba-b7cc-ff78607be74d. [Accessed: 16-Dec-2019].

[۴]. برنامه وزیر محترم نیرو در دولت دوازدهم جناب آقای دکتر اردکانیان، ۱۳۹۶. [Online]. Available: https://ardakanian.net. [Accessed: 16-Dec-2019].

[۵]."برنامه راهبردی وزارت نیرو ۱۴۰۴ وزارت نیرو سال ۱۳۹۰", ۱۳۹۰ . [Online]. Available: http://www.nri.ac.ir/Portals/0/images/DRM. [Accessed: 16-Dec-2019].

[۶]."سند چشم انداز توانیر در افق ۱۴۰۴"، ." [Online]. Available: http://edca.ir/View_News.aspx?newsid=6744. [Accessed: 16-Dec-2019].

[۷]. ‘‘نقشه راه توسعه دولت الکترونیکی مشتمل بر: آیین نامه توسعه خدمات الکترونیکی دستگاههای اجرایی و ضوابط فنی اجرایی توسعه دولت الکترونیکی (مصوب شورای عالی فناوری اطلاعات)," ۱۳۹۳-http://it.ostan . [Online]. Available: sm.ir/dorsapax/userfiles/file/9242014_700AM_nahaeinnnn.pdf. [Accessed: 17-Dec-2019].

[۸]. " سیاستها و اولویتهای پژوهش و فنّاوری کشور در بازه زمانی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۰ "، ۱۳۹۶. [Online]. Available: https://www.atf.gov.ir/Content/media/filepool3/2019/7/245.pdf?t=636988871642436250. [Accessed: 17-Dec-2019].

[9] “Electric Power Research Institute,” 2019. [Online]. Available: https://smartgrid.epri.com. [Accessed: 06-Sep-2019].

[10] “European Network of Transmission System Oper ators for Electricity,” R&I Roadmap 2017 - 2026, 2019. .

[11] “Digitalization of the Energy System and Customer Participation: Description and recommendations of Technologies, Use Cases and Cybersecurity.” [Online]. Available: https://www.etip-snet.eu. [Accessed: 31-Aug-2019].

[12] C. K. Park, H. J. Kim, and H. S. Yoo, “Development of ICT Convergence and its Influences on Energy Sectors,” Korea Energy Econ. Inst., p. 30.

[13] “Arab Regional Reports.” [Online]. Available: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/ArabStates/Pages/Reports/Reports.aspx. [Accessed: 06-Sep-2019].

[14] “Electrical and Computer Engineering - College of Engineering - Carnegie Mellon University.” [Online]. Available: https://www.ece.cmu.edu/. [Accessed: 06-Jul-2019].

[15] ©Stanford University, Stanford, and California 94305, “EE Research at Stanford: The Big Picture,” Stanford EE, 20-Mar-2014. [Online]. Available: https://ee.stanford.edu/research/the-big-picture. [Accessed: 06-Jul-2019].

[16] Nath, R.P. and Balaji, V.N., 2014. Artificial intelligence in power systems. IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE) e-ISSN, pp.2278-0661.

[17] https://www.enline.ir/artificial-intelligence
[18]
https://courses.kntu.ac.ir/pluginfile.php/36344/mod_resource/content/3/1_Introduction.pdf
[19] http://www.artahub.ir/
[20] http://mediasoft.ir/
[21] https://blog.faradars.org/fuzzy-logic/
[22] https://infu.ir/
[۲۳]. محسن فتالله بیاتی، "بررسی مفهوم سیستم خبره و ارائه یک نمونه از کاربرد آن"، سال ۸۸
[24] Chakraborty, A. and A.K. Kar, Swarm intelligence: A review of algorithms, in Nature Inspired Computing and Optimization. 2017, Springer. p. 475-494.
[25] Ahmed, H. and J. Glasgow, Swarm intelligence: concepts, models and applications. School Of Computing ,Queens University Technical Report, 2012.
[26] Bai, H. and B. Zhao. A survey on application of swarm intelligence computation to electric power system. in 2006 6th World Congress on Intelligent Control and Automation. 2006. IEEE.
[27] . A. E. Eiben and M. Schoenauer, "Evolutionary computing," Information Processing Letters, vol. 82, no. 1, pp. 1–6, 2002.
[28] A. E. Eiben and J. E. Smith, Introduction to evolutionary computing, vol. 53. Springer, 2003.
[29] P. J. Werbos, "Computational intelligence for the smart grid-history, challenges, and opportunities," IEEE Computational Intelligence Magazine, vol. 6, no. 3, pp. 14–21, 2011.
[30] C. Bharathi, D. Rekha, and V. Vijayakumar, "Genetic algorithm based demand side management for smart grid," Wireless Personal Communications, vol. 93, no. 2, pp. 481–502, 2017.
[31]. H. Ghazzai, E. Yaacoub, M.-S. Alouini, and A. Abu-Dayya, "Optimized smart grid energy procurement for LTE networks using evolutionary algorithms," IEEE Transactions on vehicular technology, vol. 63, no. 9, pp. 4508–4519, 2014.
[32] . https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019
[33] .J. Garcia-Guarin et al., "Smart Microgrids Operation Considering a Variable Neighborhood Search: The Differential Evolutionary Particle Swarm Optimization Algorithm," Energies, vol. 12, no. 16, p. 3149, 2019.
[34] .Č. Stefanović, P. Popovski, L. Jorgušeski, and R. Sernec, "SUNSEED—An evolutionary path to smart grid comms over converged telco and energy provider networks," in 2014 4th International Conference on Wireless Communications, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems (VITAE), 2014, pp. 1–5.
[35] Gandomi, A. and M. Haider, Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. International Journal of Information Management, 2015. 35(2): p. 137-144.
[36] Diebold, F.X., A Personal Perspective on the Origin (s) and Development of'Big Data': The Phenomenon, the Term, and the Discipline, Second Version. 2012.
[37] Kaisler, S., et al. Big data: Issues and challenges moving forward. in System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on. 2013. IEEE.
[38] Hashem, I.A.T., et al., The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues. Information Systems, 2015. 47: p. 98-115.
[39] Arun, K. and D.L. Jabasheela, Big data: review, classification and analysis survey. International Journal of Innovative Research in Information Security (IJIRIS), 2014. 1(3): p. 17-23.

[40] Domingue, J., et al., Big data analysis, in New Horizons for a Data-Driven Economy. 2016, Springer. p. 63-86.

[41] Fan, J. and J. Lv, Sure independence screening for ultrahigh dimensional feature space. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 2008. 70(5): p. 849-911.

[42] Ginsberg, J., et al., Detecting influenza epidemics using search engine query data. Nature, 2009. 457(7232): p. 1012-1014.

[43] Fan, J., F. Han, and H. Liu, Challenges of big data analysis. National science review, 2014. 1(2): p. 293-314.

[44] Duggal, P.S. and S. Paul. Big Data Analysis: Challenges and Solutions. in International Conference on Cloud, Big Data and Trust. 2013.

[45] Borkar, V., M.J. Carey, and C. Li. Inside Big Data management: ogres, onions, or parfaits? in Proceedings of the 15th international conference on extending database technology. 2012. ACM.

[46] Savas, O., et al., Tactical big data analytics: challenges, use cases, and solutions. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 2014. 41(4): p. 86-89.

[47] Luo, S., Z. Wang, and Z. Wang, Big-data analytics: challenges, key technologies and prospects. ZTE Communications, 2013. 2: p. 11-17.

[48] Acharjya, D.P. and P. Kauser Ahmed, A survey on big data analytics: challenges, open research issues and tools. International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 2016. 7(2): p. 511-518.

[49] Rita Sallam, Cindi Howson, Carlie Idoine, "Augmented Analytics Is the Future of Data and Analytics" (Gartner), 2018

[50] https://www.smarten.com/blog/the-benefits-of-augmented-analytics/

[51] https://searchbusinessanalytics.techtarget.com/feature/The-benefits-and-challenges-of-augmented-data-discovery-tools

[۵۲] مزایا و کاربردهای تحلیل کلان داده‌ها در شبکه توزیع نیروی برق ، مرحله دوم پروژه "تحلیل کلان داده‌ها در شبکه توزیع نیروی برق"، ۱۳۹۷، پژوهشگاه نیرو: گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات

[53] Lorie, W., How big data will make us more energy efficient, from: https://www.weforum.org/agenda/2014/05/big-data-will-make-us-energy-efficient/

[54] Leeds, D.J., The soft grid 2013-2020: Big data & utility analytics for smart grid. GTM Research Report, 2012.

[55] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila, "The semantic web," Scientific american, vol. 284, no. 5, pp. 28–37, 2001.

[56] L. Feigenbaum, I. Herman, T. Hongsermeier, E. Neumann, and S. Stephens, "The semantic web in action," Scientific American, vol. 297, no. 6, pp. 90–97, 2007.

[57] J. Huiping, "Information Retrieval and the semantic web," in 2010 International Conference on Educational and Information Technology, 2010, vol. 3, pp. V3–461.

[58] J. Cuenca, F. Larrinaga, and E. Curry, "A Unified Semantic Ontology for Energy Management Applications.," in WSP/WOMoCoE@ ISWC, 2017, pp. 86–97.

[59] L. Otero-Cerdeira, F. J. Rodríguez-Martínez, and A. Gómez-Rodríguez, "Ontology matching: A literature review," Expert Systems with Applications, vol. 42, no. 2, pp. 949–971, 2015.

[60] J. J. V. Díaz, M. R. Wilby, A. B. R. González, and J. G. Muñoz, “EEOnt: An ontological model for a unified representation of energy efficiency in buildings,” Energy and Buildings, vol. 60, pp. 20–27, 2013.
[61] Tang, Y., Liu, T., Liu, G., Li, J., Dai, R. and Yuan, C., 2019. Enhancement of Power Equipment Management Using Knowledge Graph. arXiv preprint arXiv:1904.12242.
[62] https://thenextweb.com/podium/2019/06/11/what-is-a-knowledge-graph-and-how-does-one-work/
[63] Yuan, W., Zhang, K., Dai, Q., Peng, C. and Zhao, K., 2018, December. Construction and Application of Knowledge Graph in Full-service Unified Data Center of Electric Power System. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 452, No. 3, p. 032065). IOP Publishing.
[64] https://www.ontotext.com/knowledgehub/fundamentals/what-is-a-knowledge-graph/
[65] https://2018.semantics.cc/knowledge-graphs-are-rise
[66] Mookiah, L., Dean, C. and Eberle, W., 2017, May. Graph-based anomaly detection on smart grid data. In The Thirtieth International Flairs Conference.
[67] https://www.auto-grid.com/
[68] Kažič, B., Kenda, K. and Mladenić, D., 2018. Load forecasting for smart electricity distribution in SUNSEED project.
[69] Fonteijn, R., Castelijns, T., Grond, M., Nguyen, P.H., Morren, J. and Slootweg, H., 2019. Short-term load forecasting on MV/LV transformer level.
[70] D. Bonino, F. Corno, and L. De Russis, “Poweront: An ontology-based approach for power consumption estimation in smart homes,” in International Internet of Things Summit, 2014, pp. 3–8.
[71] T. G. Stavropoulos, D. Vrakas, D. Vlachava, and N. Bassiliades, “BOnSAI: a smart building ontology for ambient intelligence,” in Proceedings of the 2nd international conference on web intelligence, mining and semantics, 2012, p. 30.
[72]. P. Nakamoto, *Bitcoin: Ultimate guide to understanding blockchain, bitcoin, cryptocurrencies, smart contracts and the future of money*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.
[73]. F. Casino, T. K. Dasaklis, and C. Patsakis, "A systematic literature review of blockchain-based applications: current status, classification and open issues," *Telematics and Informatics*, 2018.
[74]. M. Crosby, P. Pattanayak, S. Verma, and V. Kalyanaraman, "Blockchain technology: Beyond bitcoin," *Applied Innovation*, vol. 2, no. 6-10, p. 71, 2016.
[75]. G. Kyriakarakos and G. Papadakis, "Microgrids for productive uses of energy in the developing world and blockchain: A promising future," ed: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2018.
[76]. Qiu RC, Hu Z, Chen Z, Guo N, Ranganathan R, Hou S, Zheng G, "Cognitive radio network for the smart grid: experimental system architecture, control algorithms, security, and microgrid testbed", *IEEE Trans Smart Grid (2011)*, 724–740
[77]. Yalcin T, Ozdemir M, "Noise cancellation and feature generation of voltage disturbance for identification smart grid faults". *16th international conference on environment and electrical engineering (EEEIC)*, 2016. IEEE, New Jersey, pp 1–6
[78]. Wei C, Wiesel A, Blum RS, "Change detection in smart grids using errors in variables models". *7th sensor array and multichannel signal processing workshop (SAM)*, 2012. IEEE, New Jersey, pp 17–20

[79]. Yang P, Tan Z, Wiesel A, Nehorai A, "State estimation with consideration of PMU phase mismatch for smart grids". *Innovative smart grid technologies (ISGT)*, 2013 IEEE PES. IEEE, New Jersey, pp 1–6

[80]. Zhu Z, Lambotharan S, Chin WH, Fan Z (2015) A game theoretic optimization framework for home demand management incorporating local energy resources. IEEE Trans Ind Inform 11(2):353–362

[81]. de Oliveira AL, Magrini LC, Kim HY, Carneiro E, Pínfari J, "Image processing as an integration tool between a dam safety system and smart grids", *Innovative smart grid technologies Latin America (ISGT LATAM)*, 2015 IEEE PES. IEEE, New jersey, pp 650–654

[82]. Ariff M, Pal BC, "Coherency identification in interconnected power system an independent component analysis approach", *IEEE Trans Power Systems* (2013):1747–1755

[83]. Alshahrani S, Abbod M, Alamri, "Detection and classification of power quality events based on wavelet transform and artificial neural networks for smart grids", *Smart grid (SASG), 2015 Saudi Arabia*. IEEE, New Jersey, pp 1–6

[84]. Uddin Z., Ahmad A., Qamar A., Altaf M., "Recent advances of the signal processing techniques in future smart grids", *Human-centric Computing and Information Sciences*, Dec 2018.

[85]. Varodayan D, Khisti A, "Smart meter privacy using a rechargeable battery: minimizing the rate of information leakage", *International conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP)*, 2011. IEEE, New Jersey, pp 1932–1935

[86]. Simonov M, Li H, Chicco G, "Gathering process data in low-voltage systems by enhanced event-driven metering", *IEEE Syst J 11*, 1755–1766

[87]. Yang P, Tan Z, Wiesel A, Nehorai A (2013) State estimation with consideration of PMU phase mismatch for smart grids. In: Innovative smart grid technologies (ISGT), 2013 IEEE PES. IEEE, New Jersey, pp 1–6

[88]. Alshahrani S, Abbod M, Alamri B (2015) Detection and classification of power quality events based on wavelet transform and artificial neural networks for smart grids. In: Smart grid (SASG), 2015 Saudi Arabia. IEEE, New Jersey, pp 1–6

[89]. Javadi A, Hamadi A, Ndtoungou A, Al-Haddad K (2017) Power quality enhancement of smart households using a multilevel-thseaf with a PR controller. IEEE Trans Smart Grid 8(1):465–474

[90]. Bollen MH, Das R, Djokic S, Ciufo P, Meyer J, Rönnberg SK, Zavodam F (2017) Power quality concerns in implementing smart distribution-grid applications. IEEE Trans Smart Grid 8(1):391–399

[91]. Vatani M, Sanjari M, Gharehpetian G, Noroozian M (2012) A new fast and reliable method for islanding detection based on transient signal. In: 2nd Iranian conference on smart grids (ICSG), 2012. IEEE, New Jersey, pp 1–4

[92]. Kermany SD, Joorabian M, Deilami S, Masoum MA (2016) Hybrid islanding detection in microgrid with multiple connection points to smart grids using fuzzy-neural network. IEEE Trans Power Syst 32:2640–2651

[93]. Manesh H, Lugrin G, Razzaghi R, Romero C, Paolone M, Rachidi F (2012) A new method to locate faults in power networks based on electromagnetic time reversal. In: 13th international workshop on signal processing advances in wireless communications (SPAWC), 2012. IEEE, New Jersey, pp 469–474

[94]. Wei C, Wiesel A, Blum RS (2012) Change detection in smart grids using errors in variables models. In: 7th sensor array and multichannel signal processing workshop (SAM), 2012. IEEE, New Jersey, pp 17–20

[95]. Richardson DB (2013) Electric vehicles and the electric grid: a review of modeling approaches, impacts, and renewable energy integration. Renew Sustain Energy Rev 19:247–254

[96]. Kwasinski A, Kwasinski A (2012) Signal processing in the electrification of vehicular transportation: techniques for electric and plug-in hybrid electric vehicles on the smart grid. IEEE Signal Process Mag 29(5):14–23

[97]. Gu IY, Bollen MH, Le CD (2011) Signal processing and classification tools for intelligent distributed monitoring and analysis of the smart grid. In: 2nd IEEE PES international conference and exhibition on innovative smart grid technologies (ISGT Europe), 2011. IEEE, New Jersey, pp 1–7

[98]. Tcheou MP, Lovisolo L, Ribeiro MV, da Silva EA, Rodrigues MA, Romano JM, Diniz PS (2014) The compression of electric signal waveforms for smart grids: state of the art and future trends. IEEE Trans Smart Grid 5(1):291–302

[99]. Vanus J, Belesova J, Martinek R, Nedoma J, Fajkus M, Bilik P, Zidek J (2017) Monitoring of the daily living activities in smart home care. Human-centric computing and information sciences, vol 7. Springer, Berlin, p 30

[100]. Boumkheld N, Ghogho M, El Koutbi M (2015) Energy consumption scheduling in a smart grid including renewable energy. J Inform Process Syst 11:116–124

[101] An Introduction to the Internet of Things (IoT)" (PDF). Cisco.com. San Francisco, California: Lopez Research. November 2013. Retrieved 23 October 2016.

[102] https://www.techopedia.com/definition/28247/internet-of-things-iot

[103] www.ictnic.com/learning/323-iot.html

[104] http://www.libelium.com/resources/top_50_iot_sensor_applications_ranking/

[105] http://iot.ieee.org/newsletter/march-2017/three-major-challenges-facing-iot.html

[106] Y. Saleem, N. Crespi, M. H. Rehmani, and R. Copeland, “Internet of things-aided Smart Grid: technologies, architectures, applications, prototypes, and future research directions,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 62962–63003, 2019.

[107] www.smarthomebus.com/Smart-Bus-9-in-1-Multifunction-Sensor-G4-SB-9in1T-CL-TIN-UPC-EAN-0610696253996.html

[108] www.myswitchmate.com

[109] www.prnewswire.com/news-releases/elster-launches-new-as300-residentialsmart-electricity-meter-to-meet-international-demand-for-advanced-smart-gridfunctionality-113029419.html
[110] www.chargepoint.com/
[111] www.technologyreview.com
[112] www.autoblog.com/2016/09/06/largest-ev-charging-station-norway
[113] newatlas.com/siemens-ehighway-autobahn-hesse/50907/
[114] www.archdaily.com/875701/worlds-first-smart-street-in-london-turnsfootsteps-into-energy
[115] https://www.philips.com/a-w/about/news/archive/standard/news/press/2015/20151106-Los-Angeles-is-the-worlds-first-city-to-deploy-Philips-SmartPole-Street-Lighting.html
[116] "Texas Instrument," Texas Instrument, [Online]. Available: https://www.ti.com/.
[117] General Electrics User Stories," [Online]. Available: https://www.ge.com/digital/stories.
[118] General Electic," General Electic, 2017. [Online]. Available: http://www.ge.com/.
[119] "IBM," IBM, [Online]. Available: www.ibm.com.
[120] "https://www-935.ibm.com/industries/energy/," [Online].
[121] J. Pan, R. Jain, S. Paul, T. Vu, A. Saifullah, and M. Sha, "An internet of things framework for smart energy in buildings: designs, prototype, and experiments," *IEEE Internet Things J.*, vol. 2, no. 6, pp. 527–537, 2015.
[122] S. Mohanty, B. N. Panda, and B. S. Pattnaik, "Implementation of a Web of Things based Smart Grid to remotely monitor and control Renewable Energy Sources," in *2014 IEEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science*, 2014, pp. 1–5.
[123] E. Spanò, L. Niccolini, S. Di Pascoli, and G. Iannacconeluca, "Last-meter smart grid embedded in an Internet-of-Things platform," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 6, no. 1, pp. 468–476, 2014.
[124] Samaresh Bera, Sudip Misra, Joel J. P. C. Rodrigues, "Cloud Computing Applications for Smart Grid: A Survey", IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems,2015.
[125] Sean Marston a, Zhi Li a, Subhajyoti Bandyopadhyay a, ı , Juheng Zhang a, Anand Ghalsasi" .Cloud computing — The business perspective ".Decision Support Systems(Elsevier, 2011.
[126] DMEurope' .German cloud computing market worth EUR 8.2 bln in 2015 .'http://professional.wsj.com /article/ TPDMEUR00020101007e6a700061.html.
[127] Eckhardt, Jens; Hilber LL.M, Marc; Giebichenstein ,Rüdiger; Niemann,Fabian; Helbing,Thomas;Weiss, Andreas" . Guidelines Cloud Computing German Law, Data Protection & Compliance ".EuroCloud .http://en.eurocloud.de/2011/03/04/eurocloud-guidelines-cloudcomputing-german-law-data-protection-and-compliance, 2011.
[128] Available: Http://www.elsevier.com/solutions/scopus/content, 2015
[129] .H. Kim, Y. J. Kim, K. Yang, and M. Thottan, "Cloud-based Demand Response for Smart Grid-Architecture and Distributed Algorithms," in Proc. of IEEE Intl. Conf. on SmartGridComm, 2011,pp. 398 – 403.
[130] C.-T. Yang, W.-S. Chen, K.-L. Huang, J.-C. Liu, W.-H. Hsu, and C.-H. Hsu, "Implementation of Smart Power Management and Service System on Cloud Computing," in Proc. of IEEE Intl. Conf. on UIC/ATC, 2012, pp. 924–929.
[131] T. Rajeev and S. Ashok, "A cloud computing approach for power management of microgrids," in Proc. of IEEE Conf. on ISGT, 2011,pp. 49 – 52.

[132] N. L. Soultanis, S. A. Papathanasiou, and N. d. Hatziargyriou,“A stability Algorithm for the Dynamic Analysis of Inverter Dominated Unbalanced LV Microgrids,” IEEE Trans. on Power Systems, vol. 22, no. 1, pp. 294–304, Feb. 2007

[133] H. Lv, F. Wang, A. Yan, and Y. Cheng, “Design of cloud data warehouse and its application in smart grid,” in Proc. of IEEE Intl. Conf. on ACAI, 2012, pp. 849–852.

[134] X. Fang, D. Yang, and G. Xue, “Evolving Smart Grid Information Management Cloudward: A Cloud Optimization Perspective,” IEEE Trans. on Smart Grid, vol. 4, pp. 111–119, 2013.

