NRI-ER-710-PEAPN17-00-L

بررسی و مقایسه اتوبوس‌های شهری با پیشرانه‌های برقی و هیبریدی و استخراج سیکل حرکتی آن‌ها در تهران



مدیر پروژه: محمد رضا نیک‌زاد

مجری: سهراب امینی ولاشانی

DOI: 10.30503/nripress.2020.228


بسم الله الرحمن الرحيم

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

بررسی و مقایسه اتوبوس های شهری با پیشرانه های برقی و هیبریدی و استخراج سیکل حرکتی آنها در تهران

مؤلفان:

محمد رضا نیک‌زاد

انتشارات پژوهشگاه نیرو

۱۳۹۹

کد گزارش: NRI-ER-710-PEAPN17-00-L

DOI: DOI: 10.30503/nripress.2020.228

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. طرح بومی‌سازی زیرساخت و اجزای خودرو برقی

بررسی و مقایسه اتوبوس های شهری با پیشرانه های برقی و هیبریدی و استخراج سیکل حرکتی آنها در تهران/ مدیر پروژه. کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۹

۴۶۷ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. همکار پروژه: نیک‌زاد، محمدرضا؛ خلیل زاده، محمد؛ عزتی مصلح، مجید؛ ربیعی، علی؛
۲. مجری: امینی ولاشانی، سهراب

انتشارات پژوهشگاه نیرو

طرح بومی‌سازی زیرساخت و اجزای خودرو برقی

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

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

فرم تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب محمدرضا نیکزاد متعهد 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 :

۱. محمد خلیل‌زاده

۲. مصلح عزتی

۳. مجید عزتی مصلح

۴. علی ربیعی

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

پیشگفتار

با توجه به شدت یافتن معضل گرما و آلودگی هوا، نیاز به استفاده از فناوری‌های سبز، اهمیت زیادی پیدا کرده است. بخش عظیمی از این مشکلات در کلان‌شهرها ناشی از کمبود سامانه‌های حمل‌ونقل عمومی است.

از طرفی مصرف سوخت بالای اتوبوس‌های شهری به دلیل عدم عملکرد مناسب موتورهای دیزلی در نقطه بهینه، باعث ایجاد مشکلاتی در توسعه انحا در فضای شهری شده است.

به‌منظور کاهش میزان آلودگی و همچنین کاهش مصرف سوخت فسیلی بسته به شرایط اقلیمی و چشم‌اندازهای حکومتی راهکارهای مختلفی جهت جایگزینی پیشرانه‌های اتوبوس‌های با سوخت فسیلی با دیگر انواع پیشرانه در سراسر دنیا ارائه شده است.

امروزه استفاده از سیستم‌های رانشی برقی و هیبرید به‌عنوان راهکاری مرسوم جهت کاهش مصرف سوخت و همچنین کاهش آلودگی خودروهای با موتور درون‌سوز محسوب می‌شود. طی بیست سال اخیر خودروهای برقی و هیبریدی مختلفی تولید شده و به بازار عرضه شده‌اند و تقریباً تمامی تولیدکنندگان مطرح دنیا سهمی از تولیدات خود را به این خودروها اختصاص داده‌اند. این تولیدات فقط منحصر به خودروهای سواری نبوده و در انواع وسایل حمل‌ونقل نظیر موتورسیکلت، اتوبوس، مینی‌بوس و حتی لوکوموتیو، محصولاتی مشاهده می‌شود.

پروژه فوق تحت عنوان " بررسی و مقایسه اتوبوس های شهری با پیشرانه های برقی و هیبریدی و استخراج سیکل حرکتی آنها در تهران " به‌منظور مدیریت و شناسایی توانمندی داخلی و همچنین توسعه فناوری و بومی‌سازی دانش فنی در حوزه سیستم‌های پیشرانه اتوبوس‌های هیبریدی و برقی درون‌شهری با همکاری مرکز توسعه فناوری خودروهای برقی در مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته پژوهشگاه نیرو انجام گرفت.

گزارش پیش رو مربوط به‌تمامی مراحل (مرحله اول تا سوم) خدمات پروژه است که با مدیریت دکتر محمدرضا نیک زاد و محققین مهندس محمد خلیل زاده و دکتر مجید عزتی مصلح تدوین شده است. همچنین مجری پروژه جناب آقای مهندس سهراب امینی ولاشانی (رئیس مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته)، مجری طرح جناب آقای مهندس مهدی اسکویی (رئیس مرکز توسعه فناوری خودروهای برقی)، ناظر پروژه جناب آقای دکتر محمد چرخگرد می‌باشند. در انتها از سرکار خانم مهندس علی‌بخشی (معاون مرکز توسعه فناوری خودروهای برقی) به جهت همکاری و ایجاد هماهنگی لازم نهایت تشکر را داریم.

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ بخش اول: بررسی انواع پیشرانه‌های مرسوم مورد استفاده در اتوبوس‌های شهری و استخراج مشخصات فنی آن‌ها ۱

۱ ۱ دسته‌بندی انواع اتوبوس‌های شهری بر اساس سیستم پیشرانه آن‌ها ۱

۱ ۲ اتوبوس‌های با مصرف سوخت‌های فسیلی ۲

۱ ۲ ۱ اتوبوس‌های دیزلی ۵

۱ ۲ ۲ اتوبوس‌های CNG ۷

۱ ۳ اتوبوس‌های زیست سوخت ۱۰

۱ ۳ ۱ اتوبوس‌های زیست سوختی با سوخت FAME/HVO ۱۱

۱ ۴ اتوبوس‌های الکتریکی ۱۲

۱ ۴ ۱ اتوبوس‌های برقی ۱۳

۱ ۴ ۲ اتوبوس‌های ترولی ۱۵

۱ ۵ اتوبوس‌های با تغذیه هیبریدی (دیزل-الکتریک) ۱۷

۱ ۶ اتوبوس‌های با تغذیه هیدروژن ۱۹

۱ ۷ نتیجه گیری ۲۴

فصل ۲ بخش دوم: بررسی و استخراج مشخصات فنی پیشرانه‌های نوین برقی و هیبریدی اتوبوس‌های شهری ۲۵

۲ ۱ اتوبوس‌های الکتریکی ۲۵

۲ ۱ ۱ نحوه تغذیه اتوبوس‌های الکتریکی ۲۸

۲ ۲ خودروهای هیبرید برقی ۲۸

۲ ۲ ۱ اتوبوس‌های هیبرید برقی سری: ۲۹

۲ ۲ ۲ اتوبوس‌های هیبرید برقی موازی: ۴۱

۲ ۲ ۳ اتوبوس هیبرید برقی سری- موازی: ۴۷

۲ ۲ ۴ سیستم موتور-ژنراتور یکپارچه (ISG) ۵۳

۲ ۲ ۵ خودروهای هیبرید قابل اتصال به شبکه: ۵۴

۲ ۳ شرکت‌های تولیدکننده پیشرانه اتوبوس برقی و هیبریدی ۵۶

۲ ۳ ۱ شرکت BAE Systems ۵۶

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

۲ ۳ ۳ شرکت Allison ۷۱
۲ ۳ ۳ شرکت ISE ۷۳
۲ ۳ ۴ شرکت زیمنس ۸۰
۲ ۳ ۵ شرکت Eaton ۸۳
۲ ۳ ۶ شرکت ولوو (Volvo) ۸۴
۲ ۳ ۷ شرکت Voith ۸۷
۲ ۳ ۸ جمع بندی ۸۸
۲ ۴ بررسی اتوبوس‌های دارای پیشرانه‌های نوین ۸۸
۲ ۴ ۱ اتوبوس Xcelsior ۹۰
۲ ۴ ۲ اتوبوس Xcelsior *charge* ۹۱
۲ ۴ ۳ اتوبوس Orion VII ۹۳
۲ ۴ ۴ اتوبوس Lion's City ۹۴
۲ ۴ ۵ اتوبوس Citaro G BlueTec Hybrid ۹۷
۲ ۴ ۶ اتوبوس Urbino 18 Hybrid ۹۸
۲ ۴ ۷ اتوبوس Volvo 7700 و Volvo 7900 ..... ۹۹
۲ ۵ تامین کننده‌های تجهیزات مرتبط با اتوبوس دارای پیشرانه نوین ۱۰۱
۲ ۵ ۱ وضعیت کنونی بازار ۱۰۱
۲ ۵ ۲ نقش آفرینان کلیدی ۱۰۲
۲ ۵ ۳ تولیدکنندگان اصلی اتوبوس (OEMها) ۱۰۳
۲ ۵ ۴ ذخیره سازهای انرژی ۱۰۵
۲ ۵ ۵ تولیدکنندگان باتری ۱۰۶
۲ ۵ ۶ زیرساخت‌های شارژ ۱۰۹

فصل ۳ بررسی چشم‌انداز و سیاست‌های کشورهای مختلف دنیا در استفاده از انواع پیشرانه در ناوگان حمل و نقل شهری ۱۱۲

۳ ۱ مقدمه ۱۱۲
۳ ۲ بررسی اجمالی سیاست‌های کشورهای جهان ۱۱۳
۳ ۳ بررسی سیاست‌های چند شهر و کشور در رابطه با توسعه پیشرانه‌های نوین در سیستم اتوبوسرانی ۱۲۴
۳ ۳ ۳ بررسی اجمالی سیاست‌های شهر لندن انگلستان ۱۲۴
۳ ۳ ۴ سیاست‌های چین ۱۲۷
۳ ۳ ۵ بررسی بازار و سیاست‌های هندوستان ۱۳۱

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

فصل ۴ استخراج اطلاعات آماری اتوبوس‌های شهری در کشور و استخراج اطلاعات فنی پیشرانه‌های آنها ۱۳۸