[135] Prosumer Flexibility Services for Smart Grid Management (Flex4Grid),2015-2018 https://cordis.europa.eu/project/rcn/194427/factsheet/en

[136] Secure Big Data Processing in Untrusted Clouds (SecureCloud), 2016-2018 https://cordis.europa.eu/project/rcn/200254/factsheet/en

[137] Smart system of renewable energy storage based on INtegrated EVs and bAtteries to empower mobile, Distributed and centralised Energy storage in the distribution grid Cloud based flexibility management system integrated with EVs and batteries 2017-2019 https://cordis.europa.eu/project/rcn/206504/results/en

[138] https://www.xendee.comdevelops next-generation cloud computing solutions for microgrid and smart grid project management and power system analysis

[139] https://aws.amazon.com/power-and-utilities/case-studies

[۱۴۰] هادی هرمزی، الهام هرمزی و آریا پوریا نسب، پردازش ابری مدل پرداش کاربرپسند، ماهنامه وب، شماره سال دوازدهم، ش ۱۳۳، تیرماه ۱۳۹۰

[141] Hu, P., Dhelim, S., Ning, H., and Qiu, T., “Survey on Fog Computing: Architecture, Key Technologies, Applications and Open Issues”, Journal of Network and Computer Applications, 2017.

[142] Yousefpour, A., Fung, C., Nguyen, T., Kadiyala, K., “All One Needs to Know about Fog Computing and Related Edge Computing Paradigms: A Complete Survey”, Journal of Systems Architecture, vol. 98, 2019.

[143] Peter, Nisha (2015) 'FOG Computing and Its Real-Time Applications', International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 5.(۶)

[144] Fog Computing and the Internet of Things: Extend the Cloud to Where the Things Are(۲۰۱۵).'

[145] "What Is Fog Computing (Fog Networking, Fogging)? - Definition From Whatis.Com". IoT Agenda. N.p., 2017. Web. 19 Mar. 2017.

[146] Peng, M., Li, Y., Zhao, Z., and Wang, C., “System architecture and key technologies for 5g heterogeneous cloud radio access networks”, IEEE Network, Vol. 29, No. 2, pp. 6–14, 2015.

[147] Aazam, M. and Huh, E.-N., “Fog computing and smart gateway based communication for cloud of things”, in 2014 International Conference on Future Internet of Things and Cloud, IEEE, 2014.

[148] S. B. Nath, H. Gupta, S. Chakraborty and S. K. Ghos: “A Survey of Fog Computing and Communication: Current Researches and Future Directions” IEEE Communication Surveys and Tutorials, April 2018

[149] Atos,Cloud-Fog-Edge for Utilities.2019

[150] Cisco, Cisco Fog Computing Solutions: Unleash the Power of the Internet of Things, 2015

[151] Five Reasons Why Your IoT Application Needs Fog Computing, Ryan Teng (Moxa Product Manager),2018

[152] K. Stouffer, S. Lightman, V. Pillitteri , M. Abrams, A. Hahn, " Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security", 2014
[153] Ani Bicaku, Silia Maksuti, Csaba Heged, Markus Tauber, Jerker Delsing2 and Jens Eliasson2 “Interacting with the Arrowhead Local Cloud: On-boarding Procedure”, 2018
[154] FutureFlow, “eTranding Solution for Electricity Balancing and Redispatching inEurope”, www.futureflow.eu
[155] https://www.securegrid-itea3.eu/overview
[156] https://smile-h2020.eu/smile/summary/
[157] Bernt A. Bremdal, Hanne Sæle, MerkebuZenedeDegefa, Geir Mathiesen,"The FlexNett Project",2018
[158] Jing Jiang, Member, IEEE, and Yi Qian, Senior Member, IEEE, “Defense Mechanisms against Data Injection Attacks in Smart Grid Networks” , 2017
[159] "A European Cyber Security Monitoring Centre for Critical Infrastructure," Whitepaper, https://success-energy.eu/
[160] S.Brotsis, N.Kolokotronis, K.Limniotis, S.Shiaeles, D.Kavallieros, "Blockchain Solutions for Forensic Evidence Preservation in IoT Environments",IEEE, Submitted on 26 Mar 2019
[161] “Secured by Blockchain: Safeguarding Internet of Things Devices”,Security, IEEE , 2019
[162] HyRiM, “Software tools for Hybrid Risk Management in SCADA networks” 2017, https://hyrim.net/
[163] Kosek, Anna Magdalena; Korman, Matus; Heussen, Kai; Tyge, Emil; Jonasdottir, Anna Hildigunnur, “SALVAGE D2.2 Description of the developed algorithms for intrusion detection in smart grid components”, 2016
[164] “Digitalization Of The Electricity System And Customer Participation”, Technical Position Paper WG4, September 2018
[165] SPARKS Consortium , "High-level design documentation and deployment architecture for Multi-Attribute SCADA Intrusion Detection System", 2015
[166] SPARKS Consortium, “Deliverable 4.2- PUF enhanced smart meter hardware architecture and an authentication/key management deployment architecture (interim)”, 2015
[167] https://www.netl.doe.gov/node/8795
[۱۶۸] پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات / فناوری‌های کوانتومی کاربردپذیر در حوزه فاوا
[169] https://www.forbes.com/sites/ellistalton/2018/11/26/quantum-computing-can-reshape-our-physical-infrastructure-if-we-let-it/#4363b71c9b46
[170] Quantum Computing Market by Offering (Systems and Consulting Solutions), End-User Industry, and Geography; QCaaS Market by Application (Optimization, Machine Learning, and Material Simulation) and Geography - Global Forecast to 2024
[171] .https://www.apnews.com/Business%20Wire/d192bf28b495450b99321b8b854b2a4f
[172] The next decade quantum computing- and how to play, Pilipp Gerbet, FrankRuess, Boston Consulting Group, Nov 2018
[173] https://www.greencarcongress.com/2019/01/20190110-xom.html
[174] https://www.purdue.edu/research/researchatpurdue/quantum-computers-teamed-with-ai
[175] Use cases of quantum computing in the energy industry, Jirawat Tangpanitanon, Innovation Lab (ExpresSo), 2019
[176] www.dewa.gov.ae

[177] B. Yi, X. Wang, K. Li, S. k. Das, M. Huang, "A comprehensive survey of network function virtualization", Computer Networks, vol. 133, pp. 212-262, 2018.

[178] Hussein T. Mouftah; Melike Erol-Kantarci; Mubashir Husain Rehmani, "Software Defined Networking and Virtualization for Smart Grid," in Transportation and Power Grid in Smart Cities: Communication Networks and Services , , Wiley, 2019, pp.171-190

[179] M. Niedermeier, H. De Meer, "Constructing Dependable Smart Grid Networks using Network Functions Virtualization", Journal of Network and Systems Management, vol. 24, pp. 449-469, 2016.

[180] website: https://www.fujitsu.com/global/products/network/products/sdn-nfv/

[181] S. badotra and J. Singh, " A Review Paper on Software Defined Networking", International Journal of Advanced Research in Computer Science, vol. 8, no. 3, pp. 29-36, 2017.

[182] K. Govindarajan, Kong Chee Meng and Hong Ong, "A literature review on Software-Defined Networking (SDN) research topics, challenges and solutions," 2013 Fifth International Conference on Advanced Computing (ICoAC), Chennai, 2013, pp. 293-299.

[183] Z. Lu, C. Sun, J. Cheng, Y. Li, Y. Li, and X. Wen, " SDN-Enabled Communication Network Framework for Energy Internet", Journal of Computer Networks and Communications, vol. 2017, Article ID 8213854, 13 pages, 2017.

[184] [4]. S. Marzal; R. Salas,R. González-Medina, G. Garcerá, E. Figueres, "Current chllenges and future trends in the field of communication architechtures for microgrids", Renewale and Sustainable Energy Reviews, vol. 82, no. 3, pp. 3610-3622, 2018.

[185] A. Jindal; G. Singh Aujla; N. Kumar, " SURVIVOR: A blockchain based edge-as-a-service framework for secure energy trading in SDN-enabled vehicle-to-grid environment", Computer Networks, vol.153, pp. 36-48, 2019.

[186] M. Abujubbeh; F. Al-Turjman; M. Fahrioglu, " Software-defined wireless sensor networks in smart grids: An overview", Sustainable Cities and Societies, vol. 51, pp. 101754, 2019.

[187] "Artificial Neural Networks-Based Machine Learning for Wireless Networks: A Tutorial", Mingzhe Chen, Ursula Challitax, Walid Saad, Changchuan Yin and Mérouane Debbah, IEEE Communications Surveys & Tutorials, October 2017

[188] "Smart Grids: A Cyber–Physical Systems Perspective", X. Yu ; Y. Xue, Proceedings of the IEEE, Year: 2016, Vol: 104, Issue: 5

[189] "Cyber-Physical Systems in the SmartGrid", S. Karnouskos, 2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics,

[190] Miao Yao, Munawwar Sohul, Vuk Marojevic, and Jeffrey H. Reed, "Artificial Intelligence-Defined 5G Radio Access Networks", IEEE Communications Magazine, March 2019

[191] A. A. Khan, M. H. Rehmani, M. Reisslein, "Cognitive Radio for Smart Grids: Survey of Architectures, Spectrum Sensing Mechanisms, and Networking Protocols", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol: 18, Issue: 1, 2016, 860 – 898

[192] R. Yu, Y. Zhang, S. Gjessing, C. Yuen, S. Xie, and M. Guizani, “Cognitive-radio-based hierarchical communications infrastructure for smart grid,” IEEE Network, vol. 25, no. 5, pp. 6–14, October 2011.

[193] . V. C. Gungor and D. Sahin, “Cognitive radio networks for smart grid applications: A promising technology to overcome spectrum inefficiency,” IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 7, no. 2, pp. 41–46, June 2012.

[194] V. Dehalwar, M. Kolhe, and S. Kolhe, “Cognitive radio application for smart grid,” Int. Journal of Smart Grid and Clean Energy, vol. 1, no. 1, pp. 79–84, September 2012.

[195] . Q. Li, Z. Feng, W. Li, T. Gulliver, and P. Zhang, “Joint spatial and temporal spectrum sharing for demand response management in cognitive radio enabled smart grid,” IEEE Trans. Smart Grid, vol. 5, no. 4, pp. 1993–2001, July 2014.

[196] D. Macedo, D. Guedes, L. Vieira, M. Vieira, and M. Nogueira, “Programmable networks—from software defined radio to software defined networking,” IEEE Commun.

[۱۹۷] گزارش نهایی پروژه "آینده پژوهی بکارگیری مخابرات سلولی ۳ G/4Gدر صنعت برق"، پژوهشگاه نیرو، تابستان ۱۳۹۸

[198] J. J. Nielsen, et. al., “What Can Wireless Cellular Technologies Do About The Upcoming Smart Metering Traffic?”, IEEE Communications Magazine, pp. 41-47, 2015 .

[199] “Smart Metering in Europe - 12th Edition”, Nov 2016. [Online]. Available: https://www.prnewswire.com/news-releases/smart-metering-in-europe---12th-edition-300365627.html.

[200] [Online]. Available: http://barghnews.com/fa/news/8394/%D9%86%D8%B5%D8%A8-%D8%A7%D9%88%D9%84%DB%8C%D9%86-%DA%A9%D9%86%D8%AA%D9%88%D8%B1%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D9%87%D9%88%D8%B4%D9%85%D9%86%D8%AF-4g-%D8%AF%D8%B1-%D8%A7%D8%B1%D9%88%D9%BE%D8%A7.

[201] [Online]. Available: https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/telekom-austria-launches-europe-s-first-lte-smart-meter.

[202] “Telecom Italia mobile network to power Enel's smart meters”, Aug 2015. [Online]. Available: https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/telecom-italia-mobile-network-to-power-enel-s-smart-meters.

[203] [Online]. Available: https://www.mobileeurope.co.uk/press-wire/telefonica-ericsson-explore-lte-smart-meters.

[204] “PORTUGAL PRESENTS THE FIRST NB-IOT SMART METER”, 2017.

[205] Sh. Javadi, Sh. Seifvand, “NB-IoT Applications in Smart Grid: Survey and Research Challenges”, Int. Journal of Communication, vol. 11, pp. 74-77, 2017 .

[206] Xemex, [Online]. Available: www.xemex.eu.

[207] “Huawei Smart Grid Solution Portfolio”, Huawei, 2017.

[208] [Online].Available: https://www.sierrawireless.com/company/newsroom/pressreleases/ 2015/10/10-27-2015-sierra_wireless_modules_enable_cellular_connectivity_in_new_ smart_meters_from_iskraemeco./

[209] [Online]. Available: http://www.finesce.eu/Trial_Site_Ireland.html.

[210] “Nokia and KDDI trial demonstrate 4G utility in car connectivity”, April 2018. [Online]. Available: https://www.roadtraffic-technology.com/news/nokia-kddi-trial-demonstrate-4g-utility-car-connectivity./

[211] [Online]. Available: https://grid2020.com/news/grid2020-completes-ontario-moe-demonstration-project.

[212] “Grid 20/20”, [Online]. Available: https://grid2020.com/solution.

[213] “Sentient Energy”, 2017. [Online]. Available: http://www.sentient-energy.com/news/manitoba-hydro-selects-sentient-energy-4g-lte-enabled-cellular-grid-analytics.

[214] [Online]. Available: https://www.elp.com/articles/2017/05/manitoba-hydro-picks-sentient-energy-4g-lte-enabled-cellular-grid-analytics.html.

[215]]Use Cases", [Online]. Available: http://www.sentient-energy.com/use-cases.

[216] InHand Networks, "Transformer Monitoring via 4G LTE/3G", [Online]. Available: https://www.inhandnetworks.com/solutions/transformer-monitoring.html.

[217] Sensus Company, [Online]. Available: https://sensus.com/products/?utility=electric&product_categories=communications&communication_network=cellular.

[218] "A&N Electric Cooperative", Siemens, 2012.

[219] Siemens, "Mobile wireless router for high bandwidth remote communication", [Online]. Available: https://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/rugged-communication/ruggedcom-portfolio/cellular-routers/pages/rm1224.aspx.

[220] Siemens, "RUGGEDCOM RX1400", [Online]. Available: https://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/rugged-communication/ruggedcom-portfolio/switches-routers-layer-3/pages/rx1400.aspx.

[221] J. McCarthy, "SITUATIONAL AWARENESS For Electric Utilities", NIST Special Publication 1800-7B, 2017.

[222] tollgrade, "Tollgrade LightHouse® Medium Voltage (MV) Sensors", [Online]. Available: http://www.tollgrade.com/smartgrid/smart-grid-products/smart-grid-mv-sensor./

[223] tollgrade, "Gaining Visibility to Improve Reliability", [Online]. Available: http://www.tollgrade.com/smartgrid/smart-grid-solutions/overview./

[224] http://www.usi-power.com/wp-content/uploads/2016/12/PD3_Instrumentation_Platform _brochure.pdf

[225] https://www.sentient-energy.com/products/mm3-intelligent-sensor-2

[226] "emsys Solar Box, simple remote control of solar power plants", [Online]. Available: https://www.energymeteo.com/products/virtual_power_plant/solar_box.php.

[227] Advantech, "Remote Monitoring of Solar Power Generation Facilities", [Online]. Available: http://select.advantech.com/solar-power/en-us/#top.

[228] "Cellular solution for Solar Farm", [Online]. Available: https://www.cel-fi.com/casestudy/solar-farm-success-story./

[229] "Use Case - Cellular Connectivity for Solar System", [Online]. Available: https://www.inhandnetworks.com/article/94.html.

[230] "GE to supersize its offshore wind turbines", March 2018. [Online]. Available: https://www.power-technology.com/comment/ge-supersize-offshore-wind-turbines./

[231] Atos, "Critical communication and tracking for wind farms, Offshore and onshore wind park solutions", 2018.

[232] RFI Technology Solution, "RFI Corporate Collinears Bring LTE Communications to an Offshore Wind Farm in the Baltic Sea", 2018.

[233] enel company, "Smart grids for a greener Europe", 2016. [Online]. Available: https://www.enel.com/media/news/d/2016/07/smart-grids-for-a-greener-europe.

[234] "Les Anglais Haiti Microgrid Deployment", [Online]. Available: http://wise.ece.cmu.edu/redmine/projects/microgrid/wiki.

[235] Andreadou, Nikoleta, Miguel Olariaga Guardiola, and Gianluca Fulli. "Telecommunication technologies for smart grid projects with focus on smart metering applications." Energies 9.5 (2016): 375.
[236] http://www.gridinnovation-on-line.eu/articles/library/inovgrid-project---edp-distribuicao-portugal.kl
[237] https://ses.jrc.ec.europa.eu/hook-norton
[238] https://www.ofgem.gov.uk/ofgem-publications/59105/energy-demand-research-project-final-analysis.pdf
[239] https://cordis.europa.eu/project/rcn/201959_en.html
[240] http://esesh.eu/norm/outputs.html
[241] https://ses.jrc.ec.europa.eu/finseny
[242] http://www.smartspaces.eu/home/
[243] http://www.sustainableproject.eu/About/Overview.aspx
[244] http://www.gridinnovation-on-line.eu/articles/library/the-grid4eu-project--a-large-scale-demonstration-project-of-advanced-smart-grids-solutions-with-wide-replication-and-scalability-potential-for-europe.kl
[245] http://www.gridinnovation-on-line.eu/articles/library/the-grid4eu-project--a-large-scale-demonstration-project-of-advanced-smart-grids-solutions-with-wide-replication-and-scalability-potential-for-europe.kl
[246] "Huawei Smart Grid Solution Portfolio", Huawei, 2017.
[247] [Online].Available: https://www.sierrawireless.com/company/newsroom/pressreleases/ 2015/10/10-27-2015-sierra_wireless_modules_enable_cellular_connectivity_in_new_ smart_meters_from_iskraemeco./
[248] https://cordis.europa.eu/project/rcn/211088/factsheet/en
[249] https://cordis.europa.eu/project/rcn/212894/factsheet/en
[250] https://cordis.europa.eu/project/rcn/224157/factsheet/en?WT.mc_id=RSS-Feed&WT.rss_f=project&WT.rss_a=224157&WT.rss_ev=a
[251] https://www.5tonic.org/research/5g-european-projects
[252] https://cordis.europa.eu/project/rcn/218529/factsheet/en
[253] https://cordis.europa.eu/project/rcn/217999/factsheet/en
[254] https://cordis.europa.eu/project/rcn/212224/factsheet/en
[255] https://cordis.europa.eu/project/rcn/206192/factsheet/en
[256] https://cordis.europa.eu/project/rcn/211067/factsheet/en
[257] https://cordis.europa.eu/project/rcn/211421/factsheet/en
[258] https://www.huawei.com/en/press-events/news/2019/4/huawei-sgcc-first-5g-sa-power-grid-slicing
[259] https://internetofthingsagenda.techtarget.com/blog/IoT-Agenda/IEEE-80216s-A-wireless-network-standard-for-the-industrial-internet
[260] https://www.rrmediagroup.com/Features/FeaturesDetails/FID/875
[261] https://www.globenewswire.com/news-release/2018/11/08/1647893/0/en/Ondas-Networks-To-Highlight-FullMAX-Technology-And-The-IEEE-802-16s-Wireless-Standard-At-The-American-Petroleum-Institute-in-Houston.html
[262] https://static1.squarespace.com/static/531663dee4b01676f16f387e/ t/ 58868a9a29687f3e991283ae/1485212315279/FullMAX+Cobalt-Plus+S1G.pdf
[263] https://www.altenergymag.com/article/2018/02/ieee-80216s-standard-and-its-use-for-distributed-energy-resources/27893
[264] https://www.gizchina.com/2019/10/12/6g-connection-will-be-much-better-and-safer-than-5g

[265] https://delsa.net
[266] https://article.tebyan.net/
[267] https://linkap.net
[268] Available in: https://www.slideshare.net/Postscapes/what-exactly-is-the-internet-of-things-44450482?qid=226633bb-d2f5-4aeb-a768-993125581123&v=&b=&from_search=1
[269] "Information technology — Sensor networks: Sensor network and its interfaces for smart grid system" , INTERNATIONAL STANDARD, ISO/IEC 30101,First edition 2014-11-15
[270] Ersan Kabalci, Yasin Kabalci, "Smart Grids and Their Communication Systems", Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019
[271] Available in: https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm
[272] Available in: https://cordis.europa.eu/search
[273] Luiz Eduardo Mendes Matheus, Alex Borges Vieira, Luiz F. M. Vieira, Marcos A. M. Vieira, Omprakash Gnawali, "Visible Light Communication: Concepts, Applications and Challenges" , IEEE Communications Surveys & Tutorials, April 2019
[274] Mostafa Zaman Chowdhury, Md. Tanvir Hossan, Amirul Islam, and Yeong Min Jang, "A Comparative Survey of Optical Wireless Technologies: Architectures and Applications", IEEE Access Journal, vol.6, 2018
[275] Ghassemlooy, S. Arnon, M. Uysal, Z. Xu, and J. Cheng, "Emerging optical wireless communications-advances and challenges," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 33, no. 9, pp. 1738-1749, Sep. 2015 .
[276] P. H. Pathak, X. Feng, P. Hu, and P. Mohapatra, "Visible light communication, networking, and sensing: a survey, potential and challenges," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, no. 4, pp. 2047-2077, 2015
[277] Information technology — Sensor networks: Sensor network and its interfaces for smart grid system" , INTERNATIONAL STANDARD, ISO/IEC 30101,First edition 2014-11-15
[278] Ersan Kabalci, Yasin Kabalci, "Smart Grids and Their Communication Systems", Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019
[279] Available in: https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm
[280] vailable in: https://cordis.europa.eu/search
[281] Regis J. "Bud" Bates, "Optical Switching and Networking Handbook", Copyright © 2001 by The McGraw-Hill Companies.
[282] José M. Caballero; " Migration to Next Generation SDH", Presentation extracted from the book: "Migration to Next Generation SDH" ISBN 84-609-4420-4.
[283] https://cordis.europa.eu/project/id/761727.
[284] https://cordis.europa.eu/project/id/645361
[285] https://cordis.europa.eu/project/id/IST-1999-10402
[286] https://cordis.europa.eu/project/id/AC073
[287] https://cordis.europa.eu/project/id/034183
[288] https://cordis.europa.eu/project/id/IST-2001-34523
[289] https://eprijournal.com/navigating-the-moving-parts-of-grid-telecommunications
[290] https://eprijournal.com/telecom-transformation
[291] https://electricenergyonline.com/energy/magazine/1020/article/From-Research-to-Action-EPRI-s-Telecommunications-Initiative-Fiber-Optics-for-the-Future.htm
[292] Xiaoli Sun,Weiwei Yang,Yueming Cai, Liwei Tao,Chunxiao Cai," Physical Layer Security in Wireless Information and Power Transfer Millimeter Wave Systems", 24th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC), 2018

[293] Y. Zou, J. Zhu, L. Yang, Y.-.C. Liang, and Y.-D. Yao, “Securing physical-layer communications for cognitive radio networks,” IEEE Communications Magazine, vol. 53, no. 9, pp. 48-54, September 2015.

[294] Ziping Zhang,Daoxing Guo,Bangning Zhang,Jiao Yuan, , “Research on physical layer security technology of multi-antenna system,” First International Conference on Electronics Instrumentation & Information Systems (EIIS), 2017 .

[۲۹۵] م.طریحی، " مروری بر اقدامات امنیتی مبتنی بر لایه فیزیکی در شبکه‌های مخابراتی بیسیم"، سی و یکمین کنفرانس بین المللی برق، ۱۳۹۵،تهران، ایران

[296] W. Hou, X. Wang, J.-Y. Chouinard, and A. Refaey, “Physical layer authentication for mobile systems with time-varying carrier frequency offsets,” IEEE Transactions on Communications, vol. 62, no. 5, pp. 1658-1667, May 2014 .

[297] L. Xiao, L. Greenstein, N. Mandayam, and W. Trappe, “Using the physical layer for wireless authentication in time-variant channels,” IEEE Transations on Wireless Communications, vol. 7, no. 7, pp. 2571-2579, July 2008 .

[298] Y. Liu and P. Ning, “Enhanced wireless channel authentication using time-synched link signature,” in Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM’12), Shanghai, China, March 2012 .

[299] M. Latif, A. Sultan, and H. Gamal, “ARQ-based secret key sharing,” in Proceedings of the 2009 IEEE Internation Conference on Communications (IEEE ICC’09), Dresden, Germany, June 2009.

[300] S. Xiao, W. Gong, and D. Towsley, “Secure wireless communication with dynamic secrets,” in Proceedings of the IEEE INFOCOM 2010, San Diego, CA, March 2010 .

[301] Y. Khiabani and S. Wei, “ARQ-based symmetrickey generation over correlated erasure channels,” IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 8, no. 7, pp. 1152-1161, July 2013.

[302] V. Pereira and G. R. Kunkolienkar, "EMP (Electro-Magnetic Pulse) weapon technology along with EMP shielding & detection methodology," 2013 Fourth International Conference on Computing, Communications and Networking Technologies (ICCCNT), Tiruchengode, 2013, pp. 1-5.

[303] S. Cristina, M. D'Amore & M. Feliziani (1988) EMP Coupling to Power Lines, Electromagnetics, vol 8, no.2, pp. 277-292, 2007.

[304] A. Borghetti et al., "Lightning-Originated Overvoltages in a Multi-Circuit HV-MV Line," 2019 IEEE Milan PowerTech, Milan, Italy, 2019, pp. 1-6.

[305] F. Tossani, A. Borghetti, F. Napolitano, A. Piantini, C. A. Nucci, "Lightning Performance of Overhead Power Distribution Lines in Urban Areas", IEEE Trans. Power Deliv., vol. 33, no. 2, pp. 581-588, 2018.

[306] C. Marshman and M. Tyndall, "EMC and EMF regulatory issues for the power industry," CIRED 2009 - The 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution - Part 2, Prague, 2009, pp. 1-1.

[307] B. Thangabalan and S. Das, "The Effect of Lightning on Insulator Flashover Characteristics," 2018 2nd International Conference on Power, Energy and Environment: Towards Smart Technology (ICEPE), Shillong, India, 2018, pp. 1-6.

[308] Yihong Qi, Jiyu Wu, Guang Gong, Jun Fan, Antonio Orlandi, Wei Yu, Jianhua Ma, James L. Drewniak, "Notice of Retraction: Review of the EMC Aspects of Internet of Things", Electromagnetic Compatibility IEEE Transactions on, vol. 60, no. 5, pp. 1152-1160, 2018.

[309] M. A. Salam, F. Wen, Pg. Amir, S. P. Ang, M. R. Uddin, Q M Rahman, Syeed Hasan, "Characterization of electric and magnetic fields near residential and industrial areas in brunei darussalam", Power System Technology (POWERCON) 2016 IEEE International Conference on, pp. 1-5, 2016.
[310] A. Raizer, D. A. P. d. Santos, J. V. T. Ribeiro, L. R. Avila, M. P. Fonseca and M. R. B. Neves, "Characterization of Electromagnetic Near Fields in Industrial Systems," 2018 13th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON), São Paulo, Brazil, 2018, pp. 144-148.
[۳۱۱] گزارش نهایی پروژه "آزمون ایده انتقال برق بیسیم و طراحی و ساخت نمونه آزمایشگاهی"، گروه فناوری اطلاعات و ارتباطات، پژوهشگاه نیرو، ۹۷.
[312] J. Garnica, , A. Chinga, Jenshan Lin, Fellow IEEE “Wireless Power Transmission:From Far Field to Near Field”, Proceedings of the IEEE ,Vol.101, June 2013.
[313] Carlos Alberto López Pérez, "Phase Shift Control Technique toImprove Wireless Power Transference Systems", MS Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
[314] Ch. Liu, and A. Patrick Hu, " Steady State Analysis of a Capacitively Coupled Contactless Power Transfer System", in Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, pp. 3233-3238, Sep. 2009. خازنی
[315] Naoki Shinohara, "Power Without Wires", IEEE Microwave Magazine, Vol. 12, Issue 7, pp. 564-573, 2011.
[316] N. Shinohara, T. Mitani, and H. Matsumoto, "Study on Ubiquitous Power Source with Microwave Power Transmission", in Proc. Int. Union Radio Science (URSI) General Assembly 2005.
[317] A. Karalis, J. D. Joannopoulos, and M. Soljacic, “Efficient wireless non-radiative mid-range energy transfer,” Ann. Phys., vol. 323, no. 1, pp. 34-48, 2008.
[318] www.ubeam.com
[319] F. Musavi, M. Edington, and W. Eberle, "Wireless power transfer: A survey of EV battery charging technologies," in Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2012 IEEE, 2012, pp. 1804-1810.
[320] C. Qiu, K. Chau, C. Liu, and C. Chan, "Overview of wireless power transfer for electric vehicle charging," in Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27), 2013 World, 2013, pp. 1-9.
[321] S. Li and C. C. Mi, "Wireless power transfer for electric vehicle applications," IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 3, pp. 4-17, 2015.
[322] M. Scudiere and J. McKeever, "Wireless power transfer for electric vehicles," SAE Technical Paper 0148-7191, 2011.
[323] ETSI Technical Report, System Reference document (SRdoc); "Wireless Power Transmission (WPT) systems for Electric Vehicles (EV) operating in the frequency band 79 - 90 kHz", TR 103 409 V1.1.1, 10.2016.
[324] M. G. L. Roes, J. L. Duarte, M. A. M. Hendrix, and E. A. Lomonova, "Acoustic energy transfer: A review," IEEE Trans. Ind. Electron., vol.60, no. 1, pp. 242-248, Jan.2013
[325] S. Shahab, and A. Erturk "Contactless ultrasonic energy transfer for wireless systems: acoustic piezoelectric structure interaction modeling and performance enhancement," lOP Smart Matter. Struct. 2014, vol. 23
[326] IEEE Standard Association, IEEE Smart Grid Research, "IEEE VISION FOR SMART GRID COMMUNICATIONS:2030 AND BEYOND", 2013.
[327] ITU-T Y.4202, "Framework of wireless power transmission application service", 2019.
[328] F. Haque Sumi, L.Dutta and Dr F.Surker, "Future with Wireless Power Transfer Technology" Journal of Electrical and Electronic Systems, 2018.

[329] J.Chena, Zh.Hua, Sh.Wang, Y.Cheng and M.Liu, "Investigation of Wireless Power Transfer for Smart Grid On-line Monitoring Devices Under HV Condition", WTISG 2016.
[330] https://cordis.europa.eu/project/rcn/105908
[331] https://cordis.europa.eu/project/rcn/221757
[332] https://cordis.europa.eu/project/rcn/224477
[333] https://cordis.europa.eu/project/rcn/215129
[334] https://cordis.europa.eu/project/rcn/106328
[335] https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/07/f24/vss103
[336] https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/06/f63/elt188_sokolsky_2019_o_5.16_8.24am_jl.pdf
[337] https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/06/f63/elt197_galigekere_2019_o_4.29_9.43am.pdf
[338] F. M. Cruz, A. E. Molero, E. Castillo, M. Becherer, A. Rivadeneyra and D. P. Morales, "Why Use RF Energy Harvesting in Smart Grids," 2018 IEEE 23rd International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), Barcelona, 2018, pp. 1-6.
[339] X. Tang, X. Wang, R. Cattley, F. Gu, A. Ball, "Energy Harvesting Technologies for Achieving Self-Powered Wireless Sensor Networks in Machine Condition Monitoring: A Review", Sensors, vol. 18, no. 12, pp. 4113, 2018 .
[340] Z. Wu, D. S. Nguyen, R. M. White, P. K. Wright, G. O'Toole and J. R. Stetter, " Electromagnetic energy harvester for atmospheric sensors on overhead power distribution lines,"Journal of Physics, vol. 1052, p. 021081, 2018.
[341] M. Kalaagi and D. Seetharamdoo, "Electromagnetic Energy Harvesting Systems in the Railway Environment: State of the Art and Proposal of a Novel Metamaterial Energy Harvester," 2019 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Krakow, Poland, 2019, pp. 1-5.
[342] S. Yuan, Y. Huang, J. Zhou, Q. Xu, C. Song and P. Thompson, "Magnetic Field Energy Harvesting Under Overhead Power Lines," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 30, no. 11, pp. 6191-6202, Nov. 2015.
[343] F. Cai, E. Farantatos, R. Huang, A. P. S. Meliopoulos and J. Papapolymerou, "Self-powered smart meter with synchronized data," 2012 IEEE Radio and Wireless Symposium, Santa Clara, CA, 2012, pp. 395-398.
[344] O. Elsayed, M. Abouzied and E. Sánchez-Sinencio, "A 540 µW RF wireless receiver assisted by RF blocker energy harvesting for IoT applications with +18 dBm OB-IIP3," 2016 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC), San Francisco, CA, 2016, pp. 230-233.
[345] U. Muncuk, K. Alemdar, J. D. Sarode and K. R. Chowdhury, "Multiband Ambient RF Energy Harvesting Circuit Design for Enabling Batteryless Sensors and IoT," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 4, pp. 2700-2714, Aug. 2018.
[346] S. M. Kamruzzaman, X. Fernando and M. Jaseemuddin, "Energy harvesting wireless sensors for smart cities," 2017 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC), Toronto, ON, 2017, pp. 218-222.
[347] N. Takemura, Y. Kohara, S. Ichikawa and H. Kondo, "A study of directional antenna for recycled energy improvement in electromagnetic wave energy harvesting," 2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, San Diego, CA, 2017, pp. 1615-1616.

[348] uan Wen, Danpeng Xie, Xueguan Liu, Huiping Guo, Changrong Liu and Xinmi Yang, "Wideband collar-shaped antenna for RF energy harvesting," 2016 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), Shenzhen, 2016, pp. 253-255.

[349] S. Ghosh and A. Chakrabarty, "Green energy harvesting from ambient RF radiation," 2016 International Conference on Microelectronics, Computing and Communications (MicroCom), Durgapur, 2016, pp. 1-4.

[350] F. Erkmen, T. S. Almoneef and O. M. Ramahi, "Scalable Electromagnetic Energy Harvesting Using Frequency-Selective Surfaces," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 66, no. 5, pp. 2433-2441, May 2018.

[351] A. Z. Ashoor, T. S. Almoneef and O. M. Ramahi, "A Planar Dipole Array Surface for Electromagnetic Energy Harvesting and Wireless Power Transfer," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 66, no. 3, pp. 1553-1560, March 2018.

[352] C. Mao, M. Khalily, P. Xiao, T. W. C. Brown and S. Gao, "Planar Sub-Millimeter-Wave Array Antenna With Enhanced Gain and Reduced Sidelobes for 5G Broadcast Applications," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 67, no. 1, pp. 160-168, Jan. 2019.

[353] M. Khalily, R. Tafazolli, P. Xiao and A. A. Kishk, "Broadband mm-Wave Microstrip Array Antenna With Improved Radiation Characteristics for Different 5G Applications," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 66, no. 9, pp. 4641-4647, Sept. 2018.

[354] V. D. S K and T. Shanmuganantham, "CPW Fed MIMO Antenna for IoT Application," 2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET), Kottayam, India, 2018, pp. 1-4.

[355] Z. Ren, A. Zhao and S. Wu, "MIMO Antenna With Compact Decoupled Antenna Pairs for 5G Mobile Terminals," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 18, no. 7, pp. 1367-1371, July 2019.

[356] L. P. Berg and J. M. Vance, "Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey," Virtual reality, vol. 21, no. 1, pp. 1-17, 2017.

[357] M. Billinghurst, A. Clark, and G. Lee, "A survey of augmented reality," Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, vol. 8, no. 2-3, pp. 73-272, 2015.

[358] H. Durrant-Whyte and T. Bailey, "Simultaneous localization and mapping: part I," IEEE robotics & automation magazine, vol. 13, no. 2, pp. 99-110, 2006.

[359] M. K. Bekele, R. Pierdicca, E. Frontoni, E. S. Malinverni, and J. Gain, "A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage," Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH), vol. 11, no. 2, p. 7, 2018.

[360] E. Costanza, A. Kunz, and M. Fjeld, "Mixed reality: A survey," in Human machine interaction: Springer, 2009, pp. 47-68.

[361] G. X. Li and L. Hong, "Application of the virtual reality technologies in power systems," in 2010 2nd International Conference on Future Computer and Communication, 2010, vol. 3: IEEE, pp. V3-41-V3-44.

[362] T. R. Ribeiro et al., "Agito: Virtual reality environment for power systems substations operators training," in International Conference on Augmented and Virtual Reality, 2014: Springer, pp. 113-123.

[363] I. Opriş, S. Costinaş, C. S. Ionescu, and D. E. G. Nistoran, "Towards augmented reality in power engineering," in 2017 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), 2017: IEEE, pp. 39-44.

[364] W. Kritzinger, M. Karner, G. Traar, J. Henjes, and W. Sihn, "Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification," IFAC-PapersOnLine, vol. 51, no. 11, pp. 1016-1022, 2018.

[365] M. R. Enders and N. Hoßbach, "Dimensions of Digital Twin Applications-A Literature Review," 2019.

[366] G. P. D. Solutions, "GE Digital Twin: Analytic Engine for the Digital Power Plant," 2016, [Online]. Available: https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Digital-Twin-for-the-digital-power-plant-.pdf.

[367] J. Pan, “Conversational Interfaces: The Future of Chatbots,” Medium, 22-Dec-2017. [Online]. Available: https://chatbotsmagazine.com/conversational-interfaces-the-future-of-chatbots-18975a91fe5a. [Accessed: 03-Oct-2019].

[368] “Dubai Electricity & Water Authority (DEWA) | DEWA’s Rammas Responds to more than 27,0000 Enquiries Since its Launch.” [Online]. Available: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:H8wM1d6xm6IJ:www.dewa.gov.ae/en/about-dewa/news-and-media/press-and-news/latest-news/2017/07/dewas-rammas-responds-to-more-than-270000-enquiries-since-its-launch+&cd=15&hl=en&ct=clnk&gl=ir. [Accessed: 03-Oct-2019].

[369] G. Lugano, “Virtual assistants and self-driving cars,” in 2017 15th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), Warsaw, Poland, 2017, pp. 1–5.

[370] “Teslabot by Passage AI & Smartcar.” [Online]. Available: https://www.teslabot.ai/. [Accessed: 03-Oct-2019].

[371] “ROLLS-ROYCE VISION NEXT 100.” [Online]. Available: https://iot-automotive.news/rolls-royce-vision-next-100/. [Accessed: 03-Oct-2019].

[372] Bruce W. Drinkwater and Paul D. Wilcox, "Ultrasonic arrays for non-destructive evaluation:A review" NDT& e International,vol. 39, no. 7, pp. 525-541, October 2006.

[373] P. J. Baird, H. Herman, G. C. Stevens and P. N. Jarman, "Non-destructive measurement of the degradation of transformer insulating paper," IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 13, no. 2, pp. 309-318, April 2006.

[374] G. Sposito, C.ward, P.Cawley, P.B. Nagy, C.Scruby," A review of non-destructive techniques for the detection of creep damage in power plant steels", NDT & e International, vol. 43, no. 7, pp. 555-567, October 2010.

[375] Ang Li, L. Wang, Hongwei Mei and L. Cheng, "Non-destructive testing of internal defects in composite insulators using microwave technique," 2015 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), Ann Arbor, MI, 2015, pp. 668-671.

[376] Manish Mandelia and Manish Vishwakarma,"A review on boiler tube assesment in power plant using ultrasonic testing" International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 5, no. 6, pp. 708-714, June 2018.

[377] "SMUD X-rays high-voltage lines to prevent large power outages", website: SMUD.org ,8 Nov. 2018

[378] T. Kim et al., "Three-dimensional computed tomography and composition analysis of porcelain insulators for 154 kV power transmission lines," in IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 26, no. 1, pp. 115-119, Feb. 2019.

[379] Bai H., Chi D., Wang X., Wu H., Li Y, "Homemade Electric Wire Electric Cable Breakpoint Nondestructive Testing Tools Based on X-Rays", Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1058. Springer, Cham

[380] CORDIS EU research results, Available at: https://cordis.europa.eu/

[381] DOWEL Management & RSE, “Presentation of recent and ongoing R&I projects in the scope of the ETIP SNET - Deliverable D3.1: Project monitoring – Part 1”, 2018.

[382] DOWEL Management, “Coverage analysis of the present roadmap (2017-2026)”

[۳۸۳] مهسا علائی, "سند راهبردی و نقشه راه توسعه رباتهای صنعت برق." پژوهشگاه نیرو, ۱۳۹۴.

[384] “Making renewables smarter,” DNV GL. [Online]. Available: https://www.dnvgl.com/publications/making-renewables-smarter-104362. [Accessed: 26-Sep-2019].

[385] “Final Report Summary - HYDRONET (Floating Sensorised Networked Robots for Water Monitoring) | Report Summary | HYDRONET | FP7 | CORDIS | European Commission.” [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/project/rcn/88876/reporting/en. [Accessed: 14-Jul-2019].

[386] “Final Report Summary - MAINBOT (Mobile robots for inspection and maintenance activities in extensive industrial plants) | Report Summary | MAINBOT | FP7 | CORDIS | European Commission.” [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/project/rcn/101386/reporting/en. [Accessed: 15-Jul-2019].

[387] “AErial RObotic system integrating multiple ARMS and advanced manipulation capabilities for inspection and maintenance | AEROARMS Project | H2020 | CORDIS | European Commission.” [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/project/rcn/196623/factsheet/en. [Accessed: 15-Jul-2019].

[388] “Periodic Reporting for period 2 - SecondHands (SecondHands: A Robot Assistant For Industrial Maintenance Tasks) | Report Summary | SecondHands | H2020 | CORDIS | European Commission.” [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/project/rcn/194119/reporting/en. [Accessed: 15-Jul-2019].

[389] “Collaborative Aerial Robotic Workers | AEROWORKS Project | H2020 | CORDIS | European Commission.” [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/project/rcn/194158/factsheet/en. [Accessed: 15-Jul-2019].

[390] “Robots lend an automated hand in the energy industry.” [Online]. Available: https://www.power-technology.com/comment/robots-lend-automated-hand-energy-industry/. [Accessed: 16-Jul-2019].

[۳۹۱] "شرکت‌های دانش بنیان." [Online]. Available: https://pub.daneshbonyan.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[392] J. Bambara, P. Allen, K. Iyer, S. Lederer, R. Madsen, and M. Wuehler, Blockchain: A practical guide to developing business, law, and technology solutions. McGraw Hill Education, New York, 2018.

[393] “ Gartner Identifies Top 10 Data and Analytics Technology Trends for 2019.” [Online]. Available: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-02-18-gartner-identifies-top-10-data-and-analytics-technolo. [Accessed: 15-Feb-2020].

[394] A. M. Saghiri, K. G. HamlAbadi, and M. Vahdati, “The Internet of Things, Artificial Intelligence, and Blockchain: Implementation Perspectives,” in Advanced Applications of Blockchain Technology, Springer, 2020, pp. 15–54.

[395] E. Mengelkamp, B. Notheisen, C. Beer, D. Dauer, and C. Weinhardt, “A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets,” Comput. Sci.-Res. Dev., vol. 33, no. 1–2, pp. 207–214, 2018.

[۳۹۶] م. شجری, "چـــــمروش: ابداع کننده سامانه هوشمند ثبت شناسنامه الکترونیکی فرش دستباف در بستر بلاکچین," چمروش. .

[۳۹۷] "قفنوس," شبکه قفنوس. .[Online]. Available: https://www.kuknos.org/aboutus/ .[Accessed: 14-Feb-2020].

[۳۹۸] "Iran Blockchain Community – انجمن بلاکچین ایران." [Online]. Available: https://iranblockchain.org/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۳۹۹] "مرکز تحقیقات بلاکچین," مرکز تحقیقات بلاکچین. [Online]. Available: https://blockchainirc.com/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[400] "آزمایشگاه بلاکچین ایران," Iran Blockchain Labs. ۲۳:۳۱:۲۱\۲۰-۱۲-۱۳۹۷ – آزمایشگاه بلاکچین ایران, [Online]. Available: http://blockchainlabs.ir. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۰۱] "آزمایشگاه بلاکچین شریف." [Online]. Available: https://decentralab.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۰۲] ن. م. سایت, "blockchain | مرکز پژوهشی فناوری مالی." [Online]. Available: http://fintech.aut.ac.ir/?tag=blockchain. [Accessed: 14-Feb-2020].

[403] " IDC Forecasts Worldwide Spending on the Internet of Things to Reach $745 Billion in 2019, Led by the Manufacturing, Consumer, Transportation, and Utilities Sectors," IDC: The premier global market intelligence company. [Online]. Available: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44596319. [Accessed: 15-Feb-2020].

[404] A. R. Al-Ali, "Role of internet of things in the smart grid technology," J. Comput. Commun., vol. 3, no. 5, p. 229, 2015.

[۴۰۵] "صفحه اصلی مرکز تحقیقات اینترنت اشیا ایران – مرکز تحقیقات اینترنت اشیاء ایران." [Online]. Available: https://iotiran.com/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۰۶] "مرجع تخصصی اینترنت اشیاء," مرجع تخصصی اینترنت اشیاء. [Online]. Available: https://www.iotacademy.ir/fa. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۰۷] M. Ranji, "مرکز نوآوری اینترنت اشیاء," مرکز نوآوری اینترنت اشیاء. [Online]. Available: https://www.iotic.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۰۸] "به طرح اینترنت اشیاء خوش آمدید | طرح اینترنت اشیاء." [Online]. Available: https://iot.itrc.ac.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۰۹] ح. ر. بزی and م. شعبان زاده, "بررسی کاربردهای رایانش ابری در شبکه هوشمند و ارائه یک معماری ابری برای جزیره هوشمند خلیج فارس(هرمز)," presented at the سی امین کنفرانس بین المللی برق, تهران، ایران., ۱۳۹۴.