۴ ۱ مقدمه‌ای بر سیستم اتوبوس‌رانی شهری و سابقه آن در ایران و جهان ۱۳۸

۴ ۲ وضعیت شرکت واحد تهران در سال‌های مختلف ۱۳۹

۴ ۳ سامانه اتوبوس تندرو تهران ۱۴۷

۴ ۴ آمار وضعیت شرکت واحد اتوبوسرانی تهران در یک نگاه سال ۱۳۹۳ ..... ۱۵۲

۴ ۴ ۱ وضعیت شرکت واحد اتوبوسرانی تهران- سال ۱۳۹۳ ..... ۱۵۲

۴ ۴ ۲ طول عمر ناوگان اتوبوسرانی تهران ۱۵۳

۴ ۴ ۳ عملکرد شبکه خطوط اتوبوسرانی تندرو تهران ۱۵۴

۴ ۵ آمار واطلاعات انواع اتوبوس‌های درون‌شهری فعال در سطح شهر تهران، اصفهان، شیراز و مشهد ۱۵۶

۴ ۵ ۱ آمار واطلاعات انواع اتوبوس‌های درون‌شهری فعال در سطح شهر تهران ۱۵۶

۴ ۵ ۲ آمار واطلاعات انواع اتوبوس‌های درون‌شهری فعال در سطح شهر اصفهان ۱۵۸

۴ ۵ ۳ مشخصات آماری اتوبوس‌های شیراز ۱۶۰

۴ ۵ ۴ مشخصات آماری اتوبوس‌های مشهد ۱۶۱

۴ ۶ بررسی جامعه آماری خودروهای در حال حرکت در سطح کشور ۱۶۲

فصل ۵ مشخصات فنی اتوبوس ها و پیشرانه ها ۱۶۶

۵ ۱ مقدمه ۱۶۶

۵ ۲ مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های شهری ۱۶۷

۵ ۲ ۱ مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت عقاب افشان ۱۶۷

۵ ۲ ۲ مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت ایران خودرو دیزل ۱۷۱

۵ ۲ ۳ مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت اسنا ۱۷۹

۵ ۲ ۴ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت اسنا ۲۰۲

۵ ۲ ۵ مشخصات فنی اتوبوس درون شهری (شرکت آکیا) ۲۰۴

۵ ۲ ۶ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت رانیران ۲۱۸

۵ ۲ ۷ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت آذهایتکس ۲۲۱

۵ ۲ ۸ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت پیشرو دیزل آسیا ۲۲۴

۵ ۲ ۹ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت زرین خودرو ۲۲۸

۵ ۲ ۱۰ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت شهاب خودرو ۲۲۹

۵ ۲ ۱۱ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت زرین خودرو ۲۳۰

۵ ۲ ۱۲ مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت رامک خودرو ۲۳۱

۵ ۲ ۱۳ مشخصات فنی اتوبوس برقی اشکودا 15Tr (شرکت اشکودا) ۲۳۲

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

۳-۵ نتیجه‌گیری ۲۳۳

فصل ۶ بررسی اسناد، سیاست ها و چشم انداز ملی پیشرانه‌های اتوبوس شهری..... ۲۳۸

۶ ۱ مقدمه ۲۳۸

۶ ۲ استانداردهای مرتبط با صنعت حمل و نقل ۲۴۰

۶ ۳ استانداردهای مرتبط با آلایندگی ۲۴۰

۶ ۴ سیاست ها و چشم اندازهای حمل و نقل در برنامه سوم توسعه شهر تهران ۱۳۹۸-۱۴۰۲ ..... ۲۴۴

۶ ۴ ۱ مواد مصوب حمل و نقل ترافیک شهر تهران ۲۴۴

۶ ۴ ۲ اهداف، راهبردها و سیاست های حمل و نقل تهران ۲۴۴

۶ ۵ فعالیت های پژوهشی در خصوص حمل و نقل عمومی از سال ۱۳۸۹ تا بکنون در شهر تهران ۲۴۸

۶ ۶ مروری کلان نگر بر حمل و نقل شهری کشور ۲۴۹

۶ ۷ قانون تاسیس شرکت اتوبوسرانی عمومی در شهرها و آیین نامه مصوب ۱۳۳۱/۱۱/۱۶ ..... ۲۵۵

۶ ۸ مشخصات اتوبوس های عمومی مسافربری درون شهری کشور براساس سیاست کلی کشور در بخش حمل و نقل ۲۵۶

۶ ۹ طرح و مستندات جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده دیزلی درون شهری با اتوبوس های گازسوز ۲۶۲

۶ ۹ ۱ اهداف و ذینفعان کلان طرح ۲۶۸

۶ ۹ ۲ شرح کلی طرح جایگزینی ۲۶۸

۶ ۹ ۳ تفاهم نامه های همکاری و قراردادهای طرح جایگزینی ۲۶۹

۶ ۹ ۴ مشخصات فنی اتوبوس های گازسوز طرح جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس فرسوده دیزلی شهری با اتوبوس های گازسوز ۲۷۰

۶ ۹ ۵ جدول زمانبندی سرمایه گذاری و بازپرداخت نوسازی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس شهری فرسوده با نوع گازسوز ۲۷۱

۶ ۹ ۶ لیست طرح های اجرایی مرتبط با ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید ۲۷۲

۶ ۱۰ امکان سنجی طرح احداث سامانه اتوبوس تندرو شهری و حومه ای (تهران- کرج) ۲۷۳

۶ ۱۱ انعقاد تفاهم‌نامه برای ساخت ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری برای تهران در تاریخ ۲۷۶۹۷/۱۲/۶

۶ ۱۲ نتیجه گیری ۲۷۶

فروردین ۹۸ ..... ۲۷۸

فروردین ۹۷ ..... ۲۷۸

نوع محصول ۲۷۸

فصل ۷ استخراج آمار و اطلاعات مربوط به اتوبوس های برقی فعال در محور میدان امام حسین و شهدا..... ۲۸۰

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

۱ ۷ مقدمه ۲۸۰
۲ ۷ مشخصات فنی اتوبوس های برقی skoda 15tr محور میدان امام حسین- شهدا ۲۸۱
۳ ۷ نتیجه گیری ۲۸۶
فصل ۸ استخراج سیکل حرکتی شهری اتوبوس های درون شهری در تهران ۲۸۸
۱ ۸ مقدمه ۲۸۸
۲ ۸ تعریف سیکل رانندگی ۲۸۹
۳ ۸ دلایل اهمیت سیکل رانندگی ۲۸۹
۴ ۸ عوامل موثر بر سیکل های رانندگی ۲۹۰
۵ ۸ انواع سیکلهای رانندگی ۲۹۱
۸ ۵ ۱ سیکل یکنواخت ۲۹۲
۸ ۵ ۲ سیکل های شهری ترافیکی (پراسترس) ECE و NYCC ۲۹۳
۸ ۵ ۳ سیکل های برون شهری(کم استرس) HWY و SFTP_US06 ..... ۲۹۳
۸ ۵ ۴ سیکل رانندگی نرمال FTP75 ..... ۲۹۴
۸ ۵ ۵ سیکل رانندگی اتوبوس های درون شهری ۲۹۵
۶ ۸ استخراج سیکل رانندگی: ۲۹۶
۸ ۶ ۱ انتخاب مسیر اول ۲۹۸
۸ ۶ ۲ جمع آوری داده ۳۰۴
۸ ۶ ۳ ساخت سیکل ۳۰۵
۷ ۸ ساخت سیکل اتوبوسهای تهران با روش ترکیبی مبتنی بر ریز سفر اصلاح شده ۳۱۳
۸ ۷ ۱ دادههای ورودی ۳۱۵
۸ ۷ ۲ بلوک اصلاح کنندهی داده ۳۱۶
۸ ۷ ۳ بلوک شمارندهی ریز سفر ۳۱۷
۸ ۷ ۴ استخراج ویژگیهای ریز سفرها ۳۱۸
۸ ۷ ۵ دسته بندی دادهها به کمک روش k-means ۳۲۱
۸ ۷ ۶ ساخت سیکل ضمن در نظر گرفتن قیود ۳۲۵
۸ ۸ مقایسه سیکل رانندگی اتوبوسهای تهران با سایر سیکلهای اتوبوس در دنیا ۳۲۸
۹ ۸ نتیجه گیری ۳۳۱
فصل ۹ مقایسه فنی بر پایه معیار عملکرد، مصرف سوخت، میزان آلایندگی، زیرساخت و پیچیدگی سیستم ۳۳۳

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

۹ ۱ مقدمه: ۳۳۳
۹ ۲ مقایسه فنی پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی با اتوبوس‌های CNG و دیزلی ۳۳۴
۹ ۲ ۱ زمان شتاب‌گیری ۳۳۴
۹ ۲ ۲ پیمایش با یک‌بار شارژ یا سوخت‌گیری ۳۳۴
۹ ۲ ۳ مسافت قابل پیمایش به‌صورت الکتریکی خالص ۳۳۵
۹ ۲ ۴ زمان سوخت‌گیری و یا شارژ ۳۳۶
۹ ۲ ۵ انعطاف پذیری در پیمایش و تعویض مسیر ۳۳۶
۹ ۲ ۶ مصرف سوخت و انرژی ۳۳۷
۹ ۲ ۷ پیچیدگی سیستم پیشرانه ۳۴۰
۹ ۳ مقایسه انواع پیشرانه اتوبوس‌های درون شهری از جنبه زیست محیطی ۳۴۱
۹ ۳ ۱ آلایندگی صوتی (نویز صوتی) ۳۴۱
۹ ۳ ۲ آلودگی هوا ۳۴۶
۹ ۳ ۳ مقدمه ای درباره انواع گازهای آلاینده و گلخانه‌ای و شاخص کیفیت هوا ۳۴۷
۹ ۳ ۴ مطالعه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای انواع پیشرانه اتوبوس شهری ۳۶۹
۹ ۳ ۵ مطالعه میزان آلودگی هوای شهری (محلی) ناشی از اتوبوس‌های درون‌شهری ۳۷۷
۹ ۴ نتیجه‌گیری ۳۷۹
فصل ۱۰ بررسی اقتصادی بر پایه هزینه-فایده ۳۸۰
۱۰ ۱ مقدمه و بررسی فرضیات ۳۸۰
۱۰ ۱ ۱ نحوه محاسبه هزینه کل مالکیت ۳۸۱
۱۰ ۱ ۲ فرضیات اولیه مرتبط با ناوگان ۳۸۲
۱۰ ۱ ۳ هزینه اولیه اتوبوس‌ها ۳۸۴
۱۰ ۱ ۴ هزینه سوخت ۳۸۵
۱۰ ۱ ۵ هزینه نگهداری ۳۸۶
۱۰ ۱ ۶ هزینه زیرساخت ۳۸۸
۱۰ ۱ ۷ هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلاینده‌های هوا ۳۹۰
۱۰ ۲ نتیجه‌گیری ۳۹۷
فصل ۱۱ بررسی دانش فنی و امکان سنجی بومی سازی تولید موتورهای الکتریکی مورداستفاده در سیستم پیشرانه اتوبوس‌های هیبریدی و برقی داخل کشور ۳۹۸
۱۱ ۲ بررسی و مقایسه انواع موتورهای الکتریکی کششی در کاربرد اتوبوس‌های برقی و هیبریدی ۳۹۹
۱۱ ۲ ۱ مقدمه ۳۹۹
۱۱ ۲ ۲ ماشین DC ۴۰۱