[۴۱۰] "به طرح رایانش ابری خوش آمدید | طرح رایانش ابری." [Online]. Available: http://cloud.itrc.ac.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۱۱] "جامعه آزاد رایانش ابری ایران." [Online]. Available: http://occc.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[412] "طرح توسعه ربات‌های صنعت برق." [Online]. Available: https://www.nri.ac.ir/Robotics. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۱۳] "آموزشگاه فنی و حرفه ای رباتیک تهران." [Online]. Available: http://www.elector.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۱۴] م. ج. غلامی, "باشگاه رباتیک باغ کتاب تهران," Ircstem. [Online]. Available: https://www.ircstem.com. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۱۵] "آکادمی رباتیک و مکاترونیک آینده." [Online]. Available: http://armarobot.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[416] S. Yi, Z. Hao, Z. Qin, and Q. Li, “Fog computing: Platform and applications,” in 2015 Third IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies (HotWeb), 2015, pp. 73–78.

[417] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, and S. Addepalli, “Fog computing and its role in the internet of things,” in Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing, 2012, pp. 13–16.

[418] F. Y. Okay and S. Ozdemir, “A fog computing based smart grid model,” in 2016 international symposium on networks, computers and communications (ISNCC), 2016, pp. 1–6.

[۴۱۹] “به کلان داده ها خوش آمدید | کلان داده ها.” [Online]. Available: https://bigdata.itrc.ac.ir/. [Accessed: 14-Feb-2020].

[420] “ ISLab Ontology Engineering Group (ISOEG) – Intelligent Systems Laboratory.” [Online]. Available: http://islab.ceit.aut.ac.ir/ontology-engineering-group-isoeg/#. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۲۱] “صفحه اصلی | پایگاه اداری طرح جویشگر.” [Online]. Available: http://didras.ir/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[422] “ Natural Language Processing (NLP) Lab.” [Online]. Available: http://en.sbu.ac.ir/Faculties/ComputerEngineering/Pages/Natural-Language-Processing-(NLP)-Lab.aspx. [Accessed: 14-Feb-2020].

[۴۲۳] “ارتباطات کوانتوم نوری |.” [Online]. Available: http://oqc.itrc.ac.ir/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۲۴] “مرکز فناوری های کوانتومی ایران.” [Online]. Available: https://www.icqts.ir/Portal/Home/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۲۵] “پورتال–سازمان انرژی اتمی –پژوهشکده فوتونیک و فناوری های کوانتومی.” [Online]. Available: https://www.aeoi.org.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[426] “ IEEE Computer Society Predicts the Future of Tech: Top 10 Technology Trends for 2019 | IEEE Computer Society.” [Online]. Available: https://www.computer.org/publications/tech-news/trends/IEEE-Computer-Society-Predicts-the-Future-of-Tech-Top-10-Technology-Trends-for-2019/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[427] “ White House proposes big increase in A.I. and quantum spending while cutting other sciences,” Fortune. [Online]. Available: https://fortune.com/2020/02/11/white-house-a-i-funding/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۲۸] “راه‌اندازی مرکز هوش مصنوعی به یاد سانحه هوایی ۷۵۲,” روزنامه دنیای اقتصاد. [Online]. Available: https://www.donya-e-eqtesad.com. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۲۹] “مرکز تحقیقات هوش مصنوعی پارت | هوشمندسازی فرآیندهای کسب و کار.” [Online]. Available: https://partdp.ai/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۳۰] “مرکز تحقیقات و فناوری هوش مصنوعی فراهوش.” [Online]. Available: http://neoai.ir/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۳۱] “شرکت هوش مصنوعی رایورز | نرم افزار آرشیو اسناد | تشخیص هویت بیومتریک.” [Online]. Available: http://airayvarz.com/. [Accessed: 29-Feb-2020].

[۴۳۲] "درباره ما – شرکت رباتیک و اتوماسیون صنعتی نوژان." [Online]. Available: https://nojhanco.ir/about-us/. [Accessed: 29-Feb-2020].

[۴۳۳] " Home – شرکت هوش مصنوعی V.S.K Company." [Online]. Available: https://www.vira-sk.com/. [Accessed: 29-Feb-2020].

[۴۳۴] "پایگاه اطلاع رسانی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات |." [Online]. Available: https://www.itrc.ac.ir/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۳۵] "سازمان فضایی ایران." [Online]. Available: https://isa.ir/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[436] "شرکت تکتا." [Online]. Available: http://www.takta.com/%D8%AF%D8%B1%D8%A8%D8%A7%D8%B1%D9%87-%D9%85%D8%A7. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۳۷] "توسعه گران الکترونیک رخش." [Online]. Available: http://tgelectronic.ir/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[438] S. S. Bhattacharyya, E. F. Deprettere, R. Leupers, and J. Takala, Handbook of signal processing systems. Springer, 2018.

[۴۳۹] "آزمایشگاه تایید نمونه EIRP وسایل برد کوتاه," ۱۲- Dec-1397. [Online]. Available: https://www.itrc.ac.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۴۰] "آزمایشگاه تایید نمونه تجهیزات بدون سیم باند وسیع در لایه دسترسی," ۱۵- Sep-1393. [Online]. Available: https://www.itrc.ac.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۴۱] "گروه تاراکسا (شرکت تارا کساء علم و صنعت)," Taraxa. [Online]. Available: https://taraxa.ir/about. [Accessed: 15-Feb-2020].

[442] "LoRa WAN | Sciences Green Inc." [Online]. Available: https://www.sgi.ir/lora-wan. [Accessed: 15-Feb-2020].

[443] " Amazon Sidewalk," Wikipedia. 23-Dec-2019.

[۴۴۴] "پژوهشکده مخابرات – صفحه اصلی." [Online]. Available: http://acri.sharif.ir/home. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۴۵] "آزمایشگاه مرجع تأیید نمونه سیستم‌های انتقال نوری," ۱۵- Sep-1393. [Online]. Available: https://www.itrc.ac.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۴۶] "آزمایشگاه تخصصی و تایید نمونه شبکه و سیستم‌های دسترسی نوری," ۱۵- Sep-1393. [Online]. Available: https://www.itrc.ac.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۴۷] "آزمایشگاه تخصصی مدیریت شبکه," ۱۵- Sep-1393. [Online]. Available: https://www.itrc.ac.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[448] "آزمایشگاه تایید نمونه تجهیزات ارتباطی," ۱۵-EMC Sep-1393. [Online]. Available: https://www.itrc.ac.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[449] S. Priya and D. J. Inman, Energy harvesting technologies, vol. 21. Springer, 2009.

[450] [۶۰] N. P. Cook, L. Sieber, and H. Widmer, "Wireless power transmission for portable wireless power charging," Dec-2014.

[451] V. W. Keating, M. A. L. Kirby, and M. J. Mangan, "Wireless power charging timing and charging control," Jun-2014.

[۴۵۲] "دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران در جمع پیشگامان شارژ بی سیم خودروهای برقی." [Online]. Available: https://ece.ut.ac.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۵۳] "مرکز توسعه فناوری خودرو برقی." [Online]. Available: https://www.nri.ac.ir/evc. [Accessed: 15-Feb-2020].

[454] T. D. Nadeau and K. Gray, SDN: Software Defined Networks: an authoritative review of network programmability technologies. O'Reilly Media, Inc., 2013.

[۴۵۵] "Welcome to SDN – پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات | SDN – پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات." [Online]. Available: https://sdn.itrc.ac.ir/. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۵۶] "آزمایشگاه تایید نمونه آنتن بر اساس آزمایشات میدان دور حوزه فرکانس تا ۴۰ گیگاهرتز," ۱۵- Sep-1393. [Online]. Available: https://www.itrc.ac.ir. [Accessed: 15-Feb-2020].

[۴۵۷] مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، برنامه ریزی چند هدفه، دکتر سید حسن قدسی پور، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۲

[۴۵۸] تصمیم‌گیری چند معیاره، تالیف محمد جواد اصغرپور، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۸۷

[۴۵۹] روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور ۱۳۹۱.

[460] https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/sg

مرحله سه – تعیین و اولویت‌بندی پروژه‌های مرتبط

فهرست مطالب مرحله ۳

عنوان **صفحه**

۱-مقدمه ۷۱۹
۲-مرور ساختار و مأموریت گروه‌های پژوهشی و بررسی محورهای تخصصی گروه‌ها ۷۱۹
۳-تعیین پروژه‌های مرتبط با اهداف گروه در حوزه فناوری‌های ICT ۷۱۹
۴- تهیه شناسنامه پروژه‌ها ۷۲۹
۱-۴- تدوین الزامات امنیتی بروزرسانی سفت افزار بر مبنای فناوری CLOUD در زیرساخت AMI و پیاده سازی پایلوت بر مبنای آن ۷۲۹
۲-۴- طراحی و پیادهسازی مدل تحلیلی مبتنی همزاد دیجیتال برای نیروگاههای صنعت برق ۷۳۰
۳-۴- نگاشت دسته‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به سیستم‌ها در حوزه‌های شبکه هوشمند برق و انرژی ۷۳۲
۴-۴- آزمون ایده طراحی و ساخت سامانه‌ی رصد و پیش‌بینی نقطه‌ای ریزگردها در پست‌های برق ۷۳۲
۵-۴- بررسی استفاده از پردازش تصویر در ربات پرنده به منظور پایش/ تشخیص عیوب در (توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی/ تجهیزات انتقال و ...) و پیاده سازی نمونه ۷۳۴
۶-۴- طراحی رابط کاربری محاوره‌ای در خصوص کاربردهای صنعت برق (جهت پاسخ‌دهی به امور مشتریان، خانه هوشمند) ۷۳۶
۷-۴- امکان سنجی طراحی زیرساخت ابری در پژوهشگاه نیرو برای کاربردهای صنعت برق ۷۳۷
۸-۴- سند طرح بررسی نقش تحلیل داده ها در بخش های مختلف (تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین) صنعت برق ۷۳۸
۹-۴- آزمون ایده استفاده از تکنولوژی OWC برای ارتباطات مخابراتی داخل پستهای DCS مبتنی بر IEC 61850 ۷۳۹
۱۰-۴- امکانسنجی قابلیت‌های پردازش لبه و پردازش مه موبایل در نسل پنجم بمنظور استفاده در صنعت برق ۷۴۱
۱۱-۴- تشخیص CLEARANCE خطوط فشار قوی با استفاده از پردازش تصاویر پوشش گیاهی ۷۴۲
۱۲-۴- امکانسنجی استفاده از دیتای سیستم های هواشناسی و محیط زیست در شبکه هوشمند برق و انرژی ۷۴۳
۱۴-۴- بررسی و تحقیق پلتفرم های ارتباطی ارتفاع بالا و کاربردهای آن‌ها در صنعت برق ۷۴۵
۱۲-۴- امکان‌سنجی بکارگیری فناوری‌های رایانشی (رایانش ابری، مه، لبه و ...) برای کاربردهای شبکه هوشمند برق ... ۷۴۷
۱۶-۴- آینده پژوهی توان پردازشی و عملکردی غبار هوشمند(SMART DUST) و نحوه بکارگیری آن در شبکه هوشمند برق و انرژی ۷۴۸
۱۷-۴- طراحی و پیاده‌سازی قابلیت تشخیص هوشمند عیوب توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی بر روی ربات پرنده با استفاده از پردازش تصویر ۷۵۰
۱۸-۴-استفاده از پردازش سیگنال جهت مکان‌یابی عیوب تجهیزات فشارقوی منجر به تخلیه جزئی ۷۵۱
۵- نتیجه‌گیری و اولویت‌بندی پروژه‌های تعیین شده ۷۵۱

فهرست اشکال مرحله ۳

عنوان **صفحه**

شکل ۱- جایگاه گروه‌های پژوهشی در ساختار سازمانی پژوهشگاه ۷۲۰
شکل ۲- ارتباط حرفه‌ای گروه‌های پژوهشی با واحدها و سازمان‌های دیگر ۷۲۱

فهرست جداول مرحله ۳

عنوان **صفحه**

جدول ۱- محورهاو زیر محورهای تخصصی گروه پژوهشی فن آوری اطلاعات و ارتباطات پژوهشگاه نیرو ۷۲۵
جدول ۲- عناوین پروژه‌های پیشنهادی گروه فن آوری اطلاعات و ارتباطات در دو سال آتی..... ۷۲۷
جدول ۳- ارتباط پروژه‌ها و اقدامات با چالش‌های تعیین شده در تحلیل شکاف فناوری‌ها در جهان و ایران..... ۷۲۹

۱- مقدمه مرحله ۳

در این پروژه در مرحله اول چالش‌های آتی و حال حاضر صنعت برق تعیین شدند. چالش‌های آتی با بررسی سیر تحولات سیستم‌های قدرت در نتیجه فشار دستورالعمل‌ها و خط‌مشی‌های انرژی و زیست‌محیطی کشورهای پیشرفته دنیا استخراج شده و چالش‌های حال حاضر صنعت برق با نظر سنجی از خبرگان تعیین شدند. در مرحله دوم پروژه، اسناد مرتبط با حوزه ICT در خصوص چالش‌های فنی شبکه صنعت برق و انرژی مورد بررسی قرار گرفته شد و کفایت چالش‌ها تعیین شده در مرحله ۱ بر اساس مطالعات تطبیقی و نظر سنجی از خبرگان بر اساس این اسناد بررسی گردید. همچنین در این مرحله به بررسی مراکز تحقیقاتی معتبر در حوزه انرژی و محور تحقیقاتی ICT در دانشگاه‌ها،کنفرانس‌ها، شرکت–های تعیین کننده روند فن آوری پرداخته شد، فن آوری‌های کلیدی استخراج گردید و ارتباط این فناوری‌ها در جهت رفع چالش‌ها با بررسی پروژه‌های صنعتی مربوطه بررسی گردید. بر اساس نتایج بررسی‌های انجام شده در پروژه‌های صنعتی، به نظر می‌رسد که چالشهای فنی را می‌توان به وسیله فناوری‌های تعیین شده مرتفع نمود. همچنین به منظور تعیین فناوری‌های با اولویت، وضعیت موجود این فناوری‌ها در کشور و جهان مورد بررسی قرار گرفت و سپس اولویت‌بندی فناوری‌ها انجام شد و فناوری‌های اولویت‌دار تعیین شدند که فناوری مد نظر برای اجرای تعاریف پروژه مرتبط در گزارش حاضر خواهند بود.

گزارش حاضر شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

۱- مرور ساختار و مأموریت گروه‌های پژوهشی و بررسی محورهای تخصصی گروه‌ها– در این بخش با توجه به آنکه هدف از این پروژه، تعریف و اجرای صرف پروژه‌های صنعتی و رفع چالش‌های فنی بررسی و تعیین شده در گزارش مرحله ۲ نمی‌باشد و بلکه هدف دستیابی به اهداف گروه پژوهشی و رسیدن به چشم انداز گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات که " تبدیل شدن به گروه پیشرو و معتبر در زمینه ICT صنعت برق " می‌باشد است. بدین منظور ساختار، اهداف و ماموریت‌های گروه‌های پژوهشی جهت تعیین پروژه‌های لازم بررسی می‌شوند.

۲- تعیین پروژه‌های مرتبط با اهداف گروه در حوزه فناوری‌های ICT – در این بخش با در نظر گرفتن اهداف و ماموریت‌ها گروه و در راستای رسیدن به چشم‌انداز گروه پژوهشی و همچنین با الهام بخشی از پروژه‌های بررسی شده در راستای رفع چالش‌های صنعت برق، به ارائه تعاریف پروژه‌های مناسب اقدام می‌شود.

۳- تهیه شناسنامه پروژه‌ها – در این بخش برای هریک از پروژه‌های تعیین شده شناسنامه پروژه شامل شرح مختصری از پروژه و مراحل اجرای پروژه، چالش فنی مرتفع شده، زمان و برآورد تقریبی هزینه پروژه تعیین می‌شود.

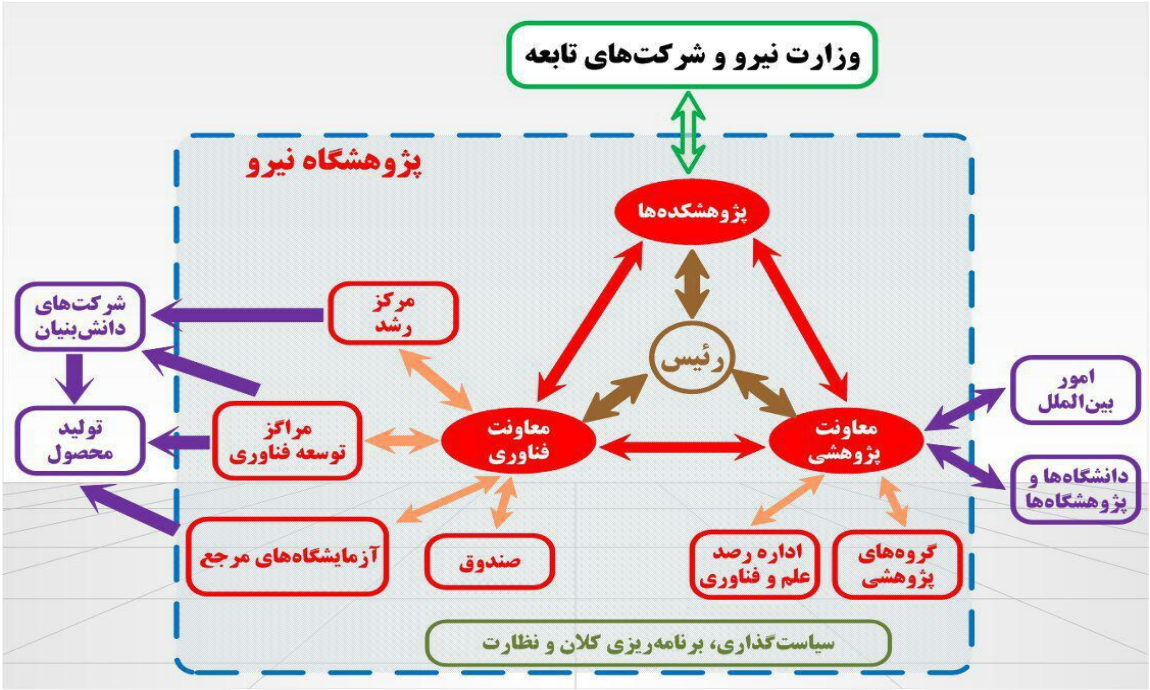
۴- نتیجه‌گیری و اولویت‌بندی پروژه‌ها – در این بخش به نتیجه‌گیری نهایی پرداخته می‌شود و با در نظر گرفتن این موضوع که اجرای پروژه‌ها در مدت دو سال آینده مد نظر می‌باشد، بر اساس پیش‌نیازها و نظرسنجی از خبرگان به اولویت‌بندی اجرای پروژه‌ها پرداخته خواهد شد.

۲- مرور ساختار و مأموریت گروه‌های پژوهشی و بررسی محورهای تخصصی گروه‌ها

گروه پژوهشی در پژوهشگاه نیرو شامل بدنه کارشناسی متشکل از پژوهشگرانی با تخصص مرتبط با محورهای تخصصی آن گروه که وظایف شناسایی و رصد فناوری و یا پیشنهاد راهبردهای بلندمدت در حوزه تخصصی مربوطه را با رویکرد شناختِ روندها، سیاست‌پژوهی و آینده‌نگاری در آن حوزه و مدیریت پژوهش‌های صورت گرفته یا قابل انجام در آینده را در سطح ملی برعهده دارد. لذا فعالیت‌های آینده‌نگر با هدف شناخت مسایل، چالش‌ها و فرصت‌های علمی و فناورانه در حوزه تخصصی مرتبط در صنعت برق و انرژی کشور در گروه پژوهشی انجام می‌شود.

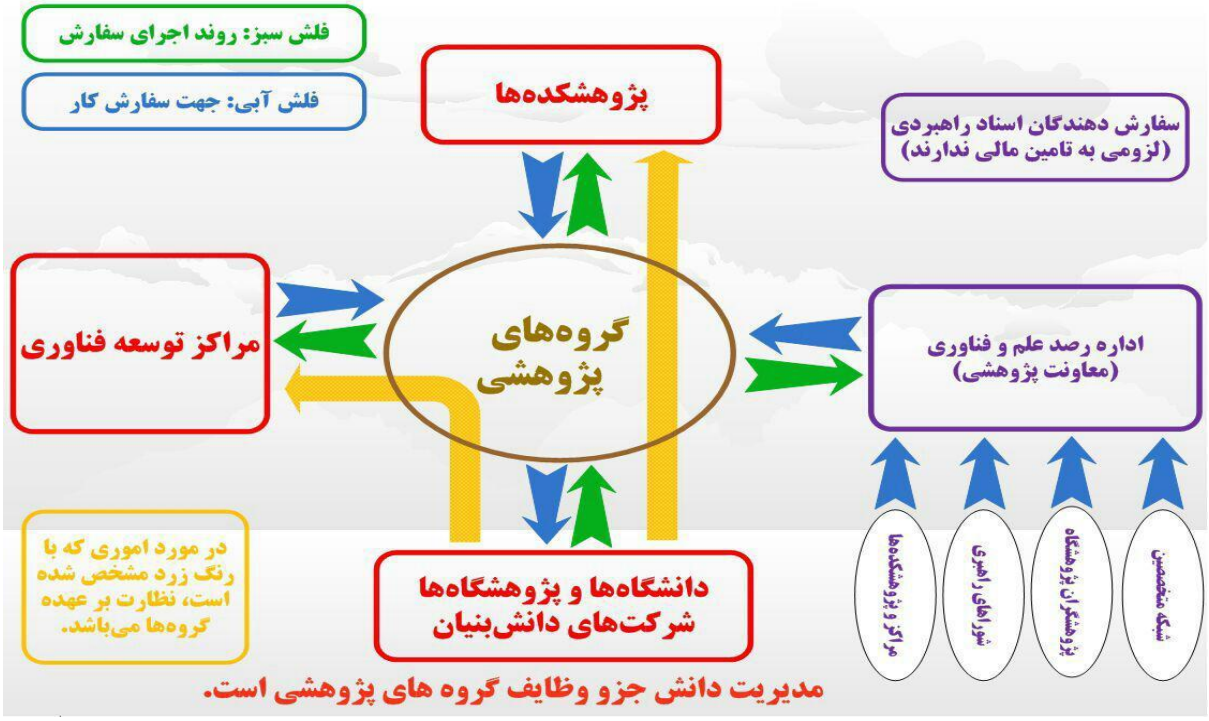
گروه پژوهشی دارای ارکان زیر می‌باشد:

- مدیر گروه
- کارشناسان تمام‌وقت گروه (شامل اعضای هیئت علمی و پژوهشگران غیرهیئت علمی)
- شورای راهبری در حوزه تخصصی مرتبط با گروه



شکل ۱۱۵- جایگاه گروه‌های پژوهشی در ساختار سازمانی پژوهشگاه

جایگاه گروه‌های پژوهشی در ساختار سازمانی پژوهشگاه و ارتباط حرفه‌ای گروه‌های پژوهشی با واحدها و سازمان‌های دیگر در پژوهشگاه مطابق شکل ۱۱۵ و شکل ۱۱۶ می‌باشد.