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

۱۱ ۳ ۳ ماشین سنکرون آهنربای دائم نوع جریان متناوب (PMSM) ۴۰۲
۱۱ ۳ ۴ موتور سنکرون آهنربای دائم بدون جاروبک جریان مستقیم (PMBLDC) ۴۰۴
۱۱ ۳ ۵ مشکلات مربوط به آهنربا [۱۳۹] ۴۰۵
۱۱ ۳ ۶ تغییر طراحی موتور سنکرون آهنربای دائم ۴۰۶
۱۱ ۳ ۷ موتور سنکرون رلوکتانسی (SynR Machine) [۱۴۰] ۴۱۲
۱۱ ۳ ۸ ماشین القایی (Induction Machine) ۴۱۴
۱۱ ۳ ۹ ماشین سویچ رلوکتانسی (SR)[104] ۴۱۷
۱۱ ۳ ۱۰ نتیجه‌گیری ۴۲۱
۱۱ ۳ بررسی دانش فنی و امکان سنجی بومی سازی تولید موتورهای الکتریکی مورداستفاده در سیستم پیشرانه اتوبوس‌های هیبریدی و برقی داخل کشور ۴۲۳
۱۱ ۳ ۱ اتحاد موتور[۱۴۴] ۴۲۴
۱۱ ۳ ۲ آرین صنعت[۱۴۵] ۴۲۴
۱۱ ۳ ۳ الکتروژن [۱۴۶] ۴۲۶
۱۱ ۳ ۴ توربو ژنراتور شاهرود [۱۴۷] ۴۲۷
۱۱ ۳ ۵ جهاد دانشگاهی خواجه نصیر[۱۴۸] ۴۲۷
۱۱ ۳ ۶ جهاد دانشگاهی علم و صنعت[۱۴۹] ۴۲۸
۱۱ ۳ ۷ دمنده[۱۵۰] ۴۲۹
۱۱ ۳ ۸ رشد صنعت نیرو [۱۵۱] ۴۲۹
۱۱ ۳ ۹ رعد موتور کوشا [۱۵۲] ۴۳۰
۱۱ ۳ ۱۰ ژنیران فن [۱۵۳] ۴۳۰
۱۱ ۳ ۱۱ صنایع نوید موتور [۱۵۴] ۴۳۰
۱۱ ۳ ۱۲ ماه نیرو [۱۵۵] ۴۳۱
۱۱ ۳ ۱۳ فن ژنراتور [۱۵۶] ۴۳۱
۱۱ ۳ ۱۴ موتوژن [۱۵۷] ۴۳۲
۱۱ ۳ ۱۵ نام آوران صنایع آروین [۱۵۸] ۴۳۳
۱۱ ۳ ۱۶ نیان الکترونیک [۱۵۹] ۴۳۳
۱۱ ۳ ۱۷ برنا الکترونیک [۱۶۰] ۴۳۳
۱۱ ۳ ۱۸ فن آوران دانا [۱۶۱] ۴۳۴
۱۱ ۳ ۱۹ زیما [۱۶۲] ۴۳۴
۱۱ ۳ ۲۰ میکرو کنترل اصفهان [۱۶۳] ۴۳۵
۱۱ ۳ ۲۱ سرآمدان مدیریت علم و فن آوری سلمانیان فارسی[۹۳] ۴۳۵
۱۱ ۳ ۲۲ فن آور گشتر صنعت الکترونیک ایرانیان [۱۶۴] ۴۳۵
۱۱ ۳ ۲۳ الکتروسامانه الوند [۱۶۵] ۴۳۶

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

۴ ۱۱ امکان سنجی بومی سازی تولید موتورهای الکتریکی ۴۳۶
۵ ۱۱ نتیجه‌گیری ۴۳۷
فصل ۱۲ فهرست مراجع ۴۳۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

فهرست اشکال

عنوان

شکل ۱-۱: انواع سیستم‌های پیشرانه اتوبوس بر اساس نوع منبع تأمین انرژی (در هر دسته‌بندی فناوری‌های مناسب‌تر با خط قرمز مشخص‌شده‌اند) ۲
شکل ۱-۲: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس دیزلی معمولی ۵
شکل ۱-۳: نمونه‌ای از اتوبوس با استاندارد Euro VI (INTEGRO محصول شرکت مرسدس بنز [۵]) ۷
شکل ۱-۴: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس CNG ۸
شکل ۱-۵: نمونه‌ای از اتوبوس CNG (Lions city محصول شرکت MAN) [۷] ۹
شکل ۱-۶: نمونه‌ای از اتوبوس بیو دیزل[۸] ۱۲
شکل ۱-۷: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس برقی ۱۳
شکل ۱-۸: نمونه‌ای از اتوبوس برقی محصول شرکت BYD [۹] ۱۵
شکل ۱-۹: نمونه‌ای از اتوبوس ترولی ۱۶
شکل ۱-۱۰: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس هیبریدی (نوع سری) ۱۷
شکل ۱-۱۱: نمونه‌ای از اتوبوس هیبریدی مورداستفاده در ناوگان اتوبوس‌رانی لندن ۱۹
شکل ۱-۱۲: ساختار کلی یک پیل سوختی ۲۰
شکل ۱-۱۳: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس پیل سوختی بدون ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی ۲۰
شکل ۱-۱۴: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس پیل سوختی با ذخیره کننده انرژی الکتریکی ۲۱
شکل ۱-۱۵: نمونه‌ای از اتوبوس پیل سوختی ۲۲
شکل ۲-۱: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه یک اتوبوس برقی به همراه مسیر انتقال انرژی ۲۶
شکل ۲-۲: ساختارهای مختلف سیستم پیشرانه خودروهای برقی ۲۷
شکل ۲-۳: دیاگرام کلی یک اتوبوس برقی هیبرید سری به همراه مسیر انتقال انرژی ۲۹
شکل ۲-۴: وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه اتوبوس هیبرید سری ۳۸
شکل ۲-۵: دیاگرام کلی یک اتوبوس برقی هیبرید موازی به همراه مسیر انتقال توان ۴۱
شکل ۲-۶: شماتیک سیستم کوپلینگ گشتاور ۴۲
شکل ۲-۷: کوپلینگ گشتاور با استفاده از چرخ‌دنده (Z1, Z2 و Z3 برابر تعداد دنده‌ها) ۴۳
شکل ۲-۸: کوپلینگ گشتاور با استفاده از چرخ‌تسمه (r1 , r2 و r3 برابر شعاع چرخ‌تسمه‌ها) ۴۳
شکل ۲-۹: ساختار چرخ‌دنده سیاره‌ای ۴۴

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

شکل ۲-۱۰: وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه اتوبوس هیبرید موازی ۴۶
شکل ۲-۱۱: دیاگرام کلی یک خودرو برقی هیبرید سری - موازی به همراه مسیر انتقال انرژی ۴۸
شکل ۲-۱۲: وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه خودرو هیبرید سری- موازی ۴۹
شکل ۲-۱۳: نحوه اتصال موتور-ژنراتور یکپارچه از طریق تمسه ۵۳
شکل ۲-۱۴: نحوه اتصال موتور-ژنراتور یکپارچه بر روی محور ۵۴
شکل ۲-۱۵: ساختار نمونه اتوبوس هیبرید قابل اتصال به شبکه پیمایش گسترده ۵۵
شکل ۲-۱۶- طرحواره سیستم REAL شرکت BAE Systems ۵۸
شکل ۲-۱۷- تصویر سیستم REAL شرکت BAE Systems ۵۸
شکل ۲-۱۸- ژنراتور ولتاژ بالا و سیستم APS تولیدی شرکت BAE Systems ۵۹
شکل ۲-۱۹- جانمایی سیستم APS در اتوبوس ۶۰
شکل ۲-۲۰- جانمایی اجزاء پیشرانه سری نوع E ۶۲
شکل ۲-۲۱- طرحواره‌ای ساده از این نوع پیشرانه ER ۶۲
شکل ۲-۲۲- سه نوع اتوبوسی که پیشرانه سری ER روی آن‌ها قابل‌نصب است ۶۳
شکل ۲-۲۳- نمونه اتوبوسی که پیشرانه EV شرکت BAE روی آن نصب شده است. ۶۴
شکل ۲-۲۴- طرحواره جانمایی تجهیزات اصلی پیشرانه EV در اتوبوس ۶۴
شکل ۲-۲۵- طرحواره جانمایی تجهیزات اصلی پیشرانه نوع H را در یک اتوبوس نوعی ۶۵
شکل ۲-۲۶- یک اتوبوس در Orange County ایالت کالیفرنیا- امریکا [۱۹] ۶۶
شکل ۲-۲۷- یک اتوبوس در دانشگاه California شهر Irvine در ایالت کالیفرنیا- آمریکا [۱۹] ۶۶
شکل ۲-۲۸- هشت اتوبوس شرکت ترانزیت SunLine در Thousand Palms ایالت کالیفرنیا- آمریکا (۲ اتوبوس دیگر نیز اضافه خواهد شد) [۱۹] ۶۶
شکل ۲-۲۹- یک اتوبوس در شهر Flint ایالت میشیگان – آمریکا [۱۹] ۶۷
شکل ۲-۳۰- شش اتوبوس در Stark County ایالت اوهایو – آمریکا (۶ اتوبوس دیگر نیز ا ضافه خواهد شد)[۱۹] ۶۷
شکل ۲-۳۱- طرحواره پیشرانه موازی شرکت BAE ۶۸
شکل ۲-۳۲- تصویر واحد PCS شرکت BAE ۷۰
شکل ۲-۳۳- تصویر واحد SCU شرکت BAE ۷۰
شکل ۲-۳۴- دو مسیر انتقال قدرت در پیشرانه دو مودی تقسیم توان شرکت Allison ۷۲
شکل ۲-۳۵- جانمایی تجهیزات مختلف سیستم هیبریدی شرکت Allison ۷۲

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

شکل ۲-۳۶- پیشرانه Allison شرکت H 40/50 EP ۷۳
شکل ۲-۳۷- مجموعه سیستم رانشی هیبریدی شرکت ISE ۷۴
شکل ۲-۳۸- مجموعه موتورها و گیربکس ۷۵
شکل ۲-۳۹- اینورتر قدرت ۷۵
شکل ۲-۴۰- بسته ابرخازن ساخته‌شده توسط شرکت‌های ISE و Maxwell ۷۶
شکل ۲-۴۱- یک بسته (پک) باتری zebra مورداستفاده در پیشرانه ThunderVolt ۷۷
شکل ۲-۴۲- بسته‌های باتری NiMh پیشرانه ThunderVolt ۷۷
شکل ۲-۴۳- اولین اتوبوسی که در نیوجرسی به پیشرانه ThunderVolt مجهز شد. ۷۹
شکل ۲-۴۴- موتور کششی و اینورتر پیشرانه هیبریدی ELFA ۸۰
شکل ۲-۴۵- اتوبوسی از شرکت Wrightbus را در لاس‌وگاس آمریکا مجهز به پیشرانه ELFA..... ۸۱
شکل ۲-۴۶- یک اتوبوس دوطبقه در لندن که به پیشرانه ELFA شرکت زیمنس مجهز شده است. ۸۱
شکل ۲-۴۷- اتوبوس شرکت Vinamotor در ویتنام مجهز به پیشرانه ELFA ۸۲
شکل ۲-۴۸- سیستم هیبریدی موازی از نوع پیش انتقال [۲۷] ۸۴
شکل ۲-۴۹- اتوبوس ولوو هیبریدی مدل ۷۷۰۰ ..... ۸۴
شکل ۲-۵۰- اتوبوس هیبریدی ولوو مدل ۷۹۰۰ ..... ۸۵
شکل ۲-۵۱- بخش های مختلف پیشرانه هیبریدی Volvo 7900. ۱) موتور احتراقی دیزلی؛ ۲) موتور/ژنراتور الکتریکی؛ ۳) سیستم انتقال قدرت؛ ۴) واحد کنترل الکتریکی (درایو)؛ ۵) مبدل الکترونیک قدرت DC-DC ۶۰۰ ولت به ۲۴ ولت؛ ۶) باتری‌ها؛ ۷) تجهیزات جانبی الکتریکی شده. ۸۶
شکل ۲-۵۲- پیشرانه هیبریدی Volvo 7900 ..... ۸۷
شکل ۲-۵۳- نحوه شارژ سقفی اتوبوس تمام الکتریکی Xcelsior *charge* ۹۱
شکل ۲-۵۴- تصویر اتوبوس تمام الکتریکی Xcelsior *charge* ۹۲
شکل ۲-۵۵- طرحواره جانمایی اجزای مختلف اتوبوس تمام الکتریکی Xcelsior *charge* ۹۳
شکل ۲-۵۶- تصویر اتوبوس Orion VII ۹۴
شکل ۲-۵۷- جانمایی بخش‌های مختلف پیشرانه بکار رفته در اتوبوس هیبرید سری Lion's City ۹۵
شکل ۲-۵۸- تصویر در اتوبوس هیبرید سری Lion's City شرکت MAN ۹۶
شکل ۲-۵۹- تصویر اتوبوس هیبریدی Citaro G BlueTec ۹۷
شکل ۲-۶۰- تصویر اتوبوس هیبریدی Urbino 18 ..... ۹۹
شکل ۲-۶۱- سهم هر قاره از بازار اتوبوس (۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳) ۱۰۱

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

شکل ۲-۶۲- سهم کشورهای مختلف اروپایی در ثبت اتوبوس جدید در این قاره ۱۰۲
شکل ۲-۶۳- زنجیره ارزش اتوبوس‌های دارای پیشرانه نوین ۱۰۳
شکل ۳-۱- پیش‌بینی سهم انواع پیشرانه‌ها در بازار اروپا [۴۱] ۱۲۳
شکل ۳-۲- وضعیت انواع اتوبوس‌های الکتریکی و هیبریدی اروپا در سال ۲۰۱۷ [۴۱] ۱۲۴
شکل ۳-۳- سهم OEMها در بازار اتوبوس شهری هندوستان [۳۱] ۱۳۱
شکل ۳-۴ - یارانه‌های انگیزشی پیشنهادی برای تحریک تقاضا در بازار هند [۳۱] ۱۳۵

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- استاندارد آلایندگی اروپا برای اتوبوس‌ها و وسایل نقلیه سنگین [۱] ۴
جدول ۱-۲- مقایسه‌ای بین میزان استاندارد تحت دو استاندارد Euro V و Euro VI [۳] ۶
جدول ۱-۳- میزان آلایندگی اتوبوس‌های CNG (نوع موجود و چشم‌انداز سال ۲۰۲۰)[۶] ۸
جدول ۱-۴- مقایسه بین میزان آلایندگی اتوبوس دیزلی و همچنین اتوبوس‌هایی با سوخت FAME و HVO [۳] ۱۱
جدول ۱-۵- مقایسه بین میزان آلایندگی یک اتوبوس هیبریدی و یک اتوبوس دیزلی با استاندارد Euro V [۳] ۱۷
جدول ۱-۶- مقایسه مشخصه عملکردی، زیر ساخت و همچنین میزان تجدید پذیری پیشرانه‌های مختلف اتوبوس شهری[۱۰] ۲۲
جدول ۱-۷- مقایسه هزینه پیشرانه‌های مختلف اتوبوس شهری [۱۰] ۲۳
جدول ۱-۸- مقایسه میزان آلایندگی هوا و آلایندگی صوتی انواع پیشرانه‌های اتوبوس شهری [۱۰] ۲۴
جدول ۲-۱- مقایسه مقایسه ای بین مزایا و معایب انواع خودروهای هیبرید ۵۲
جدول ۲-۲- مشخصات سیستم APS شرکت BAE Systems ۵۸
جدول ۲-۳- اطلاعات ژنراتور سنکرون ۵۹
جدول ۲-۴- مشخصات PCS برای مدل‌های مختلف پیشرانه ۶۹
جدول ۲-۵- ویژگی‌های بارز PCS ۶۹
جدول ۲-۶- مشخصات فنی Volvo 7900 ..... ۸۵
.جدول ۲-۷- جمع بندی از شرکت‌های تولید کننده پیشرانه هیبریدی ۸۸
جدول ۲-۸- معرفی تعدادی از اتوبوس‌های دارای پیشرانه نوین ۸۸
جدول ۲-۹- رابطه تامین کنندگان سیستم‌های پیشرانه هیبریدی برای برخی OEMها (سال ۲۰۱۲) ۹۰
جدول ۲-۱۰- مشخصات اتوبوس Xcelsior ۹۰
جدول ۲-۱۱- برخی از مشخصات مهم اتوبوس تمام الکتریکی Xcelsior *charge* ۹۲
جدول ۲-۱۲- مشخصات اتوبوس مدل Orion VII ۹۳
جدول ۲-۱۳- شرح بخش‌های مختلف پیشرانه بکار رفته در اتوبوس هیبرید سری Lion's City ۹۶
جدول ۲-۱۴- مشخصات فنی اتوبوس هیبریدی Citaro G BlueTec ۹۸
جدول ۲-۱۵- مشخصات فنی اتوبوس هیبریدی Urbino 18 ..... ۹۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.228

جدول ۲-۱۶- مشخصات فنی اتوبوس‌های هیبریدی شرکت Volvo ۹۹
جدول ۲-۱۷- مقایسه باتری لیتیم یونی با ابرخازن [۳۷]. ۱۰۵
جدول ۲-۱۸- نمای کلی OEMهای اروپا ۱۰۷
جدول ۲-۱۹- نمای کلی تولیدکنندگان سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی اروپا ۱۰۸
جدول ۲-۲۰- نمای کلی تولیدکنندگان زیرساخت‌های شارژ در اروپا ۱۱۰
جدول ۳-۱- برنامه‌ریزی شهرداری لندن برای دستیابی به ناوگان اتوبوس‌رانی بدون آلایندگی ۱۲۵
جدول ۳-۲- آمار ناوگان اتوبوس‌رانی لندن ۱۲۶
جدول ۳-۳- مشوق‌های ملی برای اتوبوس‌های با پیشرانه نوین در چین (سال ۲۰۱۶) [۴۹] ۱۲۹
جدول ۳-۴- مشوق‌های ملی برای اتوبوس‌های با پیشرانه نوین در چین (سال ۲۰۱۸-۲۰۱۷) [۴۹]. ۱۳۰
جدول ۳-۵- برخی از پروژه‌های آزمایشی استفاده از اتوبوس‌های الکتریکی در هندوستان ۱۳۲
جدول ۳-۶- برخی از سفارشات ثبت شده اخیر توسط آژانس‌های حمل و نقل هندوستان برای خرید اتوبوس الکتریکی ۱۳۳
جدول ۳-۷- مقایسه قیمت‌های اتوبوس در اروپا و هندوستان ۱۳۳

مقدمه:

امروزه حمل‌ونقل و ترافیک شهری به یکی از مشکلات و مسائل مهم کلان‌شهرها تبدیل شده است. عدم توسعه منا سب سی ستم حمل‌ونقل شهری می‌تواند عامل م شکلات زیادی در حوزه‌های مختلف زی ست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی، سلامت و یا حتی سیاست باشد. یکی از بهترین راهکارها جهت حل این مشکل، توسعه و تقویت حمل‌ونقل عمومی شهری ا ست. اتوبوس‌های درون شهری نقش مهمی در سی ستم حمل‌ونقل شهری ایفا می‌کنند. ا ستفاده از اتوبوس‌های شهری می‌تواند باعث کاهش تردد خودروهای شخصی و درنتیجه کاهش آلودگی هوا و ترافیک شهری با کمترین هزینه شود.