شکل ۱۱۶- ارتباط حرفه‌ای گروه‌های پژوهشی با واحدها و سازمان‌های دیگر

وظایف و مسئولیت‌های گروه پژوهشی به صورت کلی به شرح زیر می‌باشد:

- شناخت فناوری موجود و رصد فناوری در حوزه تخصصی مرتبط (مختص گروه‌های پژوهشی در حوزه‌های تخصصی فناورانه)؛
- شناخت راهبردهای موجود و پیشنهاد راهبردهای نوین و بلندمدت در حوزه تخصصی مرتبط به وزارت نیرو و سازمان‌های تابعه (مختص گروه‌های پژوهشی در حوزه‌های راهبردی اقتصاد، مالی، مدیریت، علوم اجتماعی و حقوق)؛
- شناسایی روندها و انجام فعالیت‌های سیاست‌پژوهی، آینده‌پژوهی، آینده‌نگاری در حوزه تخصصی مرتبط؛
- مدیریت و انجام طرح‌های کلان و طرح‌های تدوین اسناد راهبردی سفارش شده از وزارت نیرو؛
- آزمون ایده‌های فناورانه مرتبط با حوزه تخصصی؛
- انتشار دستاوردهای پژوهشی گروه در قالب گزارش‌ها، مقالات همایش‌ها و مجلات معتبر، برون‌داد تخصصی گروه، کتاب، اسناد راهبردی و غیره؛
- ارائه برون‌دادهای تخصصی گروه در قالب سمینارها، ثبت و فروش اختراع و دانش فنی، مشارکت در تدوین استانداردهای ملی و بین‌المللی و تلاش در جهت تصویب و پیاده‌سازی اسناد راهبردی تولید شده و نتایج پروژه‌های سیاست‌پژوهی در تصمیم‌گیری کلان کشور؛
- همکاری مستمر با معاونت پژوهشی به‌منظور تجمیع و مدیریت دانش‌های اکتسابی در حوزه تخصصی مرتبط؛
- شناسایی ظرفیت‌ها و توانمندی‌های موجود در سطح کشور در محورهای تخصصی مرتبط و همکاری با معاونت پژوهشی در ایجاد شبکه متخصصان در این حوزه‌ها؛
- مشارکت در امر توسعه تعامل با دانشگاه‌ها و همکاری در طرح‌های حمایتی مشترک پژوهشگاه با دانشگاه‌ها در حوزه تخصصی مرتبط از جمله طرح استاد، طرح حمایت از پروژه‌های تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌ها و به کارگیری محققان پسا دکتری؛

- تعامل با معاونت پژوهشی به‌منظور پیشبرد برنامه‌های پژوهشگاه در سطح بین‌المللی از جمله مشارکت در برنامه‌های پیش‌بینی شده در تفاهم‌نامه‌ها و یا قراردادهای بین‌المللی و انجام پروژه‌های مشترک در حوزه تخصصی مرتبط؛
- پیشنهاد ایده‌هایی از جنس طرح، پروژه و موضوعات پژوهشی با هدف تدوین طرح‌های کلان به شورای آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت نیرو از طریق معاونت پژوهشی؛
- کشف استعدادها و ایجاد فرصت‌های رشد در حوزه تخصصی مرتبط.

همچنین در هر گروه براساس روند زیر تدوین محورهای تخصصی گروه‌ها تعیین می‌شوند:

۱- نظرسنجی اولیه از اعضای گروه‌های پژوهشی و تصویب نقطه‌نظرات نهایی (با عنایت به سابقه تخصصی گروه‌ها) در شورای پژوهشگاه (بهمن ماه سال ۱۳۹۳)

۲- نظرسنجی دوره‌ای از اعضای گروه و شورای راهبری

۳- بررسی دوره‌ای نقطه‌نظرات دریافتی در معاونت پژوهشی به منظور اعمال تغییرات احتمالی (حذف اشتراکات، تمرکز بر زیرمحورها، ادغام محورها، ادغام گروه‌ها و ...) و تصویب در شورای پژوهشگاه

بر همین اساس در گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات، محورهای گروه تعیین شده اند که مطابق جدول زیر می‌باشد.

گروه پژوهشی فن آوری اطلاعات و ارتباطات			
کد محور	محور تخصصی	زیر محور تخصصی	موضوعات زیر محور تخصصی
E01	نرم‌افزار و آزمون	نرم‌افزار (نرم‌افزارهای کاربردی و سامانه‌های اطلاعاتی، پروتکل‌های ارتباطی، برنامه‌های موبایل، وب سرویس‌ها، سرویس‌های الکترونیک، داشبوردها و غیره)	مهندسی نیازمندی‌ها و تحلیل نرم‌افزار
			طراحی و توسعه نرم‌افزار (پایگاه داده، عملکرد و واسط کاربری)
			متدولوژی‌ها و روش‌های توسعه نرم‌افزار
			استانداردهای مهندسی نرم‌افزار
			پلتفرم
			پیاده‌سازی پروتکل‌های ارتباطی (IEC61850 ، IEC60870، DNP3، DLMS و غیره)
		آزمون نرم افزار	آزمون عملکردی
			آزمون غیرعملکردی
			صحت‌سنجی و اعتبارسنجی نرم افزار
			استانداردهای مرتبط
		آزمون پروتکل	استانداردهای آزمون های پروتکل‌های ارتباطی
			دستورالعمل انجام آزمون های پروتکل‌های ارتباطی
		آزمون تجهیز	استانداردهای مرتبط
			دستورالعمل آزمون تجهیزات
E02	مدیریت داده	مدیریت داده	ذخیره داده (پایگاه داده، انبار داده، ذخیره‌گاه‌ها و غیره)
			پردازش و تحلیل داده (تکنیک‌های داده‌کاوی، یادگیری ماشین و غیره)
			رایانش (ابری، مه، موازی، توزیع شده، GRID، لبه و غیره)

گروه پژوهشی فن آوری اطلاعات و ارتباطات			
کد محور	محور تخصصی	زیر محور تخصصی	موضوعات زیر محور تخصصی
			هوش تجاری (BI)
			شبکه های کامپیوتری
			مراکز داده
			کنترل بر مبنای داده
E03	تجهیزات و ارتباطات خطوط برق و سیمی	تجهیزات و ارتباطات خطوط برق و سیمی (مالتی پلکسر/ PLC/ DLC/ مودم HV/ TPS و ...)	انتقال برق از طریق خطوط فشار قوی PLC و شبکه توزیع
			مالتی پلکسر و TPS
E04	تجهیزات و ارتباطات رادیویی	تجهیزات و ارتباطات رادیویی (سلولی، مایکروویو، رادیوی اختصاصی، شبکه حسگر بی‌سیم، رادیو شناختگر، LPWAN و غیره)	
E05	مخابرات میدان و امواج	مخابرات میدان و امواج	انتقال و استحصال انرژی با استفاده از فن آوری‌های مخابراتی
			انتقال توان بی سیم
			اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی، شیلدینگ
E06	مخابرات نوری	مخابرات نوری (سیستم انتقال نوری، دسترسی نوری، OPGW، LiFi و ...)	
E07	زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه هوشمند برق / انرژی	سامانه های زیرساخت اندازه‌گیری هوشمند (MDM)
			سامانه های کنترل و مدیریت ریز شبکه‌ها و منابع تولید پراکنده (MGEMS/DERMS)
			نسامانه های کنترل و مدیریت شبکه های انتقال و توزیع (SCADA/EMS/DMS)
			نسامانه های مانیتورینگ و حفاظت گسترده شبکه برق (WAMPS)
			سامانه های مدیریت سمت تقاضا و مدیریت مصرف بار
			سامانه های مدیریت دارایی‌ها (نگهداری و تعمیرات) و مدیریت اکیپ‌های بهره‌برداری
			سامانه های بازار برق (عمده‌فروشی/ خرده‌فروشی/ جانبی)

گروه پژوهشی فن آوری اطلاعات و ارتباطات			
کد محور	محور تخصصی	زیر محور تخصصی	موضوعات زیر محور تخصصی
			سامانه های مدیریت شارژ خودروی برقی
			شبیه‌سازهای صنعت برق (تولید، انتقال، بازار برق، توزیع، مصرف)
			الزامات و نیازمندی های ارتباطی
			استانداردهای اطلاعاتی و ارتباطی
			قوانین و مقررات مورد نیاز
E08	فن آوری های تحول آفرین و نوظهور	فن آوری های تحول آفرین و نوظهور اطلاعات و ارتباطات	مالتی‌مدیا
			کاربردهای هوش مصنوعی
			بلاک چین
			شبکه‌های اجتماعی و وب معنایی مولتی‌مدیا
			Quantom Computing
			...
E09	اینترنت اشیا	جنبه های اطلاعاتی، ارتباطی، حسگرها و تجهیزات هوشمند در اینترنت اشیا در شبکه برق/انرژی	جنبه های اطلاعاتی اینترنت اشیا در شبکه برق/انرژی
			جنبه های ارتباطی اینترنت اشیا در شبکه برق/انرژی
			تجهیزات هوشمند در اینترنت اشیا در شبکه برق/انرژی
			حسگرها در اینترنت اشیا در شبکه برق/انرژی
E10	امنیت	امنیت داده ها و سامانه ها	امنیت داده
			امنیت سیگنال
			شبکه ارتباطی امن
			تنظیم مقررات ارتباطات و امنیت صنعت برق
			رمزنگاری کوانتوم
			تدوین استانداردها و دستورالعمل انجام آزمون های مخابرات امن
			امنیت فیزیکی
			ارتباطات در مدیریت بحران و پدافند غیرعامل
E11	سخت افزار و پردازش سیگنال	سخت افزار	سخت افزار
		سامانه های Embeddd	سامانه های Embeddd
		پردازش سیگنال	پردازش، تحلیل و فشرده سازی صوت و تصویر
			پردازش سیگنال های بی سیم
			سیستم های چند ورودی- چند خروجی (MIMO)

گروه پژوهشی فن آوری اطلاعات و ارتباطات			
کد محور	محور تخصصی	زیر محور تخصصی	موضوعات زیر محور تخصصی
			شخیص تلفات غیرفنی در سطوح مختلف صنعت برق

جدول ۹۲- محورهاو زیر محورهای تخصصی گروه پژوهشی فن آوری اطلاعات و ارتباطات پژوهشگاه نیرو

۳- تعیین پروژه‌های مرتبط با اهداف گروه در حوزه فن آوری های ICT تعیین شده در بند ۲-۳

به منظور تدوین پروژه‌های مرتبط با اهداف گروه در حوزه فن آوری‌های ICT که در بند ۳-۲ به شرح آنها پرداخته شده است و در راستای پوشش محورهای گروه بر اساس فن آوری‌های اولویت دار تعیین شده، با الهام بخشی از پروژه‌های صنعتی بررسی شده، تحلیل شکاف صورت گرفته در گزارش مرحله ۲ و همچنین در راستای رسیدن به چشم‌انداز گروه که "تبدیل شدن به گروه پیشرو و معتبر در زمینه ICT صنعت برق" می‌باشد، اقدامات و پروژهای لازم توسط تیم خبرگان گروه پژوهشی فن آوری اطلاعات و ارتباطات تعیین شد که به شرح جدول زیر می‌باشند.

ردیف	عنوان پروژه	محور تخصصی	پیشنهاد دهنده
۱	تدوین الزامات امنیتی بروزرسانی سفت افزار بر مبنای فناوری Cloud در زیرساخت AMI و پیاده سازی پایلوت بر مبنای آن	• امنیت • مدیریت داده	صوفیا آهنج فرزانه مرتضوی مهرنوش عابدی
۲	طراحی و پیاده‌سازی مدل تحلیلی مبتنی همزاد دیجیتال برای نیروگاه‌های صنعت برق	• فناوری های تحول آفرین و نوظهور	محمدرضا جبارپور صبریه چوبکار
۳	نگاشت دسته‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به سیستم‌ها در حوزه‌های شبکه هوشمند برق و انرژی	• مدیریت داده	فروغ صدیقی صوفیا آهنج محمدرضا جبارپور
۴	آزمون ایده طراحی و ساخت سامانه‌ی رصد و پیش‌بینی نقطه‌ای ریزگردها در پست‌های برق	• مدیریت داده • اینترنت اشیا • زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه • نرم افزار و آزمون	محمد رضا طریحی
۵	بررسی استفاده از پردازش تصویر در ربات پرنده به منظور پایش/ تشخیص عیوب در (توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی/ تجهیزات انتقال و ...) و پیاده سازی نمونه	• فناوری های تحول آفرین و نوظهور • سخت افزار و پردازش سیگنال • زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	یحیی سلیمی مهدی مظفری‌پور
۶	طراحی رابط کاربری محاوره‌ای در خصوص کاربردهای صنعت برق (جهت پاسخ دهی به امور مشتریان، خانه هوشمند)	• فناوری های تحول آفرین و نوظهور • سخت افزار و پردازش سیگنال • زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	علی محمد صغیری یحیی سلیمی

ردیف	عنوان پروژه	محور تخصصی	پیشنهاد دهنده
		• اینترنت اشیا	
۷	امکان سنجی طراحی زیرساخت ابری در پژوهشگاه نیرو برای کاربردهای صنعت برق	• مدیریت داده • زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	مهرنوش عابدی فرزانه مرتضوی شیدا سیدفرشی
۸	سند طرح بررسی نقش تحلیل داده ها در بخش های مختلف (تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین) صنعت برق	• مدیریت داده	فروغ صدیقی
۹	آزمون ایده استفاده از تکنولوژی OWC برای ارتباطات مخابراتی داخل پستهای DCS مبتنی بر IEC 61850	• مخابرات نوری	زهرا شریف‌پور شیدا سیدفرشی محمدرضا طریحی مهدیه علی بخشی
۱۰	امکان‌سنجی قابلیت‌های پردازش لبه و پردازش مه موبایل در نسل پنجم بمنظور استفاده در صنعت برق	• تجهیزات و ارتباطات رادیویی • مدیریت داده	محمدرضا طریحی
۱۱	تشخیص clearance خطوط فشار قوی با استفاده از پردازش تصاویر پوشش گیاهی	• سخت افزار و پرداش سیگنال	یحیی سلیمی
۱۲	امکان‌سنجی استفاده از دیتای سیستم های هواشناسی و محیط زیست در شبکه هوشمند برق و انرژی	• زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه • نرم‌افزار و آزمون	مهرنوش عابدی شیدا سیدفرشی
۱۳	مطالعه و بررسی تکنولوژی انتقال توان بیسیم با استفاده از امواج مایکروویو به منظور به‌کارگیری در صنعت برق و طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی	• میدان و امواج	زهرا شریف‌پور
۱۴	بررسی و تحقیق پلتفرم‌های ارتباطی ارتفاع بالا و کاربردهای آن‌ها در صنعت برق	• میدان و امواج • زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه • فناوری های تحول آفرین و نوظهور • اینترنت اشیا	محمد رضا جبارپور شیدا سیدفرشی محسن ظهیر
۱۵	امکان‌سنجی بکارگیری فناوری‌های رایانشی (رایانش ابری، مه، لبه و ...) برای کاربردهای شبکه هوشمند برق	• مدیریت داده	فرزانه مرتضوی محمد رضا جبارپور شیدا سیدفرشی
۱۶	آینده پژوهی توان پردازشی و عملکردی غبار هوشمند(Smart Dust) و نحوه بکارگیری آن در شبکه هوشمند برق و انرژی	• سخت افزار و پردازش سیگنال • زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه • اینترنت اشیا	محمد رضا طریحی
۱۷	طراحی و پیاده‌سازی قابلیت تشخیص هوشمند عیوب توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی بر روی ربات پرنده با استفاده از پردازش تصویر	• فناوری های تحول آفرین و نوظهور • سخت افزار و پردازش سیگنال • زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	یحیی سلیمی
۱۸	استفاده از پردازش سیگنال جهت مکان‌یابی عیوب تجهیزات فشارقوی منجر به تخلیه جزئی	• فناوری های تحول آفرین و نوظهور	یحیی سلیمی

ردیف	عنوان پروژه	محور تخصصی	پیشنهاد دهنده
		• سخت افزار و پردازش سیگنال • زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	

جدول ۹۳- عناوین پروژه‌های پیشنهادی گروه فن آوری اطلاعات و ارتباطات در دو سال آتی

این اقدامات در راستای رفع مشکلات، تعیین شده در تحلیل شکاف صورت گرفته در خلاصه وضعیت فناوری‌ها در جهان و ایران می‌باشند. ارتباط این چالش ها و مشکلات با پروژه‌های فوق به شرح جدول زیر می‌باشند.

ردیف	اقدام و پروژه	چالش تحلیل شکاف
۱	تدوین الزامات امنیتی بروزرسانی سفت افزار بر مبنای فناوری Cloud در زیرساخت AMI و پیاده سازی پایلوت بر مبنای آن	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود زیرساخت امن و قابل اطمینان • عدم وجود پروژه‌های اجرایی
۲	طراحی و پیاده‌سازی مدل تحلیلی مبتنی همزاد دیجیتال برای نیروگاه‌های صنعت برق	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی
۳	نگاشت دسته‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به سیستم‌ها در حوزه‌های شبکه هوشمند برق و انرژی	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی
۴	آزمون ایده طراحی و ساخت سامانه‌ی رصد و پیش‌بینی نقطه‌ای ریزگردها در پست‌های برق	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی
۵	بررسی استفاده از پردازش تصویر در ربات پرنده به منظور پایش/ تشخیص عیوب در (توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی/ تجهیزات انتقال و ...) و پیاده سازی نمونه	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی
۶	طراحی رابط کاربری محاوره‌ای در خصوص کاربردهای صنعت برق (جهت پاسخ دهی به امور مشتریان، خانه هوشمند)	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی
۷	امکان سنجی طراحی زیرساخت ابری در پژوهشگاه نیرو برای کاربردهای صنعت برق	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۸	سند طرح بررسی نقش تحلیل داده ها در بخش های مختلف (تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین) صنعت برق	• عدم وجود نقشه راه مناسب برای رسیدن به استانداردهای جهانی

ردیف	اقدام و پروژه	چالش تحلیل شکاف
		• عدم وجود پروژه‌های اجرایی • تخصیص بودجه مناسب جهت گسترش بازارها و فناوری-های مرتبط
۹	آزمون ایده استفاده از تکنولوژی OWC برای ارتباطات مخابراتی داخل پستهای DCS مبتنی بر IEC 61850	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • – نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۱۰	امکان‌سنجی قابلیت‌های پردازش لبه و پردازش مه موبایل در نسل پنجم بمنظور استفاده در صنعت برق	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • – نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۱۱	تشخیص clearance خطوط فشار قوی با استفاده از پردازش تصاویر پوشش گیاهی	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • – نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۱۲	امکان‌سنجی استفاده از دیتای سیستم های هواشناسی و محیط زیست در شبکه هوشمند برق و انرژی	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • – نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۱۳	مطالعه و بررسی تکنولوژی انتقال توان بیسیم با استفاده از امواج مایکروویو به منظور به‌کارگیری در صنعت برق و طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۱۴	بررسی و تحقیق پلتفرم های ارتباطی ارتفاع بالا و کاربردهای آن‌ها در صنعت برق	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۱۵	امکان‌سنجی بکارگیری فناوری‌های رایانشی (رایانش ابری، مه، لبه و ...) برای کاربردهای شبکه هوشمند برق	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده

ردیف	اقدام و پروژه	چالش تحلیل شکاف
۱۶	آینده پژوهی توان پردازشی و عملکردی غبار هوشمند(Smart Dust) و نحوه بکارگیری آن در شبکه هوشمند برق و انرژی	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۱۷	طراحی و پیاده‌سازی قابلیت تشخیص هوشمند عیوب توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی بر روی ربات پرنده با استفاده از پردازش تصویر	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده
۱۸	استفاده از پردازش سیگنال جهت مکان‌یابی عیوب تجهیزات فشارقوی منجر به تخلیه جزئی	• کمبود دانش جهت کاهش مسائل فنی در این حوزه • عدم وجود نیروی متخصص • عدم وجود پروژه‌های اجرایی • عدم وجود محصولات بومی • نیاز به فرهنگ سازی جهت استفاده

جدول ۹٤- ارتباط پروژه‌ها و اقدامات با چالش‌های تعیین شده در تحلیل شکاف فناوری‌ها در جهان و ایران

٤- تهیه شناسنامه پروژه‌ها

در این بخش برای هریک از پروژه‌های تعیین شده، شناسنامه پروژه شامل شرح مختصری از پروژه و مراحل اجرای پروژه، چالش فنی مرتفع شده، زمان و برآورد تقریبی هزینه پروژه تهیه شده است.

٤-۱- تدوین الزامات امنیتی بروزرسانی سفت افزار بر مبنای فناوری Cloud در زیرساخت AMI و پیاده سازی پایلوت بر مبنای آن

عنوان پروژه:	
پیشنهاد دهنده اولیه:	
زمان تقریبی:	بودجه تقریبی:
محور گروه / فناوری مرتبط : ا	
عنوان چالش فنی:	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری آزمون ایده ☐ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐ ☐	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا:	
مراحل کلی اجرا:	

۲-٤- طراحی و پیاده‌سازی مدل تحلیلی مبتنی همزاد دیجیتال برای نیروگاه‌های صنعت برق

عنوان پروژه: طراحی و پیاده‌سازی مدل تحلیلی مبتنی بر همزاد دیجیتال برای نیروگاه‌های صنعت برق	
پیشنهاد دهنده اولیه: محمدرضا جبارپور	
زمان تقریبی: ۱۲ ماه	بودجه تقریبی: ۳۵۰۰ میلیون ریال
محور گروه / فناوری مرتبط : فناوری‌های تحول آفرین و نوظهور / مدیریت داده	
عنوان چالش: چالش ۱ – مشاهده پذیری و کنترل پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره و ابزارهای تصمیم گیری چالش ۷– رفع چالش های زیست محیطی با در نظر گرفتن معیارهای جدید	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ■	

تشریح فعالیت و هدف از اجرا:

همزاد دیجیتال مجموعه‌ای متشکل از روش‌های مبتنی بر فیزیک و تحلیل‌های پیشرفته است که برای مدل کردن وضعیت فعلی هر دارایی (شیء) استفاده می‌شود. همزاد دیجیتالی نگاشتی از دارایی‌های فیزیکی به پلتفرم دیجیتالی ایجاد می‌کند. امروزه به خاطر مسائل مالی، تولیدکنندگان و توسعه-دهندگان نمی‌توانند از رویکرد ساختن و تغییر و تنظیم مداوم که قبلا برای طراحی بسیاری از پروژه‌ها استفاده می‌شد، بهره ببرند. همزاد دیجیتال روش جدیدی برای حل مسائل مهندسی پیچیده است. همزاد دیجیتال مفهوم جدیدی نیست، اما، پیشرفت‌های اخیر فناوری اطلاعات امکان پیاده‌سازی عملی و کاربردی آن را فراهم کرده است. توانایی‌های همزاد دیجیتال در نشان دادن وضعیت واقعی و پیش‌بینی وضعیت آینده سیستم، آن را به یک راه‌حل غیرقابل انکار برای بهبود سیستم‌های نظارتی و کنترلی سیستم‌های قدرت تبدیل کرده است. هدف اصلی همزاد دیجیتال این است که هر گونه تغییر، اصلاح و توسعه قبل از ساخت محصول اصلی بر روی همزاد دیجیتال آزمایش شود تا هزینه‌های عملیاتی کاهش یابد. هدف بعدی آن، نظارت لحظه‌ای و برخط روی محصول مورد نظر است تا عیب‌یابی ساده‌تر شده و هزینه‌های تعمیر و نگهداری هم کاهش یابد. همزاد دیجیتال توانایی ایجاد تعادل و بهینه‌سازی بین عوامل مهمی را که قبلا امکان ارزیابی و کنترل آنها برای اپراتورها وجود نداشت را فراهم می‌کند. در حقیقت، همزاد دیجیتال، امکان آزمایش سناریوهای "اگر این کار را انجام دهم چه اتفاقی می‌افتد" را برای اهداف تجاری و صنعتی فراهم می‌کند که منجر به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه توسط اپراتورها می‌شود.