توسعه ناوگان اتوبوس‌رانی نیز می‌بایست با دقت بیشتری انجام شود؛ زیرا با توجه به تعداد بالای اتوبوس‌های شهری و میزان آلایندگی، عدم انتخاب پیشرانه مناسب در آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در افزایش آلودگی هوای شهرها دا شته با شد. از طرفی ا ستفاده از پیشرانه‌های نوین خود نیازمند سرمایه‌گذاری عظیم و صرف بودجه هنگفتی ا ست؛ که این موضوع خود مطالعه دقیق‌تر در انتخاب پیشرانه مناسب را ضروری‌تر جلوه می‌دهد. شناخت دقیق انواع پیشرانه‌ها مقدمه‌ای بر انتخابی بهتر است. در این فصل هدف بر آن است تا به معرفی و بررسی انواع پیشرانه مورداستفاده در اتوبوس‌ها پرداخته شود. مطالعه این بخش می‌تواند مقدمه‌ای بر مطالب فصول آینده باشد. در گزارش مرحله اول به شناسایی انواع پیشرانه و به‌طور خاص پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته شده است.

در بخش اول به بررسی انواع پیشرانه مورداستفاده در اتوبوس‌های شهری پرداخته می‌شود. دسته‌بندی پیشرانه‌ها بر اساس نوع سوخت مصرفی انجام گرفته است. سپس معایب و مزایای هر پیشرانه موردمطالعه قرار می‌گیرد. همچنین در این بخش بررسی کلی بر مشخصات عملکردی، میزان آلایندگی (صوتی و هوا)، هزینه و همچنین امکانات زیرساخت موردنیاز هرکدام از انواع پیشرانه‌ها انجام گرفته است.

در بخش دوم به مطالعه انواع پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته خواهد شد. در این بخش عملکرد هر نوع پیشرانه با جزییات موردبررسی قرار می‌گیرد. در ادامه بخش دوم به بررسی اتوبوس‌های تجاری هیبریدی و برقی تولیدشده توسط تولیدکنندگان مطرح دنیا پرداخته خواهد شد. مطالعه این بخش می‌تواند جهت تکمیل مطالب اولیه بخش دوم ب سیار مفید با شد. در انتهای بخش به برر سی قطعه سازان برتر دنیا در حوزه پی شرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته شده است.

در ف صل سوم به مطالعه چ شم انداز و سیا ست‌های ک شورهای مختلف دنیا از سرتا سر دنیا در حوزه تو سعه پیشرانه اتوبوس های برقی و هیبریدی پرداخته شده‌است.

فصل ۱ بخش اول: بررسی انواع پیشرانه‌های مرسوم مورد استفاده در اتوبوس‌های شهری و استخراج مشخصات فنی آن‌ها

در این بخش هدف بر آن ا ست تا با معرفی انواع اتوبوس‌های شهری موردا ستفاده در سرا سر دنیا، به برر سی و مطالعه سیستم پیشرانه آن‌ها پرداخته شود. در اینجا به‌منظور برر سی بهتر، انواع اتوبوس و سیستم پیشرانه آن بر اساس نوع سوخت مصرفی دسته‌بندی شده‌اند. در انتهای مطالعه هر نوع پیشرانه به بررسی عملکردی، هزینه، زیرساخت و میزان آلایندگی آن پرداخته می‌شود. در انتها نیز مقایسه کلی بین انواع مطرح‌شده پیشرانه انجام پذیرفته است.

۱ ۱ دسته‌بندی انواع اتوبوس‌های شهری بر اساس سیستم پیشرانه آن‌ها

د سته‌بندی منا سب، مقدمه شناخت دقیق‌تر ا ست. یکی از بهترین روش‌های د سته‌بندی اتوبوس‌ها، د سته‌بندی آن‌ها بر اساس نوع سوخت مصرفی است. در این صورت می‌توان مطالعه عمیق‌تری نسبت به عملکرد سیستم پیشرانه آن‌ها داشت. همان‌طور که در **شکل ۱-۱** نشان داده ا ست، می‌توان سوخت‌های فسیلی، زیست سوخت، الکتریسیته و هیدروژن را به‌عنوان منابع ا صلی انرژی برای اتوبوس‌ها در نظر گرفت. همان‌طور که در شکل م شاهده می شود، برای هرکدام از این منابع سوخت، پیشرانه‌هایی با فنّاوری‌ها مختلف توسط تولیدکنندگان اتوبوس‌های درون‌شهری تولید و مورد آزمایش و بهره بری قرارگرفته ا ست. در ادامه این فصل به مطالعه و برر سی انواع مختلف این پیشرانه بر ا ساس دسته‌بندی انجام‌گرفته پرداخته خواهد شد.



شکل ۱-۱: انواع سیستم‌های پیشرانه اتوبوس بر اساس نوع منبع تأمین انرژی (در هر دسته‌بندی فناوری‌های مناسب‌تر با خط قرمز مشخص‌شده‌اند)

۱ ۲ اتوبوس‌های با مصرف سوخت‌های فسیلی

سوخت‌های فسیلی رایج‌ترین منبع انرژی در خودروها هستند. این نوع سوخت‌ها در طول صدها هزار و یا حتی میلیون‌ها سال پس از طی فرآیندی طبیعی تولید شده‌اند. بنابراین می‌توان آن‌ها را به‌عنوان یک منبع برگشت‌ناپذیر برشمرد. سوخت فسیلی عموماً شامل نفت و زغال‌سنگ و گازهای طبیعی است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های استفاده از سوخت‌های فسیلی کاهش ذخایر آن در جهان است. با افزایش تعداد مصرف‌کننده‌ها، این ذخایر ارزشمند روز به روز در حال کم شدن است. چالش مهم دیگر استفاده از سوخت‌های فسیلی به‌عنوان منبع انرژی در خودروها، ایجاد آلودگی آن است که پس از احتراق در موتورهای درون‌سوز ایجاد می‌شود.

انرژی موردنیاز اتوبوس‌های شهری می‌تواند توسط انواع سوخت‌های فسیلی تأمین شوند؛ که موارد رایج آن شامل سوخت دیزل(یا گازوییل)، گاز طبیعی فشرده‌شده[1] (CNG)، گاز طبیعی مایع[2] (LNG) و گاز مایع[3] (LPG) است.

امروزه در دنیا، برخلاف سال‌های گذشته، استفاده از گاز LPG جهت تأمین نیروی حرکت اتوبوس‌ها رایج نیست. می‌توان هزینه بالای تأمین زیر ساخت، تأثیر منفی گاز LPG بر طول عمر موتور احتراقی و همچنین مشکلات تأمین ایمنی آن را از دلایل عدم محبوبیت این نوع سوخت در سال‌های اخیر دانست [۱].

اگرچه اتوبوس‌های LNG قابلیت پیمایش زیادی را با یک‌بار سوخت‌گیری دارند، هزینه بالای سرمایه‌گذاری جهت احداث زیرساخت این نوع سوخت، باعث کاهش انگیزه جهت استفاده از آن در مقایسه با گاز CNG شده است.

یک راه‌حل مناسب جهت افزایش کیفیت و کاهش میزان آلایندگی موتورهای با سوخت فسیلی، تدوین استانداردهای محدود کننده سطح آلایندگی برای انواع خودروها است. که از این بین می توان به استانداردهای الایندگی Euro که در کشورمان نیز به عنوان استاندارد مرجع آلایندگی شناخته می شود [۲]، اشاره کرد. این استانداردها در طی سالهای مختلف و در سطوح مختلف آلایندگی تعریف شده‌اند. در استانداردهای آلایندگی Euro مختص اتوبوس ها و خودروهای سنگین از اعداد یونانی (I، II، III و ...) جهت معرفی میزان سطوح آلایندگی استفاده می شود. طبقی این استاندارها میزان حداکثر آلاینده های مختلف نظیر مونوکسید کربن (CO)، هیدروکربن ها (HC)، اکسیدهای نیتروژن (NO_X) و ریز ذرات (PM) بیان می‌شود. در جدول ۱-۱ به معرفی انواع سطوح استاندارد الایندگی Euro برای موتورهای دیزلی و گاز سوز مورد کاربرد در اتوبوس ها و خودروهای سنگین پرداخته شده است.

1 Compressed natural gass
2 Liquefied natural gas
3 Liquefied Petroleum Gas

جدول ۱-۱- استاندارد آلایندگی اروپا برای اتوبوس‌ها و وسایل نقلیه سنگین [۱]

Particulate matter	Nitrogen oxides	Methane	Non-methane hydrocarbons	Hydro-carbons	Carbon monoxide	نوع موتور	سطح آلایندگی و زمان اعمال آن	
PM (g/kWh)	NOx (g/kWh)	CH4 (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	HC (g/kWh)	CO (g/kWh)			
0.01	0.4	-	-	0.13	1.5	موتور دیزلی	2014	Euro VI
0.01	0.46	0.5	0.16	-	4	موتور گاز سوز		
0.02	2	-	-	0.46	1.5	موتور دیزلی	2008	Euro V
0.03	2	1.1	0.55	-	4	موتور گاز سوز		
0.02	3.5	-	-	0.46	1.5	موتور دیزلی	2005	Euro IV
0.03	3.5	1.1	0.55	-	4	موتور گاز سوز		
0.1	5	-	-	0.66	2.1	موتور دیزلی	2000	Euro III
0.16	5	1.6	0.78	-	5.45	وتور گاز سوز		
0.15	7	-	-	1.1	4	موتور دیزلی	1996	Euro II
0.36	8	-	-	1.1	4.5	موتور دیزلی	1991	Euro I
-	14.4	-	-	2.4	11.2	موتور دیزلی	1988	Euro 0

همانطور که در **جدول ۱-۱** مشاهده می‌شود، با معرفی استاندارد Euro VI برای خودروها، می‌توان استفاده از اتوبوس‌های دیزلی با سطح آلایندگی پایین را در سال‌های پیش رو متصور شد. هم‌اکنون اتوبوس‌های با استاندارد Euro V در حال فعالیت در ناوگان‌های مختلف حمل‌ونقل در سراسر دنیا هستند. با ارتقا ناوگان‌های حمل‌ونقل به اتوبوس‌های با سطح آلایندگی Euro VI می‌توان میزان قابل‌توجهی از آلایندگی اتوبوس‌ها را کاهش داد که البته این امر مستلزم سرمایه‌گذاری‌های کلانی در این حوزه است.