اخیراً زیمنس[1] و بِنتلی[2] همزاد دیجیتالی برای منابع انرژی توزیع‌شده راه اندازی کرده‌اند. این برنامه‌های جدید به صاحبان و اپراتورهای برق کمک می‌کند با به اشتراک‌گذاری اطلاعات حیاتی بتوانند توانایی مدل‌های شبکه خود را به منظور بهره‌مندی از مزایای پیوسته و مداوم روزانه شناسایی کنند. این

[1] Siemens
[2] Bentley

راه‌حل۱ نرم‌افزارهایی را برای شرکت‌های توزیع، تامین‌کنندگان برق و اپراتورهای شبکه به منظور تحلیل، طراحی و ارزیابی تقاضاهای ارتباطات داخلی منابع انرژی توزیع‌شده را از طریق خدمات کامپیوتری و ابری فراهم می‌کند، و قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری عملیات شبکه را افزایش می‌دهد.

هدف این پروژه طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم نیروگاهی نمونه مانند نیروگاه بادی براساس فناوری همزاد دیجیتال است. این سیستم، مجموعه‌ای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری جهت بهبود عملکرد توربین‌های بادی است که برای این منظور اطلاعات لحظه‌ای عملکرد توربین‌ها از جمله شدت باد و جهت آن، توان تولیدی و راندمان هر توربین را جمع‌آوری می‌کند. از این اطلاعات و اطلاعات هواشناسی برای پیش‌بینی وضعیت وزش باد در روزهای بعدی استفاده می‌کند تا میزان تولید را تخمین و افزایش دهد. توربین‌های موجود در نیروگاه در داخل سیستم همزاد دیجیتال طراحی و نگاشت می‌شوند. از طرفی این سیستم به طور کامل با توربین‌های بادی در ارتباط بوده به طوری که با هر تغییری بر روی توربین موجود در سیستم همزاد دیجیتالی صورت گیرد (مثلاً تغییر در جهت پره‌ها) همان تغییر به توربین واقعی منتقل می‌شود. بنابراین می‌توان تنظیمات موردنظر را از این طریق بر روی تجهیزات اعمال نمود و بهره‌وری را افزایش داد. مزرعه بادی دیجیتالی شرکت جنرال الکتریک یکی از نمونه‌های موجود در این حوزه است (شکل ۱).



شکل ۱. نرم‌افزار مزرعه بادی دیجیتالی شرکت جنرال الکتریک

مراحل کلی اجرا:

- بررسی پروژه‌های مبتنی بر همزاد دیجیتال در صنعت برق
- استخراج نیازمندی‌های نرم‌افزاری و سخت افزاری
- بررسی مدل‌های تحلیل موجود در این زمینه و طراحی معماری کلی بر این اساس
- پیاده سازی بخش سرور و واسط کاربری سیستم همزاد دیجیتال
- پیاده‌سازی بخش‌های سخت‌افزاری و مخابراتی جهت ایجاد ارتباط بین سیستم همزاد دیجیتال و نیروگاه بادی
- تست و استقرار سیستم طراحی شده

[1] OpenUtilities DER Planning & Design Assessment Solutions

۳-٤- نگاشت دسته‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به سیستم‌ها در حوزه‌های شبکه هوشمند برق و انرژی

عنوان پروژه: نگاشت دسته‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به سیستم‌ها در حوزه‌های شبکه هوشمند برق و انرژی	
پیشنهاد دهنده اولیه: فروغ صدیقی	
زمان تقریبی: ۱۲ ماه	بودجه تقریبی: ۳ میلیارد و ۵۰۰ میلیون ریال
محور گروه / فناوری مرتبط : مدیریت داده	
عنوان چالش: چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ■ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ☐ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: در حال حاضر، نسل جدید هوش مصنوعی (AI 2.0) توجه بسیاری به خود جلب نموده است. در این راستا، AI 2.0 مبتنی بر داده موجب تسریع در توسعه سیستم‌های هوشمند برق و انرژی خواهد شد. در AI 2.0، یادگیری ماشین، یک مقوله کلی است که به منظور پیش‌بینی و داوری از طریق تجزیه و تحلیل و یادگیری از مقادیر انبوهی از داده‌های موجود و ترکیبی برای کمک به مدیران سطح بالا در تصمیم‌گیری بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. یادگیری ماشین در حوزه شبکه‌های هوشمند (SG) و اینترنت انرژی (EI) نیزکاربردهای متفاوتی دارد. در نتیجه، با توجه به رشد سریع تکنولوژی در سرتاسر جهان، AI 2.0 و به خصوص یادگیری ماشین نقش اساسی در عملکرد، بهینه‌سازی، کنترل، دیسپاچینگ و مدیریت سیستم‌های هوشمند برق و انرژی خواهد داشت. به عنوان مثال می‌توان به استفاده از روش‌های رگرسیون به منظور پیش‌بینی تقاضای بار، متدهای خوشه‌بندی به منظور تفکیک بار، متدهای یادگیری تقویتی در برنامه‌های پاسخ به تقاضا، متدهای یادگیری عمیق به منظور تخمین وضعیت سیستم‌های قدرت اشاره نمود. هدف اصلی در این پروژه، بررسی متدهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به منظور نگاشت دسته‌های مختلف این الگوریتم‌ها به سیستم‌ها در حوزه‌های شبکه هوشمند برق و انرژی می‌باشد.	
مراحل کلی اجرا: - مقدمه‌ای بر AI 2.0 و یادگیری ماشین شامل تاریخچه‌ای از هوش مصنوعی، بررسی مفاهیم موجود در AI 2.0 و تاریخچه‌ای از یادگیری ماشین و فرآیند تکامل متدهای آن - بررسی کلی متدهای یادگیری ماشین شامل یادگیری تقویتی، یادگیری عمیق، یادگیری انتقال، یادگیری موازی و غیره - بررسی کاربردهای متدهای یادگیری ماشین در سیستم‌های هوشمند برق و انرژی - نگاشت الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به سیستم‌های هوشمند برق و انرژی (با در نظر گرفتن مفهوم کلان داده‌ها) و چشم‌انداز توسعه سیستم‌های هوشمند برق انرژی مبتنی بر AI 2.0	

٤-٤- آزمون ایده طراحی و ساخت سامانه‌ی رصد و پیش‌بینی نقطه‌ای ریزگردها در پست‌های برق

عنوان پروژه: آزمون ایده طراحی و ساخت سامانه‌ی رصد و پیش‌بینی نقطه‌ای ریزگردها در پست‌های برق	
پیشنهاد دهنده اولیه: محمدرضا طریحی	
زمان تقریبی: ۱۵ ماه	بودجه تقریبی: ۳۵۰ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : مدیریت داده اینترنت اشیا زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه نرم افزار و آزمون	
عنوان چالش: چالش ۱: مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲: توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT چالش ۳: نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فناوری اطلاعات نوین چالش ۴: پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۵: بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۷: رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن معیارهای طراحی جدید	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: به دلیل اینکه در مناطق وسیعی از ایران (از جمله در استان خوزستان) نیروگاه‌ها، پست‌ها و خطوط انتقال برق در معرض ریزگردها قرار دارند، عملکرد صحیح آنها همواره با تهدید مواجه است. با رصد کردن ریزگردها و دنبال کردن روند تغییرات آنها، می‌توان اطلاعات مفیدی را در اختیار مدیران قرار داد تا با پیش‌بینی و برنامه‌ریزی مناسب از بحران‌های احتمالی جلوگیری کرده و تأثیرات منفی این ذرات را به حداقل رساند. ضرورت کنترل و پایش کیفیت هوا در مناطق شهری امری بدیهی به شمار می‌آید. اما ریزگردها در مناطق صنعتی نیز اختلالاتی ایجاد می‌کنند که تأثیرات آن بسیار حائز اهمیت است. نیروگاه‌ها، پست‌ها و خطوط انتقال برق که معمولا در خارج از شهرها قرار دارند و در معرض ذرات معلق (به خصوص گرد و غبار) قرار دارند، از جمله مواردی هستند که ریزگردها عملکرد آنها را مختل کرده یا به آنها آسیب می‌رساند. به طور مثال از آنجایی که از هوا به عنوان عایق در بسیاری از تجهیزات برق مانند کنداکتورهای خطوط انتقال و ترانس‌ها استفاده می‌شود، ذرات معلق در هوا باعث رخ دادن پدیده شکست الکتریکی شده و جریان برق از هوا عبور می‌کند که می‌تواند باعث آسیب و خسارت فراوان شود. همچنین در صورت مخلوط شدن هوا با رطوبت، این پدیده تشدید می‌شود. در حال حاضر رصد کردن ریزگردها در مکان‌های تجهیزات برق با چالش‌های مهمی مواجه است. بزرگترین چالش در به کارگیری این سیستم‌ها با توجه به گستردگی جغرافیایی شبکه برق، هزینه مالی زیاد تجهیزات دقیق و پیچیده اندازه‌گیری، حجم نسبتا بزرگ این تجهیزات و نیاز به استقرار آنها در نقاط زیاد است. این	

چالش‌ها مانع به کارگیری سیستم‌های رصد متعارف در مقیاس‌های بزرگ است. اینترنت اشیاء این امکان را فراهم می‌کند که بتوان کامپیوترهای کوچک و کم مصرف که متصل به سنسورهای مختلف هستند را به صورت بی‌سیم از طریق شبکه اینترنت یا اینترانت به یک مرکز داده متصل نمود. به این صورت می‌توان یک شبکه از سنسورهای کیفیت هوا ایجاد کرد و اندازه‌گیری‌ها و پارامترهای هوا (مانند دما، رطوبت، جهت و سرعت باد) را به صورت لحظه‌ای یا در فواصل زمانی مشخص به مرکز داده جهت نمایش و تحلیل ارسال نمود. مزیت این روش در مقایسه با استفاده از ایستگاه‌ها و سیستم‌های پیچیده اندازه‌گیری آن است که با توجه به اندازه کوچک، مصرف انرژی نسبتا پایین و قیمت نسبتا ارزان سنسورها می‌توان مناطق وسیع‌تری را با هزینه کمتری پوشش داد.

همچنین برای جبران دقت سنسورها می‌توان از الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین بهره برد. بعضی از این الگوریتم‌ها که ریشه در هوش مصنوعی دارند، قادر هستند تا داده‌های پراکنده از منابع مختلف (مثلا از تعدادی سنسور) را با هم ترکیب نموده تا یک اندازه‌گیری دقیق‌تر، کامل‌تر و قابل اعتمادتر به دست آید. این کار باعث می‌شود تا از عدم قطعیتی که در سنسورهای با دقت پایین‌تر وجود دارد و همچنین اختلالات در اندازه‌گیری‌ها تا حد قابل ملاحظه‌ای کاسته شود. به همین ترتیب می‌توان داده‌های به دست آمده از سنسورها را با داده‌های سازمان‌های هواشناسی داخلی و خارجی ترکیب نمود. با توجه به همبستگی این داده‌ها، این امکان به وجود می‌آید تا در صورتی که در مقاطعی از زمان داده‌های یکی از این منابع دچار اختلالات غیر منتظره شده یا حتی از دسترس خارج شود، از داده‌های منابع دیگر استفاده شود. علاوه بر این مزیت‌ها، مهم‌تر آنکه با استفاده از ترکیب داده‌های سنسورهای مختلف و هواشناسی می‌توان اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت هوا را در نقاط مورد دلخواه دقیق‌تر از هر یک پیش‌بینی کرد.

مراحل کلی اجرا:

- مطالعات سیستم‌های قدرت و شناسایی پارامترهایی که نیاز به اندازه‌گیری دارند
- تهیه، ساخت و نصب سخت‌افزار / نرم‌افزار مورد نیاز جمع‌آوری داده‌ها
- تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده
- مصورسازی و نمایش نتایج (داشبورد مدیریتی)

٥-٤- بررسی استفاده از پردازش تصویر در ربات پرنده به منظور پایش/ تشخیص عیوب در (توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی/ تجهیزات انتقال و ...) و پیاده سازی نمونه

عنوان پروژه: بررسی استفاده از پردازش تصویر در ربات پرنده به منظور پایش/ تشخیص عیوب در (پنل‌های خورشیدی/ توربین‌های بادی/ خطوط برق/ دیواره بویلر/ تجهیزات انتقال و ...) و پیاده سازی نمونه

پیشنهاد دهنده اولیه: مهدی مظفری‌پور

زمان تقریبی: ۱۸ ماه	بودجه تقریبی: ۴۵۰ میلیون تومان

محور گروه / فناوری مرتبط :

- فناوری های تحول آفرین و نوظهور

– سخت افزار و پردازش سیگنال – زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه
عنوان چالش: چالش ۵– بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: سامانه‌های مورد استفاده در صنعت برق نوعاً در حوزه جغرافیایی وسیعی گسترده می‌باشند که باید در شرایط سخت محیطی و برای سالیان متمادی کارکردی با قابلیت اطمینان بالا را ارائه دهند. یکی از این سامانه‌ها نیروگاه‌های مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی خورشیدی است که در هریک از آنها تعداد زیادی از صفحات خورشیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شرایط محیطی این صفحات سخت بوده و انتظار بر ۲۰ سال کارکرد از آنها می‌رود. هریک از این صفحات می‌تواند در طول زمان دچار مشکلاتی شوند و بخش‌هایی (و یا تمام) یک صفحه کارکرد مطلوب خود را از دست بدهد. نظر به این امر که المان‌های موجود در هر صفحه با یکدیگر و همینطور تمام صفحات نیز با هم در تعامل هستند، وجود هرگونه مشکل در بخشی از این سیستم علاوه بر کاهش کارکرد کلی (ناشی از افت عملکرد آن واحد معیوب)، فشار مضاعفی را بر دیگر بخش‌ها اعمال خواهد کرد. از اینرو پایش مرتب این صفحات دارای اهمیت فراوانی برای صاحبان این نیروگاه‌ها است. در حال حاضر این امر بیشتر به صورت نظارت انسانی و با مشکلات لجستیکی مربوطه صورت می‌گیرد. در این پروژه هدف بر نظارت و پایش این سیستم‌ها با استفاده از عکس‌برداری توسط پهپادها و پردازش سیگنال‌های تصویری جهت یافتن ایرادهای موجود می‌باشد. همچنین برای بخش‌های دیگر صنعت برق نظیر تجهیزات و خطوط انتقال، توربین‌های بادی و بویلرها نیز در خصوص استفاده و پیاده‌سازی اینگونه روش‌های پردازش تصویری امکان‌سنجی صورت خواهد پذیرفت.
مراحل کلی اجرا: - انجام مطالعات اولیه و بررسی فعالیت‌های قبلی صورت گرفته در زمینه پایش صفحات خورشیدی. - مطالعه و بررسی روش‌های پردازش تصویری مورد نیاز و قابل استفاده برای کاربردهای پایشی و درلحظه. - تهیه پهپاد مورد نظر و تجهیز آن با ادوات مناسب تصویربرداری. - پیاده‌سازی الگوریتم‌های پردازش تصویر بر روی پهپاد و ایستگاه زمینی - انجام تست‌های مورد نیاز - انجام مطالعات و بررسی‌ها در خصوص امکان‌سنجی استفاده از روش‌های فوق در سایر بخش‌های صنعت برق

٦-٤- طراحی رابط کاربری محاوره‌ای در خصوص کاربردهای صنعت برق (جهت پاسخ‌دهی به امور مشتریان، خانه هوشمند)

عنوان پروژه: طراحی رابط کاربری محاوره‌ای در خصوص کاربردهای صنعت برق (جهت پاسخ دهی به امور مشتریان، خانه هوشمند)	
پیشنهاد دهنده اولیه: علی محمد صغیری	
زمان تقریبی: ۱۲	بودجه تقریبی: ۳۵۰ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : - فناوری های تحول آفرین و نوظهور - سخت افزار و پردازش سیگنال - زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه - اینترنت اشیا	
عنوان چالش: چالش ۵- هینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: رابط‌های کاربری تعاملی در سال‌های اخیر بسیار پرکاربرد شده‌اند. دلیل این امر از یک سو رشد فناوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی است که باعث می‌شود امکان پردازش متن و گفتار فراهم شود و از سوی دیگر امکان حذف نیروهای انسانی که در عمل کارهای مشخص و بدون نیاز به خلاقیت را انجام می‌دهند فراهم می‌گردد. واسط کاربری تعاملی در واقع بخشی از یک سیستم پیچیده و بزرگ محسوب می‌شود که مجموعه ای از فناوری‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی و بازیابی اطلاعات را در بر می‌گیرد. پیاده سازی این رابط‌های کاربری دارای پیچیدگی‌های متعددی است. برخی از این پیچیدگی‌ها در ادامه ذکر شده اند. پردازش زبان طبیعی و تعامل با کاربر نیازمند فناوری‌های متعددی در حوزه پردازش متن، صوت و تصویر خواهد بود. لازم به ذکر است که بسیاری از ابزارهای موجود در حوزه پردازش زبان‌های طبیعی برای زبان انگلیسی مناسب هستند و استفاده از آنها برای زبان فارسی به سادگی میسر نیست. از سوی دیگر در این سیستم‌ها نگاشت دستورات دریافت شده از کاربر به یک سوال و در ادامه تولید پاسخ نیازمند استفاده از ابزارهای یادگیری ماشین است. به جهت پیاده سازی چنین نرم افزار های شرکت‌هایی مانند مایکروسافت چهارچوب ها، معماری‌ها و کتابخانه‌های هوش مصنوعی مناسبی ارائه کرده اند که می‌توان از آنها به جهت تولید نرم افزار استفاده نمود. هدف این پروژه ارائه یک سیستم خودکار جهت پشتیبانی امور مشتریان به صورت محاوره‌ای است. برای نیل به این هدف نیازمند طراحی زیر سیستم‌های متعددی جهت پردازش متن و گفتار و همچنین بازیابی اطلاعات خواهیم بود. در سال‌های اخیر این نرم افزارها جهت پاسخگویی به امور	

مشتریان در سازمان‌های متعددی استفاده شده اند و جزو فناوری‌های استراتژیک در سال‌های اخیر محسوب می‌گردند. امارات متحده عربی در بسیاری از سازمان‌های خود در حوزه‌هایی مانند پزشکی و انرژی در حال سرمایه گذاری و همچنین استفاده از چنین‌فناوری‌هایی است. بنابراین پیاده‌سازی چنین سیستمی برای صنعت برق و انرژی در ایران بسیار توصیه می‌گردد چرا که باعث کاهش هزینه‌های سازمان و بهبود رضایت کاربران می‌شود. از سوی دیگر وجود چنین زیرساختی امکان اتصال خانه‌های هوشمند به مراکز برق و انرژی را در آینده نزدیک فراهم می‌کند.
مراحل کلی اجرا: گام‌های این پروژه در ادامه ذکر شده اند. - استخراج نیازمندی‌های پروژه شامل استخراج مجموعه سناریوهایی که سیستم باید پاسخگوی آن‌ها باشد - طراحی یک معماری کلان از پایگاه داده، نرم افزار و کتابخانه‌هایی که جهت پردازش متن و سیگنال‌ها استفاده می‌شوند - طراحی دیاگرام‌های رفتاری (مانند usecase diagram, Activity diagram) و ساختاری (class diagram) - پیاده سازی بخش سرور(back-End). - پیاده سازی بخش واسط کاربری(Front-End). - تست و استقرار.

۷-٤- امکان سنجی طراحی زیرساخت ابری در پژوهشگاه نیرو برای کاربردهای صنعت برق

عنوان پروژه: امکان سنجی طراحی زیرساخت ابری در پژوهشگاه نیرو برای کاربردهای صنعت برق	
پیشنهاد دهنده اولیه: مهرنوش عابدی	
زمان تقریبی: ۹ ماه	بودجه تقریبی: ۱,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال
محور گروه / فناوری مرتبط : نرم افزار و آزمون	
عنوان چالش: چالش ۱۰ – امنیت چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره و ابزارهای تصمیم گیری	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ■ آینده نگاری آزمون ایده □ سیاست پژوهی اکتساب فناوری □ □ □	

تشریح فعالیت و هدف از اجرا: هدف از اجرای این پروژه، طراحی زیرساخت ابری بومی در پژوهشگاه نیرو می باشد. با توجه به اینکه به دلایل مختلف از سیستم های ابری کارآمد خارج از کشور نمی‌توان استفاده کرد و سیستم ابری کارآمد داخلی نیز چندان موجود نبوده و در صورت موجودی نیز برای پژوهشگاه با حجم اطلاعات بالا، مقرون به صرفه نیست. همچنین با توجه به وجود زیرساخت های ابتدایی موجود در پژوهشگاه، امکان سنجی طراحی زیرساخت ابری بومی ضروری به نظر میرسد.
مراحل کلی اجرا: - بررسی زیرساخت فعلی موجود در پژوهشگاه نیرو - بررسی و شناخت ملزومات راه اندازی زیرساخت ابری - امکان سنجی راه اندازی زیرساخت ابری در پژوهشگاه نیرو

۸-٤- سند طرح بررسی نقش تحلیل داده ها در بخش های مختلف (تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین) صنعت برق

عنوان پروژه: سند طرح بررسی نقش تحلیل داده ها در بخش های مختلف (تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین) صنعت برق	
پیشنهاد دهنده اولیه: فروغ صدیقی	
زمان تقریبی: ۵ سال	بودجه تقریبی: ۲۵ میلیارد ریال
محور گروه / فناوری مرتبط : مدیریت داده	
عنوان چالش: چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۳ – نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فناوری اطلاعات نوین چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱۲- بازار	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	

تشریح فعالیت و هدف از اجرا:

پیشرفت‌های مرتبط با تکنولوژی‌های کاربردی صنعت برق و انرژی از جمله سنسورها، تجهیزات الکترونیکی هوشمند و سیستم‌های توزیع شده تسهیلات جدیدی در حل چالش‌های صنعت برق از جمله امکان پیش‌بینی تقاضا، شکل‌دهی الگوی مصرف مشترکین، جلوگیری از قطعی برق و غیره فراهم آورده‌اند. همزمان با این پیشرفت‌ها، حجم بی‌سابقه‌ای از داده‌ها از منابع متعدد با سرعت و پیچیدگی بالا تولید می‌شود. به منظور مدیریت و استفاده از این داده‌ها، شرکت‌های زیرمجموعه صنعت برق در حوزه‌های مختلف تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین در تلاش برای پیاده‌سازی تکنولوژی‌های مرتبط با مدیریت حجم عظیم داده‌ها و انجام تحلیل و آنالیزهای پیشرفته برای تبدیل آنها به اطلاعات ارزشمند هستند. بطور کلی نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها می‌تواند به عنوان بستری برای ایجاد تغییرات در بخش‌های یک سازمان استفاده شود.