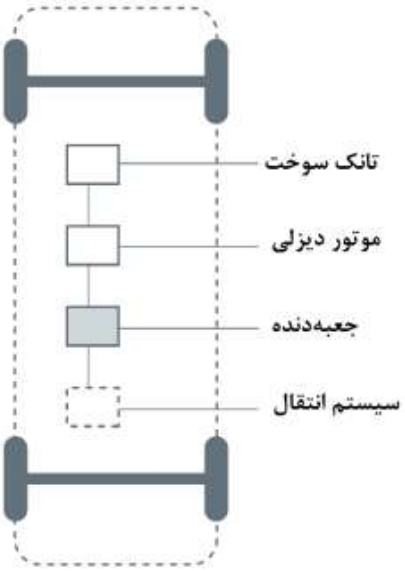
با توجه به مطالب فوق، به نظر می‌رسد که پیشرانه‌های با سوخت دیزلی و سوخت CNG را می‌توان به‌عنوان دو نوع سوخت اصلی و مورد استقبال در بین انواع سوخت‌های فسیلی دانست. در ادامه به بررسی پیشرانه‌های با این دو نوع سوخت پرداخته می‌شود.

۱ ۲ ۱ اتوبوس‌های دیزلی

در **شکل ۱-۲** دیاگرام سیستم پیشرانه اتوبوس دیزلی مرسوم نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این نوع اتوبوس موتور دیزلی به‌تنهایی و از طریق دیگر اجزاء سیستم انتقال، توان رانشی اتوبوس را تأمین می‌کند. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد اتوبوس‌های امروزی درون‌شهری تحت دو استاندارد Euro V و Euro VI در شهرها در حال تردد هستند. در جدول ۲-۲ مقایسه‌ای بین میزان آلایندگی دو نوع استاندارد نشان داده شده است.

با توجه به قدمت و سابقه تولید اتوبوس‌های دیزلی هزینه‌های جاری، راندمان و هزینه‌های تعمیرات اتوبوس‌های دیزلی کاملاً قابل پیش‌بینی و قابل‌محاسبه است. زیرساخت تأمین سوخت و پمپ‌های سوخت این نوع اتوبوس طی سال‌های گذشته تأمین‌شده و نیاز خاصی به تأمین زیرساخت ندارد. می‌توان این موارد را از مزایای این نوع اتوبوس برشمرد.

کاهش ذخایر نفتی، آلایندگی و همچنین نیاز به تأمین سوخت‌های با کیفیت بالا و متناسب با استانداردهای Euro V و Euro VI را می‌توان از معایب عمده اتوبوس‌های دیزلی برشمرد. در ادامه به بررسی کلی مشخصات عملکردی، هزینه‌ای و همچنین زیرساخت این نوع اتوبوس پرداخته می‌شود. مقادیر ذکر شده مستخرج از منابع بوده و با توجه به تنوع این نوع اتوبوس مقادیر متداول ذکر شده است.



شکل ۱-۲: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس دیزلی معمولی

در شکل ۱-۳ نمونه‌ای از یک اتوبوس دیزلی با استاندارد Euro VI نشان داده شده است. این اتوبوس محصول شرکت مرسدس بنز با توان خروجی ماکزیمم ۲۶۰kW است.

جدول ۱-۲- مقایسه‌ای بین میزان استاندارد تحت دو استاندارد Euro V و Euro VI [۳]

GHG	Measure	Euro V	Euro VI
CO_2eq	g/km	1000	1000
NOx	g/km	3,51	1,1
PM10	g/km	0.10	0.03

مشخصه کلی عملکردی اتوبوس‌های دیزلی [۳]

- ✓ محدوده پیمایش با یک‌بار سوخت‌گیری: ۶۰۰- ۹۰۰ کیلومتر
- ✓ عملکرد خوب شتاب‌گیری
- ✓ میزان مصرف انرژی مدل‌های ۲۰۱۲: ۴/۱۳ kWh/km
- ✓ میزان مصرف انرژی پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۳/۸۹ kWh/km
- ✓ به‌طور معمول هر دو روز نیاز به سوخت‌گیری دارد
- ✓ زمان سوخت‌گیری کوتاه: ۵ تا ۱۰ دقیقه
- ✓ میزان آلایندگی صوتی: در حالت ایستا ۸۰db و در حال حرکت ۷۷ db

هزینه‌ها:

- ✓ هزینه خرید: ۲۲۰،۰۰۰ یورو به ازای هر اتوبوس
- ✓ هزینه نگهداری: ۰/۱ تا ۰/۱۵ سنت یورو به ازای هر کیلومتر
- ✓ هزینه کل مالکیت (TCO[1]) با استاندارد Euro V در سال ۲۰۱۲: ۲/۱ euro/km
- ✓ هزینه کل مالکیت با استاندارد Euro VI در سال ۲۰۳۰: ۲/۵ euro/km

در اینجا و ادامه فصل منظور از هزینه مالکیت، تمامی هزینه‌های اتوبوس از خرید تا تعمیرات و نگهداری در طول مدت ۱۵ است که بنا بر اطلاعات مرجع [۴] استخراج‌شده‌اند.

زیرساخت:

1 Total Cost of Ownership

مجموع هزینه‌های مالکیت یاTCO ، مفهومی است که امروزه اهمیت زیادی در حوزه‌های تجاری در سرتاسر دنیا پیدا کرده است. کلیت این مفهوم آن است که به‌جای آنکه تنها بر هزینه‌های اولیه (مانند خرید سخت‌افزار یا نرم‌افزار) تکیه شود، همه هزینه‌ها در یک تصمیم باید لحاظ شوند. امروزه این مفهوم برای خودروها نیز بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌نحوی‌که بجای هزینه اولیه خودرو تمامی هزینه‌های تعمیرات و نگهداری را در طول مدت استفاده خودرو در بر می‌گیرد.

نیاز به پمپ‌های گازوییل که معمولاً در پایانه‌ها وجود دارد.



شکل ۱-۳: نمونه‌ای از اتوبوس با استاندارد Euro VI (INTEGRO محصول شرکت مرسدس بنز [۵])

۱ ۲ ۲ اتوبوس‌های CNG

همان‌طور که در **شکل ۱-۴** مشاهده می‌شود، ساختار سیستم پیشرانه اتوبوس‌های با سوخت CNG تقریباً مشابه نوع دیزلی است. با این تفاوت که در این نوع اتوبوس از گاز طبیعی فشرده شده به‌عنوان منبع انرژی استفاده می شود. همچنین در این نوع اتوبوس از موتورهای احتراقی CNG استفاده می شود. گاز موردنیاز اتوبوس‌ها می‌تواند توسط سیستم گاز سراسری تهیه شده و در ایستگاه‌های مربوطه فشرده شود که این یکی از مزایای اصلی این نوع سوخت محسوب می‌شود.

در جدول ۱-۳ میزان آلایندگی اتوبوس‌های CNG (نوع موجود و چشم‌انداز سال ۲۰۲۰) نشان داده شده است. آلایندگی کمتر به‌عنوان مزیت اصلی اتوبوس‌های CNG نسبت به نوع دیزلی محسوب می‌شود. که البته با توجه به توسعه اتوبوس‌های دیزلی با استانداردهای آلایندگی EuroV و EuroVI و کاهش سطح آلایندگی آن‌ها (اتوبوس‌های دیزلی) این برتری کمرنگ‌تر شده است. برخلاف سیستم دیزلی، سیستم سوخت‌گیری CNG می‌تواند مستقل از نفت بوده و در آن از منابع دیگر نظیر هیدروژن استفاده شود که این موضوع خود یکی از مزایای این نوع سوخت محسوب می‌شود. بنابراین می‌توان عملاً سیستم سوخت‌رسانی CNG را واسطه‌ای بین توسعه سیستم دیزلی به سیستم تأمین سوخت هیدروژنی دانست.

همانند سوخت دیزلی، سوخت CNG هم به منابع محدود سوخت‌های فسیلی وابسته است که از معایب این نوع سوخت محسوب می‌شود. دیگر عیب عمده سوخت CNG را می‌توان قابلیت اشتعال بالای آن (در مقایسه با سوخت دیزلی) و درنتیجه ایمنی کمتر آن دانست. که این خود باعث افزایش قیمت اتوبوس به‌منظور افزایش سطح ایمنی آن می‌شود.



شکل ۱-۴: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس CNG

در **شکل ۱-۵** نمونه‌ای از یک اتوبوس CNG با توان پیشرانه خروجی ۲۲۸kW نشان داده شده است.

جدول ۱-۳- میزان آلایندگی اتوبوس‌های CNG (نوع موجود و چشم‌انداز سال ۲۰۲۰) [۶]

GHG	Measure	CNG 2013	CNG 2020
CO2eq	g/km	1000	800 - 850
NOx	g/km	1.4-4.5	0.88
PM10	g/km	0.005-0.03	0.024

در ادامه به بررسی کلی مشخصات عملکردی، هزینه‌ای و همچنین زیرساخت این نوع اتوبوس پرداخته می‌شود.