اگرچه در صنعت برق کشور، گام‌هایی در راستای مدیریت و تحلیل داده‌های گردآوری شده از منابع متعدد برداشته شده است، اما زمانی که صحبت از تحلیل کلان داده‌ها به میان می‌آید، شرکت‌های زیرمجموعه هنوز در ابتدای راه هستند. کمبود تخصص در زمینه مدیریت و تحلیل کلان داده‌ها از چالش‌های اساسی است که امروزه این شرکت‌ها با آن مواجه هستند. هدف اصلی در این پروژه بررسی نقش تحلیل داده‌ها در بخش‌های مختلف صنعت برق (تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین) و طراحی و انتخاب تکنیک‌های مدل‌سازی و الگوریتم‌های مناسب برای داده‌های موجود در حوزه انتخابی است. بدین منظور لازم است که ابتدا طرح‌هایی در هر یک از حوزه‌های تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین به منظور بررسی جامع نقش تحلیل داده‌ها در هر یک از حوزه‌های ذکر شده تعریف و سپس کاربردهای تحلیل داده‌ها در هر حوزه تحت قالب پروژه‌هایی مورد بررسی قرار گیرد.

مراحل کلی اجرا:

- طرح بررسی نقش تحلیل داده‌ها در حوزه تولید
- طرح بررسی نقش تحلیل داده‌ها در حوزه توزیع
- طرح بررسی نقش تحلیل داده‌ها در حوزه انتقال
- طرح بررسی نقش تحلیل داده‌ها در حوزه بازار برق
- طرح بررسی نقش تحلیل داده‌ها در حوزه مشترکین

۹-٤- آزمون ایده استفاده از تکنولوژی OWC برای ارتباطات مخابراتی داخل پستهای DCS مبتنی بر IEC 61850

عنوان پروژه: بررسی بکارگیری تکنولوژی OWC برای ارتباطات مخابراتی داخل پست‌های DCS مبتنی بر IEC61850	
پیشنهاد دهنده اولیه: زهرا شریف¬پور، شیدا سیدفرشی، محمدرضا طریحی، مهدیه علی بخشی	
زمان تقریبی: ۱۲ ماه	بودجه تقریبی: ۲۵۰ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : مخابرات نوری	
عنوان چالش: چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه	

چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ☐ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ■
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: مخابرات نوری بیسیم یا به اختصار OWC، که از طیف گسترده فرکانس‌های نوری بدون نیاز به مجوز شکل گرفته است، با بکارگیری تکنولوژی‌های مختلف، راه حلی نوین برای انتقال اطلاعات بصورت نوری می‌باشد. این فناوری هم برای برقراری ارتباطات در محیط داخلی و سربسته و هم برای برقراری ارتباطات بیسیم در محیط بیرونی، توجه پژوهشگران در سراسر دنیا را به خود جلب کرده است. ظرفیت بسیار بالا، تعداد دستگاه‌های متصل زیاد، زمان تاخیر بسیار کم، امنیت بسیار بالا، مصرف انرژی کم، تداخل‌پذیری کم و کیفیت بالا از الزامات شبکه‌های مخابراتی نسل آینده است که انتظار می‌رود سامانه‌های OWC این الزامات را مهیا نمایند. از سوی دیگر سیستم‌های کنترلی، حفاظتی و تشخیص و تصحیح خطا در صنعت برق به منظور عملکرد صحیح و سریع، نیاز به زیرساخت‌های ارتباطی قابل اطمینان با حداقل تاخیر زمانی دارند. تصور می‌شود سامانه‌های OWC یک راه حل مطمئن جهت انتقال اطلاعات و فرامین به صورت دقیق، سریع و با حداقل خطا برای این سیستم‌ها فراهم می‌کنند. با توجه به مشخصات منحصر به فرد سامانه‌های OWC و تکنولوژی‌های متفاوت قابل بکارگیری در آن، استفاده از آن در کاربرد ارتباطات مخابراتی داخل پست DCS نیاز به بررسی الزامات و نیازمندی‌های این ارتباط و انتخاب تکنولوژی مناسب آن دارد. لذا در این پروژه الزامات مخابراتی مورد نیاز در داخل پست‌های DCS مبتنی بر IEC61850 مورد بررسی دقیق قرار گرفته و متناسب با آن یکی از تکنولوژی‌های OWC انتخاب می‌شود. به علاوه لازم است در این مرحله مزایای بکارگیری این تکنولوژی از منظر فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین با توجه به نوین بودن این کاربرد OWC، پس از انتخاب تکنولوژی درخصوص فرستنده و گیرنده نوری مورد استفاده در کاربرد اتوماسیون پست تحت IEC61850 تحقیقات لازم صوت گرفته و ضمن تعیین و انتخاب اقلام مورد نیاز و قیمت نمونه‌های مورد نیاز، طراحی مفهومی و بلوک دیاگرامی اجزای فرستنده و گیرنده با توجه به الزامات کاربرد مورد نظر انجام می‌شود و با توجه به مزایا و معایب استفاده از OWC در کاربرد اتوماسیون پست، توصیه در جهت نحوه بکارگیری آن ارائه می‌شود. لازم به ذکر است در حال حاضر بومی‌سازی سیستم اتوماسیون پست مبتنی بر IEC61850 و رله‌های مورد نیاز در آن در داخل کشور انجام شده و پیاده‌سازی تکنولوژی OWC بر روی این سیستم می‌تواند با همکاری یکی از این شرکت‌ها انجام شود.
مراحل کلی اجرا: - بررسی الزامات مخابراتی اتوماسیون پست مبتنی بر IEC61850 - انتخاب تکنولوژی OWC مناسب متناسب با الزامات استخراج شده - بررسی سازندگان داخلی سیستم اتوماسیون IEC61850 در کشور و بررسی امکان همکاری جهت پیاده سازی بر روی محصولات ایشان - طراحی مفهومی و بلوک دیاگرامی فرستنده و گیرنده و اجزا مورد نیاز

- انتخاب قطعات مورد نیاز هر بلوک جهت پیاده‌سازی و استخراج قیمت حدودی پیاده سازی نمونه

۱۰-٤- امکان‌سنجی قابلیت‌های پردازش لبه و پردازش مه موبایل در نسل پنجم بمنظور استفاده در صنعت برق

عنوان پروژه: امکان‌سنجی استفاده از قابلیت‌های پردازش لبه و پردازش مه موبایل در نسل پنجم بمنظور کاربرد در صنعت برق	
پیشنهاد دهنده اولیه: محمدرضا طریحی	
زمان تقریبی: ۱۰ ماه	بودجه تقریبی: ۱۵۰ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : سخت‌افزار و پردازش سیگنال / مخابرات بی‌سیم سلولار و رایانش لبه و مه	
عنوان چالش: چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری‌های نوین ICT چالش ۳ – نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فناوری اطلاعات نوین چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۶ – تعامل و اتصال شبکه های برق با هم و با دیگر شبکه‌های انرژی	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ■ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ☐ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	

تشریح فعالیت و هدف از اجرا:

با افزایش تعداد دستگاه‌ها و تجهیزات هوشمند در صنعت برق و انرژی و افزایش نمایی ترافیک داده‌ها، معماری پردازشیِ متمرکز دیگر پایدار، تاب‌آور و قابل اطمینان نخواهد بود. لذا امروزه مطالعات و پژوهش‌های فراوانی در مورد پردازش روی لبه و پردازش مه به جای پردازش ابری در حال انجام است. با این رویکرد علاوه بر حفظ حریم خصوصی و امنیت، مسایل فنی همچون تاخیر و کاهش حجم پردازش ابری برای کاربردهایی همچون زیرساخت اندازه گیری پیشرفته (AMI) که یک سیستم یکپارچه متشکل از کنتورهای هوشمند، شبکه ارتباطی و سیستم مدیریت داده می‌باشد، فراهم خواهد شد. امروزه قابلیت پردازش لبه و پردازش مه در نسل پنجم موبایل (5G) فراهم شده است که دیر یا زود به صورت تجاری در دسترس مشترکین قرار خواهد گرفت. در این پروژه سعی خواهد شد امکان استفاده از این قابلیت پردازشی در یک شبکه سلولار برای کاربردهایی همچون AMI و یا خانه هوشمند و یا سایر کاربردهایی که نیاز به پردازش و تاخیر کم دارند، بررسی شده و راه‌کارها و قوانین فنی و غیرفنی که در این حوزه مورد نیاز است مورد بررسی قرار بگیرد.

مراحل کلی اجرا:

- مطالعه و بررسی در مورد پردازش لبه و پردازش مه
- استخراج چارچوب و معماری پردازش‌های لبه و مه در نسل پنجم موبایل (5G)
- استخراج کاربردهای مرتبط با روش‌های پردازشی مذکور در شبکه هوشمند برق
- ارائه روش‌های استفاده از فناوری‌های پردازشی برای کاربردهای احصاء شده در مرحله قبل
- ارائه معماری شبکه هوشمند آینده با استفاده از فناوری پردازش لبه و مه

۱۱-٤- تشخیص clearance خطوط فشار قوی با استفاده از پردازش تصاویر پوشش گیاهی

عنوان پروژه: تشخیص clearance خطوط فشار قوی با استفاده از پردازش تصاویر پوشش گیاهی

پیشنهاد دهنده اولیه: یحیی سلیمی خلیق

زمان تقریبی: ۱۵ ماه	بودجه تقریبی: ۵۸۰ میلیون تومان

محور گروه / فناوری مرتبط : پردازش سیگنال و تصویر

عنوان چالش: مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه

نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐

تشریح فعالیت و هدف از اجرا:

یکی از مسائلی که در خطوط فشار قوی که از جنگل‌ها و یا مناطق سرسبز عبور می‌کنند باعث ایجاد خطا در شبکه می‌شود رشد پوشش گیاهی اطراف خطوط و از بین رفتن فاصله مجاز الکتریکی با خط فشار قوی می‌باشد. این اتفاق منجر به اتصال فاز به زمین و قطع برق ناخواسته یا آتش‌سوزی گسترده می‌شود. روش سنتی جهت جلوگیری از اتفاقات این‌چنینی در نظر گرفتن فاصله مطمئن برای خطوطی که از مناطق دارای پوشش گیاهی عبور می‌کنند می‌باشد. اگر چه بازرسی‌های دوره‌ای در فواصل زمانی معین جهت جلوگیری از این اتفاقات انجام می‌شود اما به دلیل اینکه رشد پوشش کاملا

قابل پیش‌بینی نبوده و ممکن است در بازرسی چشمی مواردی نادیده گرفته شوند، لزوم پیاده‌سازی سیستم تشخیص خودکار فاصله clearance برای این خطوط احساس می‌شود. هدف از این پروژه طراحی الگوریتمی جهت تشخیص خودکار فاصله مجاز الکتریکی پوشش گیاهی با خطوط فشار قوی با استفاده از پردازش تصویر با قابلیت اعلام خطر جهت اطلاع به تیم تعمیر نگهداری می‌باشد.
مراحل کلی اجرا: - مطالعات اولیه، بررسی روش‌های استفاده شده در مقالات، پتنت‌ها و محصولات تجاری مشابه کاربرد مد نظر پروژه - تهیه دیتاست‌های مربوط به تصاویر پوشش گیاهی و خطوط فشار قوی و انتخاب روش - پیاده‌سازی الگوریتم در نرم افزار متلب - اجرای الگوریتم بر روی دیتاست‌های تهیه شده در مرحله ۲ و استخراج نتایج - جمع‌بندی و ارائه گزارش نهایی

۱۲-٤- امکان‌سنجی استفاده از دیتای سیستم های هواشناسی و محیط زیست در شبکه هوشمند برق و انرژی

عنوان پروژه: امکان‌سنجی استفاده از دیتای سیستم های هواشناسی و محیط زیست در شبکه هوشمند برق و انرژی	
پیشنهاد دهنده اولیه: مهرنوش عابدی	
زمان تقریبی: ۱۸ ماه	بودجه تقریبی: ۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال
محور گروه / فناوری مرتبط : نرم افزار و آزمون	
عنوان چالش: چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری‌های نوین ICT چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ■ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ☐ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: هدف از اجرای این پروژه، نحوه بکارگیری داده‌های هواشناسی و محیط زیست و پیش‌بینی‌های موجود در این زمینه می‌باشد. با توجه به اینکه آب و هوا و محیط زیست بر روی تجهیزات نیروگاهی و شبکه قدرت تاثیر مستقیم می‌گذارد، استفاده از داده‌های هواشناسی و محیط زیست و پیش‌بینی‌های موجود می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مربوط به شبکه هوشمند مورد استفاده قرار گیرد.	

مراحل کلی اجرا:

- نحوه دستیابی به داده‌های سیستم‌های هواشناسی و محیط زیست و پیش‌بینی‌های موجود
- بررسی و شناخت بخش‌های شبکه قدرت که متاثر از آب و هوا و محیط زیست هستند
- امکان‌سنجی نحوه بکارگیری این داده‌ها در شبکه قدرت

مطالعه و بررسی تکنولوژی انتقال توان بیسیم با استفاده از امواج مایکروویو به منظور به‌کارگیری در صنعت برق و طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی

عنوان پروژه: مطالعه و بررسی تکنولوژی انتقال توان بیسیم با استفاده از امواج مایکروویو به منظور به‌کارگیری در صنعت برق و طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی	
پیشنهاد دهنده اولیه: زهرا شریف پور	
زمان تقریبی: ۱۸ ماه	بودجه تقریبی: ۳۵۰ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : میدان و امواج	
عنوان چالش: چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۷– رفع چالش‌های زیست‌محیطی با در نظر گرفتن معیارهای طراحی جدید	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: فناوری انتقال توان بیسیم به ویژه در سال‌های اخیر در حوزه‌های مختلف بسیار مورد توجه قرار گرفته است و در صنعت برق نیز کاربردهایی برای این تکنولوژی مطرح شده است. یکی از انواع روش،های انتقال توان بیسیم، استفاده از امواج مایکروویو می‌باشد که ویژگی اصلی این روش نسبت به دیگر روش‌های انتقال توان بیسیم، قابلیت انتقال توان به فواصل دور می‌باشد. از جمله کاربردهای مطرح فناوری انتقال توان بیسیم با امواج مایکروویو در صنعت برق، می‌توان به برق‌رسانی به نقاط استراتژیک در مواقع بحران و اضطرار (به عنوان یک منبع تامین برق پشتیبان) و برق‌رسانی به نقاط دور از دسترس و صعب‌العبور اشاره نمود. در این پروژه این تکنولوژی مورد بررسی و مطالعه قرار خواهد گرفت و با هدف دستیابی به دانش فنی، پیاده سازی و ساخت یک نمونه ازمایشگاهی از سیستم انتقال توان بیسیم با امواج مایکروویو در نظر گرفته شده است.	
مراحل کلی اجرا: - مطالعات اولیه - انجام شبیه‌سازی‌ها و طراحی اولیه - پیاده‌سازی یک نمونه آزمایشگاهی سیستم انتقال توان بیسیم با امواج مایکروویو	

- انجام تست و اندازه‌گیری و بهینه نمودن نمونه آزمایشگاهی ساخته شده سیستم انتقال توان بیسیم با امواج مایکروویو

۱۴-۴- بررسی و تحقیق پلتفرم های ارتباطی ارتفاع بالا و کاربردهای آن‌ها در صنعت برق

عنوان پروژه: بررسی و تحقیق پلتفرم‌های ارتباطی ارتفاع بالا و کاربردهای آن‌ها در صنعت برق	
پیشنهاد دهنده اولیه: محسن ظهیر و شیدا سید فرشی	
زمان تقریبی: ۱۲ ماه	بودجه تقریبی: ۳۰۰ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : میدان و امواج/فناوری 5G	
عنوان چالش: چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید چالش ۱۰ – برقراری امنیت سایبری در شبکه انرژی آتی	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ■ آینده نگاری □ آزمون ایده □ سیاست پژوهی □ اکتساب فناوری □	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: با توسعه کاربردهای ارتباطات بی‌سیم و روند رو به رشد تعداد کاربران، نیاز به فناوری‌های پهن باند برای افزایش میزان نرخ داده و کیفیت داده‌های صوتی و تصویری افزایش یافته است. ظهور فناوری 5G نیز موید این واقعیت است، اما پیاده‌سازی این فناوری با چالش‌های عدیده‌ای روبررو است. بدلیل بالا بودن فرکانس فناوری 5G (28 GHz و 47 GHz)، ارتباط گیرنده و فرستنده در این فناوری نیاز به دید مستقیم بین آنتن‌های مرتبط دارد، به همین دلیل به تعداد زیادی دکل‌های بلند برای نصب آنتن‌های 5G نیاز است که هزینه زیادی را در پی دارد. روش دیگر برای پیاده‌سازی فناوری پهن باند، استفاده از ماهواره‌های GEO[1] و LEO[2] است. این ماهواره‌ها علاوه بر هزینه ساخت و پرتاب (ماهواره) بسیار زیاد، مشکلات خاص خود را نیز دارند: سیگنال ارسالی ماهواره‌های GEO به دلیل فاصله زیادی که از زمین دارند، معمولا دچار افت بسیار زیادی می‌شود. بعلاوه تاخیر بوجود آمده از ارسال سیگنال آن‌ها برای بسیاری از کاربردها قابل قبول نیست. از طرف دیگر هر چند ماهواره‌های LEO در ارتفاع پایین‌تری قرار دارند ولی به دلیل سرعت زیاد آن‌ها در گردش به دور زمین، لازم است تا ارتباطات از طریق ماهواره‌های متعدد LEO برقرار شود.	

[1] Geosynchronous Equatorial Orbit
[2] Low-Earth Orbit

روش جایگزین برای پیاده‌سازی فناوری‌های پهن‌باند، فناوری مابین دو فناوری زمینی و ماهواره‌ای است که پلتفرم ارتفاع بالا (HAP)[1] نامیده می‌شود، در این روش ارتفاع آنتن مخابراتی از سطح زمین ۱۷ تا ۲۱ کیلومتر می‌باشد. هدف HAPs بهره‌برداری از مزایای هر دو نوع فناوری پهن باند زمینی و ماهواره‌ای است. سرعت وزش باد در لایه‌ای از جو کره زمین که در این ارتفاع قرار دارد (استراتوسفر) بسیار ملایم است و بدین ترتیب HAP برای حفظ موقعیت به قدرت کمتری نیاز دارد و به همین دلیل پایداری پلتفرم ارتباطی می‌تواند در این ارتفاع بسیار بیشتر از لایه‌های پایین‌تر جو باشد. انواع پلتفرم‌ها را می‌توان به دسته‌های مختلفی از جمله بالون‌ها، کشتی‌های هوایی، هواپیماهای بدون سرنشین و با سرنشین تقسیم‌بندی نمود. پروژه‌های زیادی از سال ۲۰۰۰ میلادی در این زمینه انجام شده اند، در سال ۲۰۱۴ نیز دو پروژه مهم توسط فیسبوک و گوگل برای ساخت چنین پلتفرم‌های متحرکی که بتوانند اینترنت را به همه جای جهان از جمله نقاط بدون دسترس نیز برسانند، کلید خورده‌اند.

این پلتفرم‌ها علاوه بر این که می‌توانند ناحیه وسیعی را تحت پوشش قرار دهند مشکلات ماهواره‌های GEO و LEO را ندارند. همچنین هزینه پیاده‌سازی آن‌ها بسیار کمتر از دکل‌های 5G و ساخت و پرتاب ماهواره است. در مناطقی که به دلیل حوادث طبیعی مانند سیل / زلزله زیرساخت‌ها آسیب می‌بینند یا به دلیل افزایش جمعیت، پاسخ‌گوی نیازهای ارتباطی نیستند این پلتفرم‌ها می‌توانند در زمان بسیار کوتاهی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و در صورت نیاز نیز از جایی به جای دیگر منتقل شوند. این در حالی است که ساخت دکل یا پرتاب ماهواره نیازمند زمان زیادتری است. همچنین هنگامی که تجهیزات ماهواره به فضا پرتاب می‌شوند، ادوات مخابراتی در طول زمان دچار فرسودگی شده و قدیمی می‌شوند. پلتفرم‌های ارتفاع بالااین قابلیت را دارند که در صورت نیاز فرود آمده و تجهیزات آن‌ها تعمیر یا بروزرسانی شوند.

این پلتفرم‌ها با چالش‌هایی نیز روبرو هستند، یکی از چالش‌های مرتبط نیاز به ساختارهای بسیار سبکی است که بتوانند وزن قابل توجهی را تحمل کنند ضمن آن که تحمل فشار و دمای آن ارتفاع از جو را داشته باشند. تامین انرژی این پلتفرم‌ها از دیگر موارد چالشی است، برخی از این پلتفرم‌ها انرژی خود را از نور خورشید تامین می‌کنند و نیاز به فناوری‌های ذخیره انرژی دارند تا بتوانند در شب از آن استفاده کنند، برخی دیگر دارای مخازن سوخت هستند ولی به دلیل نیاز به سوخت‌گیری مدت پرواز کمی دارند. از چالش‌های مهم دیگر، پایداری مکانیکی این پلتفرم‌ها است. برخی از این پلتفرم‌ها مانند کشتی‌های هوایی به گونه‌ای حرکت می‌کنند که همیشه در جهت باد قرار می‌گیرند و در نتیجه آنتن و سیستم مخابراتی نصب شده بر روی آن‌ها باید این قابلیت را داشته باشد که بتوانند ارتباط را از آنتنی به آنتن دیگر سوئیچ کرده یا آنتن‌ها و بیم‌آن‌ها را به صورت مکانیکی یا الکترونیکی بچرخانند.

پلتفرم‌های ارتفاع بالا دارای مزایا و چالش‌های مختلفی نسبت به سیستم‌های مخابراتی زمینی و ماهواره‌ای هستند و در خیلی از مواقع به عنوان مکمل آن‌ها استفاده می‌شوند. از آن‌جایی که نیاز است تا در بسیاری از موارد این پلتفرم‌ها با ماهواره و همچنین سیستم‌های زمینی ارتباط داشته باشند طراحی شبکه شامل لایه فیزیکی، فرکانس‌های کاری و انواع آنتن‌ها، لایه MAC و پروتکل‌ها و استانداردهای مورد استفاده و لایه شبکه در این پلتفرم‌ها اهمیت بالائی دارد.

این پلتفرم‌ها کاربردهای زیادی در زمینه ایجاد و برقراری ارتباطات 5G (و سایر نسل‌ها) و همچنین گرفتن دیتا از راه دور دارند، به همین دلیل برای پایش و کاربردهای نظامی نیز مفید هستند. در شبکه برق نیز این پلتفرم‌ها می‌توانند در زمینه‌هایی مانند برقراری شبکه‌های ارتباطی و پایش و کنترل کاربرد داشته باشند.

[1] High-Altitude Platforms

مراحل کلی اجرا:

مراحل پروژه پیشنهادی به منظور آینده‌پژوهی پلتفرم‌های ارتباطی ارتفاع بالا و کاربرد های آن‌ها در صنعت برق به شرح زیر خواهد بود:

- بررسی پلتفرم‌های ارتباطی ارتفاع بالا، کاربردها و چالش‌های آن‌ها
- بررسی انواع پلتفرم‌های ارتفاع بالا و کاربردهای عمومی آن‌ها (در صنایع مختلف)
- بررسی روند تکنولوژی HAP و نمونه‌های موفق پیاده شده در دنیا
- بررسی وضعیت تکنولوژی HAP در ایران و نمونه‌های پیاده شده
- بررسی چالش‌های فنی پلتفرم‌های ارتفاع بالا
- چالش‌های مکانیکی
- چالش‌های ارتباطی
- بررسی اجزای سیستم پلتفرم‌های ارتباطی ارتفاع بالا
- لایه فیزیکی شامل مدل کانال و انواع آنتن‌ها
- استانداردها، مدولاسیون، پروتکل‌های لایه MAC و شبکه
- معماری شبکه
- بررسی کاربردهای پلتفرم‌های ارتفاع بالا در شبکه هوشمند برق و انرژی
- شبکه‌های ارتباطی
- پایش و کنترل

۱۲-٤- امکان‌سنجی بکارگیری فناوری‌های رایانشی (رایانش ابری، مه، لبه و ...) برای کاربردهای شبکه هوشمند برق

عنوان پروژه: امکان‌سنجی بکارگیری فناوری‌های رایانشی (رایانش ابری، مه، لبه و ...) برای کاربردهای شبکه هوشمند برق	
پیشنهاد دهنده اولیه: فرزانه مرتضوی	
زمان تقریبی: ۹ ماه	بودجه تقریبی: ۲.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال
محور گروه / فناوری مرتبط : مدیریت داده (زیرمحور رایانش)/ رایانش ابری	
عنوان چالش: چالش ۹- استاندارد سازی تبادل داده چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵- بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند چالش ۲- توسعه سیستم های خبره و ابزارهای تصمیم گیری چالش ۱۲- بازار	

نوع فعالیت: آینده پژوهی ■ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ☐ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: مدیریت انواع مختلف ادوات موجود در شبکه هوشمند انرژی، ایجاد ارتباط ایمن و کارا میان آنها، دریافت و پردازش حجم عظیم داده‌ها به‌صورت زمان‌واقعی و پاسخگویی سریع در شرایط نرمال و بحرانی از جمله چالش‌های شبکه هوشمند انرژی هستند. رایانش ابری فناوری نوینی است که با دارا بودن ویژگی‌های ذاتی مانند انعطاف‌پذیری، مقیاس‌پذیری، قابلیت دسترسی ایمن و ساده از تمام نقاط و صرفه اقتصادی، کمک شایانی به شبکه هوشمند در برطرف‌سازی این چالش‌ها می‌نماید. در این پروژه ابتدا مفاهیم مرتبط با با ابر و فناوری‌های رایانشیِ معرفی شده با ظهور ابر مانند رایانش مه، رایانش لبه، رایانش موبایلی، رایانش ابری موبایلی و رایانش cloudlet مورد بررسی قرار می‌گیرند. همچنین به بررسی فناوری‌های زیرمجموعه رایانش مانند فناوری‌های ذخیره‌سازی، ارتباطی و محاسباتی مرتبط پرداخته می‌شود. سپس کاربردهای رایانش ابری در صنعت برق در مقالات و پژوهش‌ها مورد مطالعه قرار گرفته و نمونه پروژه‌ها و پایلوت‌های انجام شده در حوزه ابرِ انرژی شناسایی شده و بررسی می‌گردند. پس از آن به بررسی مدل مرجع شبکه هوشمند (مدل SGIRM) و تغییرات معماری این مدل با ورود فناوری‌های رایانشی پرداخته می‌شود.
مراحل کلی اجرا: – بررسی مفاهیم رایانش ابری و سایر فناوری‌های رایانشی مرتبط با حوزه ابر – بررسی فناوری‌های زیرمجموعه رایانش ابری (شامل فناوری‌های ذخیره‌سازی، ارتباطی و محاسباتی مرتبط) – بررسی کاربردهای فناوری‌های ابری در صنعت برق از منظر مقالات و پژوهش‌های موجود – بررسی نمونه پروژه‌ها و پایلوت‌های انجام شده در حوزه کاربردهای فناوری‌های ابری در صنعت برق (ابر انرژی) – بررسی تأثیر فناوری‌های رایانشی بر معماری شبکه هوشمند (مدل SGIRM)

۱۶-٤- آینده پژوهی توان پردازشی و عملکردی غبار هوشمند(Smart Dust) و نحوه بکارگیری آن در شبکه هوشمند برق و انرژی

عنوان پروژه: آینده پژوهی استفاده از توان پردازشی و عملکردی ذرات هوشمند (Smart Dust) و نحوه بکارگیری آن در شبکه هوشمند برق و انرژی	
پیشنهاد دهنده اولیه: محمدرضا طریحی	
زمان تقریبی: ۱۲ ماه	بودجه تقریبی: ۲۵۰ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : سخت افزار و پردازش سیگنال زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه • اینترنت اشیا	

عنوان چالش:

چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه

چالش ۲ – توسعه سیستم‌های خبره، ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، روش‌ها و ابزارهای برنامه‌ریزی، نرم‌افزار شبیه‌سازی و روش‌های پیکربندی شبکه قدرت با در نظر گرفتن فناوری های نوین ICT

چالش ۳ – نیاز به پیش‌بینی تولید توان انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده با بهره‌گیری از بهترین روش‌ها با استفاده از فناوری اطلاعات نوین

چالش ۴ – پاسخ تقاضا فعال و یکپارچه‌سازی ابزارهای مدیریت

چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید

نوع فعالیت: آینده پژوهی ■ آینده نگاری □ آزمون ایده □ سیاست پژوهی □ اکتساب فناوری □

تشریح فعالیت و هدف از اجرا:

مفهوم نظارت و پایش و کنترل در شبکه برق سال‌هاست که با کمک سیستم‌های اسکادا جهت پایش پارامترهای مختلف در پست‌ها و نیروگاه‌ها استفاده می‌گردد. در این راستا، شبکه‌های حسگر بی‌سیم به عنوان یکی از فناوری‌های نوین در حال گسترش، شبکه‌های هوشمند را قادر به قرائت و تصمیم‌گیری دقیق می‌سازند. شبکه حسگر بی‌سیم، ابزار بسیار موثر و انعطاف‌پذیری برای دریافت مشخصه‌های شبکه قدرت به منظور پایش و تجزیه و تحلیل مرکزی است. یک شبکه حسگر بی‌سیم متشکل از تعداد زیادی گره‌های حسگر است که در یک محیط به طور گسترده پخش شده و به جمع‌آوری اطلاعات از محیط می‌پردازند. چنین خصوصیتی این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان از آن‌ها در مکان‌های خطرناک یا غیرقابل دسترس استفاده نمود. در این میان نانو فناوری در صدر فناوری‌های مرتبط قرار گرفته‌اند و در زمینه‌هایی چون سلول‌های فتوولتاییک، توربین‌های بادی، سلول‌های سوختی، تجهیزات ذخیره‌سازی انرژی و حسگرهای هوشمند کاربرد دارد.

یکی از جدیدترین ابداعات این حوزه، ذرات هوشمند (Smart Dust) هستند که سیستمی است که از ادواتِ ریز الکترومکانیکی (MEMS) مانند سنسورها، روبات‌ها یا دستگاه‌های دیگر، تشکیل شده و می‌تواند کمیت‌هایی مانند نور، دما، لرزش، مغناطیس یا مواد شیمیایی را تشخیص دهد. این سیستم معمولاً بر روی یک شبکه کامپیوتری بصورت بی‌سیم کنترل می‌شود و برای انجام یک عملیات در یک منطقه توزیع می‌شوند، معمولاً از طریق شناسایی فرکانس رادیویی سنجش می‌شوند و به آنتن نیاز ندارند و اندازه کوچکی دارند. ترکیب این فناوری با فناوری‌هایی مانند رایانش لبه می‌تواند قابلیت‌های چشمگیری برای برخی از کاربردهای صنعت برق و شبکه هوشمند ایجاد نماید. در این پروژه هدف شناسایی کامل این فناوری و استفاده از قابلیت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری آنها در کاربردهایی همچون اتوماسیون هوشمند و سایر کاربردهای احتمالی صنعت برق و شبکه هوشمند می‌باشد.

مراحل کلی اجرا:

- مطالعه، شناسایی و بررسی ذرات هوشمند (Smart Dust) و نحوه استفاده از پتانسیل پردازشی آن
- مطالعه سیستم‌های قدرت و شناسایی کاربردهای مبتنی بر ذرات هوشمند (Smart Dust)
- ارائه راه‌کارها و روش‌های استفاده از فناوری ذرات هوشمند (Smart Dust) در کاربردهای احصاء شده مرحله قبل
- ارائه چشم‌انداز شبکه هوشمند آینده با بکارگیری ذرات هوشمند (Smart Dust)

۱۷-٤- طراحی و پیاده‌سازی قابلیت تشخیص هوشمند عیوب توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی بر روی ربات پرنده با استفاده از پردازش تصویر

عنوان پروژه: طراحی و پیاده‌سازی قابلیت تشخیص هوشمند عیوب توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی بر روی ربات پرنده با استفاده از پردازش تصویر	
پیشنهاد دهنده اولیه: یحیی سلیمی خلیق	
زمان تقریبی: ۱۸ ماه	بودجه تقریبی: ۶۸۰ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : پردازش سیگنال و تصویر	
عنوان چالش: چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: تشخیص عیوب و خرابی در زیرساخت‌های مختلف صنعت برق در بسیاری از موارد به صورت چشمی و با استفاده از دوربین‌های نور مرئی/نامرئی و با استفاده از بازرسی دوره‌ای نیروی متخصص انجام می‌شود. بسیاری از این زیرساخت‌ها در مناطق صعب العبور بوده و یا هندسه و موقعیت قرارگیری آن به صورتی است که اعزام نیروی انسانی جهت بازرسی آن را دشوار می‌سازد. هدف از این پروژه بررسی مواردی از این عیوب است که با نصب دوربین نور مرئی یا نامرئی برروی ربات پرنده قابل تشخیص می‌باشد تا بتوان در مرحله بعد به پیاده‌سازی الگوریتم تشخیص خودکار این عیوب پرداخت. با استفاده از پردازش تصویر نور مرئی/نامرئی دریافت شده توسط دوربین نصب شده روی ربات پرنده، امکان تشخیص عیوب سازه و اجزای توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی وجود خواهد داشت. لازم به ذکر است با توجه به متحرک بودن ربات و لرزش تصاویر از تکنیک‌های هوشمند مختلف برای حذف لرزش تصاویر و همچنین از الگوریتم‌های یادگیری ماشین جهت تشخیص و دسته‌بندی عیوب باید استفاده شود.	
مراحل کلی اجرا: - بررسی عیوب قابل رویت توسط دوربین نور مرئی/یا نامرئی در سازه/زیرساخت انتخابی و انتخاب روش - مطالعات اولیه، بررسی روش‌های استفاده شده در مقالات، پتنت‌ها و محصولات تجاری و انتخاب روش - تهیه دیتاست‌های مربوط به عیوب استخراج شده در مرحله - طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم تشخیص عیوب و کاهش خطا در نرم افزار متلب - اجرای الگوریتم بر روی دیتاست‌های تهیه شده در مرحله ۳ و استخراج نتایج - جمع‌بندی و ارائه گزارش نهایی	

۱۸-٤-استفاده از پردازش سیگنال جهت مکان‌یابی عیوب تجهیزات فشارقوی منجر به تخلیه جزئی

عنوان پروژه: استفاده از پردازش سیگنال جهت مکان‌یابی عیوب تجهیزات فشارقوی منجر به تخلیه جزئی	
پیشنهاد دهنده اولیه: یحیی سلیمی خلیق	
زمان تقریبی: ۱۷ ماه	بودجه تقریبی: ۶۵۲ میلیون تومان
محور گروه / فناوری مرتبط : پردازش سیگنال و تصویر	
عنوان چالش: چالش ۱- مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری شبکه چالش ۵ – بهینه‌سازی دارایی‌های موجود و مدیریت دارایی هوشمند با استفاده از فناوری‌های جدید	
نوع فعالیت: آینده پژوهی ☐ آینده نگاری ☐ آزمون ایده ■ سیاست پژوهی ☐ اکتساب فناوری ☐	
تشریح فعالیت و هدف از اجرا: هدف از این پروژه طراحی الگوریتم‌های مکان‌یابی محل انتشار امواج فراصوتی/رادیویی بواسطه وجود عیب و تخلیه‌جزئی در تجهیزات می‌باشد. با استفاده از روش ذکر شده و نصب دریافت کننده‌های فراصوتی/رادیویی به صورت ثابت در همسایگی تجهیز و یا نصب بر روی ربات‌های متحرک می‌توان محل وقوع تخلیه جزئی و همینطور مقدار آن را تشخیص داد تا در صورت نیاز جهت رفع آن اقدام گردد.	
مراحل کلی اجرا: - مطالعات اولیه، بررسی روش‌های استفاده شده در مقالات، پتنت‌ها و محصولات تجاری مشابه کاربرد مد نظر پروژه - تهیه دیتاست‌های مربوط به امواج صاتع شده از محل وقوع تخلیه جزئی (در صورت امکان به صورت عملی و با استفاده از گیرنده‌های فیزیکی) - پیاده‌سازی الگوریتم در نرم افزار متلب - اجرای الگوریتم بر روی دیتاست‌های تهیه شده در مرحله ۲ و استخراج نتایج - جمع‌بندی و ارائه گزارش نهایی	

۵- نتیجه‌گیری و اولویت‌بندی پروژه‌های تعیین شده

در این بخش با در نظر گرفتن این موضوع که اجرای پروژه‌ها در مدت دو سال آینده مد نظر می‌باشد، بر اساس پیش‌نیازها و نظر سنجی از خبرگان به اولویت‌بندی اجرای پروژه‌ها به صورت جدول زیر پرداخته شد.

جدول ۹۵- خلاصه شناسنامه پروژه‌ها و اولویت بندی زمانی آنها

ردیف پروژه	عنوان پروژه	چالش مرتفع شده	محور تخصصی	نوع پروژه	برآورد هزینه پروژه (میلیون ریال)	پیش نیاز	برنامه زمانی							
							سال اول				سال دوم			
							سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم	سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم
۱	تدوین الزامات امنیتی بروزرسانی سفت افزار بر مبنای فناوری Cloud در زیرساخت AMI و پیاده سازی پایلوت بر مبنای آن	۱،۵،۲	– امنیت –مدیریت داده	آزمون ایده	۳۰۰۰	۱								
۲	طراحی و پیاده‌سازی مدل تحلیلی مبتنی همزاد دیجیتال برای نیروگاه‌های صنعت برق	۱،۲، ۵، ۷	-فناوری های تحول آفرین و نوظهور	آزمون ایده	۳۵۰۰	ندارد								
۳	نگاشت دسته‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به سیستم‌ها در حوزه‌های شبکه	۱	– مدیریت داده	آینده پژوهی	۳۰۵۰۰	ندارد								

ردیف پروژه	عنوان پروژه	چالش مرتفع شده	محور تخصصی	نوع پروژه	برآورد هزینه پروژه (میلیون ریال)	پیش نیاز	برنامه زمانی							
							سال اول				سال دوم			
							سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم	سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم
	هوشمند برق و انرژی													
۴	آزمون ایده طراحی و ساخت سامانه‌ی رصد و پیش‌بینی نقطه‌ای ریزگردها در پست‌های برق	۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷	–مدیریت داده – اینترنت اشیا – زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه – نرم افزار و آزمون	آزمون ایده	۳۵۰۰	ندارد								
۵	بررسی استفاده از پردازش تصویر در ربات پرنده به منظور پایش/ تشخیص عیوب در (توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی/ تجهیزات انتقال و	۵	– فناوری های تحول آفرین و نوظهور – سخت افزار و پردازش سیگنال – زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	آزمون ایده	۴۵۰۰	۱۷								

ردیف پروژه	عنوان پروژه	چالش مرتفع شده	محور تخصصی	نوع پروژه	برآورد هزینه پروژه (میلیون ریال)	پیش نیاز	برنامه زمانی							
							سال اول				سال دوم			
							سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم	سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم
	...) و پیاده سازی نمونه													
۶	طراحی رابط کاربری محاوره‌ای در خصوص کاربردهای صنعت برق (جهت پاسخ دهی به امور مشتریان، خانه هوشمند)	۵	– فناوری های تحول آفرین و نوظهور – سخت افزار و پردازش سیگنال – زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه – اینترنت اشیا	آزمون ایده	۳۵۰۰	ندارد								
۷	امکان سنجی طراحی زیرساخت ابری در پژوهشگاه نیرو برای کاربردهای صنعت برق	۱،۲،۵	– مدیریت داده – زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	آینده پژوهی	۱۵۰۰	ندارد								
۸	سند طرح بررسی نقش تحلیل داده‌ها در بخش های	۱،۳،۴۵،۱۲	– مدیریت داده	آزمون ایده	۲۵۰۰۰۰	ندارد								۵ ساله

ردیف پروژه	عنوان پروژه	چالش مرتفع شده	محور تخصصی	نوع پروژه	برآورد هزینه پروژه (میلیون ریال)	پیش نیاز	برنامه زمانی							
							سال اول				سال دوم			
							سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم	سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم
	مختلف (تولید، توزیع، انتقال، بازار برق و مشترکین) صنعت برق													
۹	آزمون ایده استفاده از تکنولوژی OWC برای ارتباطات مخابراتی داخل پستهای DCS مبتنی بر IEC 61850	۱،۵	مخابرات نوری	اکتساب فناوری	۲۵۰۰	–								
۱۰	امکان‌سنجی قابلیت‌های پردازش لبه و پردازش مه موبایل در نسل پنجم بمنظور استفاده در صنعت برق	۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶	– تجهیزات و ارتباطات رادیویی – مدیریت داده	آینده‌پژوهی	۱۵۰۰	–								
۱۱	تشخیص clearance خطوط فشار قوی با استفاده از پردازش	۱،۵	– سخت افزار و پرداش سیگنال	آزمون ایده	۵۸۰۰	–								

ردیف پروژه	عنوان پروژه	چالش مرتفع شده	محور تخصصی	نوع پروژه	برآورد هزینه پروژه (میلیون ریال)	پیش نیاز	برنامه زمانی							
							سال اول				سال دوم			
							سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم	سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم
	تصاویر پوشش گیاهی													
۱۲	امکان‌سنجی استفاده از دیتای سیستم های هواشناسی و محیط زیست در شبکه هوشمند برق و انرژی	۱،۲،۵	– زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه – نرم‌افزار و آزمون	آینده‌پژوهی										
۱۳	مطالعه و بررسی تکنولوژی انتقال توان بیسیم با استفاده از امواج مایکروویو به منظور به‌کارگیری در صنعت برق و طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی	۱،۵	– میدان و امواج	آزمون ایده	۳۵۰۰									

ردیف پروژه	عنوان پروژه	چالش مرتفع شده	محور تخصصی	نوع پروژه	برآورد هزینه پروژه (میلیون ریال)	پیش نیاز	برنامه زمانی							
							سال اول				سال دوم			
							سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم	سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم
۱۴	بررسی و تحقیق پلتفرم های ارتباطی ارتفاع بالا و کاربردهای آن‌ها در صنعت برق	۱۰ ،۱،۵	– میدان و امواج – زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه – فناوری های تحول آفرین و نوظهور – اینترنت اشیا	آینده‌پژوهی	۳۰۰۰	–								
۱۵	امکان¬سنجی استفاده از قابلیت‌های پردازش لبه و پردازش مه موبایل در نسل پنجم بمنظور کاربرد در صنعت برق	۱،۲،۵،۹،۱۲	– مدیریت داده	آینده پژوهی	۲۰۰۰	ندارد								
۱۶	آینده پژوهی توان پردازشی و عملکردی غبار هوشمند (Smart Dust) و نحوه بکارگیری آن در	۱، ۲، ۳، ۴، ۵	– سخت افزار و پردازش سیگنال – زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه – اینترنت اشیا	آینده پژوهی										

ردیف پروژه	عنوان پروژه	چالش مرتفع شده	محور تخصصی	نوع پروژه	برآورد هزینه پروژه (میلیون ریال)	پیش نیاز	برنامه زمانی							
							سال اول				سال دوم			
							سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم	سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم
	شبکه هوشمند برق و انرژی													
۱۷	طراحی و پیاده‌سازی قابلیت تشخیص هوشمند عیوب توربین‌های بادی/خطوط برق/دیواره بویلر/پنل‌های خورشیدی بر روی ربات پرنده با استفاده از پردازش تصویر	۱،۵	– فناوری های تحول آفرین و نوظهور – سخت افزار و پردازش سیگنال – زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه	آزمون ایده	۶۸۰۰	–								
۱۸	استفاده از پردازش سیگنال جهت مکان‌یابی عیوب تجهیزات فشارقوی منجر به تخلیه جزئی	۱،۵	– فناوری های تحول آفرین و نوظهور – سخت افزار و پردازش سیگنال	آزمون ایده	۶۸۰۰	–								

ردیف پروژه	عنوان پروژه	چالش مرتفع شده	محور تخصصی	نوع پروژه	برآورد هزینه پروژه (میلیون ریال)	پیش نیاز	برنامه زمانی							
							سال اول				سال دوم			
							سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم	سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم	سه ماهه چهارم
			– زیرساخت اطلاعاتی / ارتباطی شبکه											

مراجع مرحله ۳

[1]. پژوهشگاه نیرو، " مرور ساختار و مأموریت گروه‌های پژوهشی و بررسی محورهای تخصصی گروه‌ها"، ۱۳۹۷
[2]. پژوهشگاه نیرو، " روش شناسی تدوین اسناد راهبردیتوسعه فناوری های صنعت برق"، سال ۱۳۹۲