مشخصه کلی عملکردی اتوبوس‌های CNG [۳]:

- ✓ محدوده پیمایش با یک‌بار سوخت‌گیری: ۳۵۰- ۴۰۰ کیلومتر
- ✓ میزان مصرف انرژی مدل‌های ۲۰۱۲: ۵/۲۱ kWh/km
- ✓ میزان مصرف انرژی پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۵ kWh/km

- ✓ به‌طورمعمول هر دو روز نیاز به سوخت‌گیری دارد.
- ✓ زمان سوخت‌گیری کوتاه: ۵ تا ۱۰ دقیقه
- ✓ میزان آلایندگی صوتی: در حالت ایستا db ۷۸ و در حال حرکت db ۷۸

هزینه‌ها:[۴]

- ✓ هزینه خرید: ۲۵۰،۰۰۰ یورو به ازای هر اتوبوس
- ✓ هزینه نگهداری: ۰/۱۵ سنت یورو به ازای هر کیلومتر
- ✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۱۲: ۲/۱ euro/km
- ✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۳۰: ۲/۶ euro/km

زیرساخت:

نیاز به پمپ و تانک‌های مخصوص دارد. معمولاً جهت احداث ایستگاه‌های سوخت CNG نیاز به توسعه شبکه گاز است.



شکل ۱-۵: نمونه‌ای از اتوبوس CNG (Lions city محصول شرکت MAN) [۷]

۱۳ اتوبوس‌های زیست سوخت[1]

زیست سوخت که از انواع سوخت‌های تجدید پذیر است یک سوخت گازی، مایع یا جامد است که محتوای انرژی آن از منابع زیستی به دست آمده است. فرایندهای مختلفی جهت استخراج زیست سوخت‌ها وجود دارد که نوع و شکل آن‌ها (بیو دیزل، بو اتانول و بیو گاز) را تشکیل می‌دهد.

نسل اول زیست سوخت از قندها، نشاسته، روغن، و چربی‌های حیوانی هستند که با استفاده از فرآیندها یا فناوری‌هایی که در حال حاضر شناخته شده، ساخته شده‌اند. این سوخت‌ها شامل بیو دیزل، بیو الکل، اتانول و بیو گازها، مانند متان گرفته شده از تجزیه زباله‌های دفن شده است. نسل دوم زیست سوخت‌ها از محصولات غیر غذایی یا ضایعات کشاورزی، به‌ویژه زیست‌توده لیگنو- سلولزی مانند بید یا تراشه‌های چوب ساخته شده است.

کیفیت زیست سوخت‌ها در دو نسل، متفاوت است. نسل اول دارای قیمت کمتر ولی کیفیت پایین‌تر است. این در حالی است که زیست سوخت های نسل دوم دارای کیفیتی به مراتب بالاتر با ناخالصی کمتر و البته با قیمت بالاتری عرضه می شوند.

منبع اولیه زیست سوخت‌های نسل اول، دانه‌های روغنی گیاهان، ضایعات چوب، تفاله‌های محصولات کشاورزی مثل نیشکر و غلات هستند. دانشمندان با استفاده از دانه‌های روغنی گیاهان مثل آفتاب‌گردان، زیتون و سویا، بیودیزل و نفت خام گیاهی می سازند. ابتدا از دانه‌های روغنی، نفت خام گیاهی تولید می شود که پس از تصفیه طی واکنش‌های شیمیایی و به کمک الکل به بیودیزل و گلیسرین تبدیل می‌شود. بیودیزل (FAME[2]) پرکاربردترین نوع زیست سوخت نسل اول جهت استفاده در اتوبوس‌ها محسوب می‌شوند.

امروزه تحقیقات گسترده‌ای جهت توسعه و بهره‌وری سوخت‌های نسل دوم در حال انجام است. عمده این تحقیقات بر روی روغن‌های گیاهی تصفیه هیدروژنی (HVO[3]) که در حقیقت روغن‌های گیاهی و یا حتی چربی‌های حیوانی هستند که توسط هیدروژن تسویه می‌شوند انجام می‌گیرد.

اتوبوس‌های با تغذیه FAME یا HVO ازلحاظ عملکرد، نیاز به زیرساخت و هزینه قابل‌مقایسه با اتوبوس‌های دیزلی مرسوم هستند. ولی میزان آلایندگی این نوع اتوبوس‌ها به‌مراتب کمتر است.

سوخت‌های بیومتان می‌توانند به‌عنوان جایگزین سوخت در اتوبوس‌های CNG مورداستفاده قرار گیرند.

1 Biofuels
2 Fatty Acid Methyl Ester
3 Hydrotreating vegetable oil

۱ ۳ ۱ اتوبوس‌های زیست سوختی با سوخت FAME/HVO

با استفاده از سوخت‌های بیودیزل می‌توان با تغییرات اندکی، موتور احتراقی را جهت مصرف زیست سوخت ارتقا داد. با توجه به محدودیت FAME و مسائل فنی سوخت‌های FAME معمولاً به‌صورت ترکیب با دیزل مورداستفاده قرار می‌گیرند. در جدول ۱-۴ مقایسه بین میزان آلایندگی اتوبوس دیزلی و همچنین اتوبوس‌هایی با سوخت FAME و HVO نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می شود استفاده از بیودیزل می‌تواند تا ۵۰ در صد گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد.

جدول ۱-۴- مقایسه بین میزان آلایندگی اتوبوس دیزلی و همچنین اتوبوس‌هایی با سوخت FAME و HVO [۳]

GHG	Measure	Euro V diesel	Euro V FAME 100	Euro V HVO100
CO2eq	g/km	1000	500 and more	500 and more
NOx	g/km	3,51	4.39	3.16
PM10	g/km	0.10	0.04	0.08

همان‌طور که در بالا اشاره شد، نیاز به تغییرات اندک در موتور دیزلی جهت استفاده از بیودیزل و کاهش قابل‌توجه گازهای گلخانه‌ای را می‌توان از مزایای این نوع اتوبوس برشمرد. ولی همچنان برای تصحیح و تصفیه زیست سوخت‌ها به خروجی انرژی کارآمدتر، و برای ساخت کارخانه‌های تولیدی لازم برای افزایش مقدار زیست سوخت‌ها، سرمایه‌گذاری اولیه بالایی موردنیاز است. همچنین نگرانی‌هایی وجود دارد که استفاده بیش‌ازحد از گندم‌زار برای کشت محصولات سوخت می‌تواند بر هزینه‌های مواد غذایی تأثیر داشته باشد و احتمالاً می‌تواند به کمبود مواد غذایی منجر شود.

در ادامه به بررسی کلی مشخصات عملکردی، هزینه‌ای و همچنین زیرساخت اتوبوس‌های بیودیزل با تغذیه FAME/HVO پرداخته می‌شود.

مشخصه کلی عملکردی اتوبوس‌های بیودیزل

- ✓ محدوده پیمایش با یک‌بار سوخت‌گیری: ۵۷۰- ۸۵۰ کیلومتر
- ✓ عملکرد خوب شتاب‌گیری
- ✓ میزان مصرف انرژی مدل‌های ۲۰۱۲: ۴/۱۳ kWh/km
- ✓ میزان مصرف انرژی پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۳/۸۹ kWh/km
- ✓ به‌طور معمول هر دو روز نیاز به سوخت‌گیری دارد.
- ✓ زمان سوخت‌گیری کوتاه: ۵ تا ۱۰ دقیقه
- ✓ میزان آلایندگی صوتی: تغیر خاصی نسبت به نوع دیزلی ندارد

هزینه‌ها:

- ✓ هزینه خرید: ۲۲۰،۰۰۰ یورو به ازای هر اتوبوس
- ✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۱۲: ۲/۲۲ euro/km
- ✓ هزینه کل مالکیت پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۲/۳۵ euro/km



شکل ۱-۶: نمونه‌ای از اتوبوس بیو دیزل[۸]

۱.۴ اتوبوس‌های الکتریکی

الکتریسیته به‌عنوان منبع اصلی انرژی اتوبوس‌های الکتریکی محسوب می‌شود. در حالت کلی تغذیه اتوبوس‌های الکتریکی از دو طریق انجام می‌شود. در نوع اول که به نام "اتوبوس برقی[۱]" شناخته می‌شود، انرژی موردنیاز حرکت موتور الکتریکی در باتری (و یا ابرخازن) ذخیره شده و در طول مسیر مصرف می شود. پس از تخلیه انرژی، باتری توسط شارژر دوباره شارژ می شود. در نوع دوم، برق موردنیاز به‌طور مستقیم و در طول مسیر حرکت توسط سیم تغذیه بالاسری[۲] از طریق شبکه تأمین می شود. این نوع اتوبوس الکتریکی به نام "واگن الکتریکی"[۳] یا "ترولی برقی" شناخته می‌شود.

عدم آلایندگی در فضای درون‌شهری را می‌توان مزیت عمده اتوبوس‌های الکتریکی دانست. اتوبوس‌های برقی دارای پیشینه کمتری نسبت به اتوبوس‌های ترولی هستند. باتری مورد استفاده در این اتوبوس‌ها هم می‌تواند به‌صورت شبانه در پایانه اصلی اتوبوس شارژ شود که در این صورت به آن "اتوبوس شارژ شبانه"[۴] گفته می‌شود و یا

1 Electric Bus
2 Overhead
3 Electric Trolley
4 Overnight Electric Bus

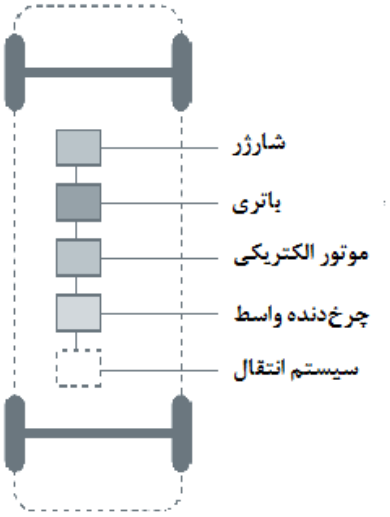
می‌تواند در طول مسیر و در نقاط و یا ایستگاه‌های مختلف شارژ شود که در این صورت به آن "اتوبوس شارژ بین راهی[1] " گفته می‌شود.

۱ ۴ ۱ اتوبوس‌های برقی

دیاگرام کلی ساختار پیشرانه یک اتوبوس برقی در **شکل ۱-۷** نشان داده‌شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود در اتوبوس‌های برقی فقط از باتری (یا ابرخازن) به‌عنوان منبع توان استفاده می‌شود.

در نوع شارژ شبانه، به دلیل اینکه باتری می‌بایست توانایی تأمین انرژی حرکت اتوبوس در مدت طولانی (تا زمان شارژ آینده) را داشته باشد، ظرفیت باتری بزرگ انتخاب می شود (به‌طور معمول بزرگ‌تر از ۲۰۰kWh). درحالی‌که در نوع شـــارژ بین راهی به دلیل اینکه امکان شـــارژ مجموعه باتری در زمان‌های کوتاه وجود دارد، ظرفیت باتری به‌مراتب کمتر است (به‌طور معمول بین ۴۰ تا ۶۰ kWh)[۴].

بنابراین به دلیل ظرفیت بالای باتری اتوبوس‌های شارژ شبانه، هزینه این اتوبوس‌ها بیشتر از نوع شارژ بین راهی است.



شکل ۱-۷: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس برقی

در کل می‌توان آلایندگی صـفر اتوبوس‌های برقی را مزیت عمده آن برشـمرد. همچنین هزینه بالاتر آن (به دلیل قیمت بالای مجموعه باتری) نسبت به اتوبوس‌های سوخت فسیلی را می‌توان عیب اصلی این نوع اتوبوس به‌حساب آورد.

1 Opportunity Electric Bus

در ادامه به برر سی کلی م شخ صات عملکردی، هزینه‌ای و همچنین زیر ساخت هر دو نوع اتوبوس‌های برقی (هم نوع شارژ شبانه و هم نوع شارژ بین راهی) پرداخته می شود. در فصل به‌طور مفصل به برر سی پیشرانه اتوبوس‌های برقی پرداخته خواهد شد.

مشخصه کلی عملکردی اتوبوس‌های برقی [۳]

- *اتوبوس‌های شارژ بین راهی*

✓ محدوده کم قابل پیمایش با یک‌بار شارژ (کمتر از ۱۰۰ km)
✓ نیاز به چندین بار شارژ در طول روز
✓ زمان کوتاه شارژ ۵ تا ۱۰ دقیقه
✓ میزان مصرف انرژی مدل‌های ۲۰۱۲: ۱/۸ kWh/km
✓ میزان مصرف انرژی پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۱/۵۸ kWh/km

- *اتوبوس‌های شارژ شبانه*

✓ محدوده متوسط قابل پیمایش با یک‌بار شارژ (بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ km)
✓ شارژ در انتهای روز
✓ زمان شارژ طولانی: بیشتر از ۳ ساعت
✓ میزان مصرف انرژی مدل‌های ۲۰۱۲: ۱/۹۱ kWh/km
✓ میزان مصرف انرژی پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۱/۶۸ kWh/km

قابل‌ذکر است که زمان شارژ هر دو نوع اتوبوس برقی به توان ایستگاه شارژ و فنّاوری آن مربوط است.

هزینه‌ها:

- *اتوبوس‌های شارژ بین راهی*

✓ هزینه خرید: ۴۰۰،۰۰۰ یورو به ازای هر اتوبوس
✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۱۲: ۳/۲ euro/km
✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۳۰: ۲/۹ euro/km

- *اتوبوس‌های شارژ شبانه*

✓ هزینه خرید: ۳۵۰تا ۵۰۰ هزار یورو به ازای هر اتوبوس
✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۱۲: ۵/۵ euro/km
✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۳۰: ۳/۸ euro/km

در اینجا عمر کاری اتوبوس‌ها ۱۵ سال در نظر گرفته شده است[۴].

زیرساخت:

هر دو نوع اتوبوس نیاز به زیرساخت و ایستگاه‌های شارژ باتری داند. در نوع شارژ بین راهی می‌بایست ایستگاه‌های مختلفی جهت شارژ اتوبوس در طول مسیر تعبیه شود.



شکل ۱-۸: نمونه‌ای از اتوبوس برقی محصول شرکت BYD [۹]

۱ ۴ ۲ اتوبوس‌های ترولی

تغذیه اتوبوس‌های ترولی می‌تواند از طریق اتصالات الکتریکی بالاسری و یا از طریق اتصالات الکتریکی زمینی (ریل زمینی) انجام شود. معمولاً در اتوبوس‌های ترولی یک منبع ذخیره‌ساز انرژی با ظرفیت پایین قرار داده می‌شود تا در برخی مسیرهای کوتاه (نظیر تونل‌ها و ...) اگر امکان عبور شبکه برق تغذیه وجود نداشت، اتوبوس بتواند با آزادی عمل بیشتری به مسیر خود ادامه دهد. همچنین در برخی کاربردها می‌توان از دیزل ژنراتور در اتوبوس ترولی استفاده کرد. بدین‌صورت که در فضای درون‌شهری اتوبوس از برق شهر تغذیه شود و در فضای حومه و یا حتی بیرون شهر به‌منظور کاهش هزینه زیرساخت اتوبوس از موتور دیزلی استفاده کند.

همانند اتوبوس‌های برقی، می‌توان حداقل آلایندگی در فضای شهری را مزیت اصلی اتوبوس‌های ترولی بر شمرد. همچنین هزینه بالای زیرساخت این نوع اتوبوس را می‌توان عیب عمده این نوع اتوبوس در نظر گرفت.

در ادامه به بررسی کلی مشخصات عملکردی، هزینه‌ای و همچنین زیرساخت این نوع اتوبوس الکتریکی پرداخته می‌شود.

مشخصه کلی عملکردی اتوبوس ترولی

- ✓ محدوده قابل پیمایش نامحدود (در صورت وجود تغذیه برق شبکه)
- ✓ شتاب‌گیری خوب
- ✓ میزان مصرف انرژی مدل‌های ۲۰۱۲: ۱/۸ kWh/km
- ✓ میزان مصرف انرژی پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۱/۷۱ kWh/km

هزینه‌ها:

- ✓ هزینه خرید: ۴۰۰،۰۰۰تا ۴۵۰،۰۰۰ یورو به ازای هر اتوبوس
- ✓ هزینه زیرساخت: ۱ تا ۱/۵ میلیون یورو به ازای هر کیلومتر
- ✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۱۲: ۳/۱ euro/km
- ✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۳۰: ۳/۴ euro/km

زیرساخت:

نیاز به سیستم تغذیه برق بالا سری دارد. در صورت وجود سیستم تراموا به دلیل فراهم بودن زیر ساخت تغذیه الکتریکی هزینه زیرساخت به‌مراتب کاهش می‌یابد.



شکل ۱-۹: نمونه‌ای از اتوبوس ترولی

۱٫۵ اتوبوس‌های با تغذیه هیبریدی (دیزل-الکتریک)

یک راهکار مناسب جهت کاهش میزان آلایندگی و همچنین مصرف سوخت موتورهای احتراق داخلی استفاده از یک موتور الکتریکی به‌عنوان سیستم رانشی کمکی در کنار آن است. روش‌های مختلفی جهت کنار هم قرار دادن موتور الکتریکی و موتور دیزلی در پیشرانه خودروهای هیبریدی وجود دارد که هرکدام از این ترکیب‌ها دارای معایب و مزایای خود هستند. در **شکل ۱-۱۱** ساختار پیشرانه یکی از نوع اتوبوس هیبریدی (نوع سری) نشان داده شده است. در فصل بعد به‌طور مفصل به بررسی انواع پیشرانه هیبریدی پرداخته می‌شود.

جدای از نوع پیشرانه هیبریدی، چیزی که کاملاً واضح است، هیبریداسیون میزان آلایندگی و مصرف سوخت را نسبت به نوع دیزلی معمول به‌مراتب کاهش می‌دهد. در جدول ۱-۵ مقایسه بین میزان آلایندگی یک اتوبوس هیبریدی و یک اتوبوس دیزلی با استاندارد Euro V نشان داده شده است.

در سالهای اخیر، با تو سعه فنّاوری باتری، به‌منظور افزایش سهم بخش الکتریکی، باتری‌هایی با ظرفیت بالاتر در برخی خودروهای هیبریدی مورداستفاده قرار می‌گیرد. با افزایش ظرفیت باتری این امکان فراهم می‌شود تا اتوبوس بتواند مسیر مشخصی را به‌صورت الکتریکی خالص بپیماید. این مزیت امکان عبور از مسیرهای با الزام عبور خودروهای فقط با آلایندگی صفر را فراهم می‌کند. پس از کاهش ظرفیت باتری و رسیدن آن به میزان حداقل، موتور دیزلی به کمک بخش الکتریکی آمده و اتوبوس به‌صورت هیبریدی در ادامه مسیر حرکت می‌کند. به این نوع خودروها، خودروهای (یا اتوبوس‌های) قابل اتصال به شبکه[1] گفته می‌شود.



شکل ۱-۱۰: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس هیبریدی (نوع سری)

جدول ۱-۵- مقایسه بین میزان آلایندگی یک اتوبوس هیبریدی و یک اتوبوس دیزلی با استاندارد Euro V [۳]

1 Plug-in

GHG	Measure	Hybrid diesel/ electric	Euro V diesel
CO2eq	g/km	700	1000
NOx	g/km	2.8	3.51
PM10	g/km	0.08	0.10

در ادامه به بررسی کلی مشخصات عملکردی، هزینه‌ای و همچنین زیرساخت اتوبوس‌های هیبریدی پرداخته می‌شود.

مشخصه کلی عملکردی اتوبوس‌های هیبریدی

- ✓ محدوده پیمایش با یک‌بار سوخت‌گیری: ۶۰۰- ۹۰۰ کیلومتر
- ✓ میزان مصرف انرژی مدل‌های ۲۰۱۲: ۳/۳۴ kWh/km
- ✓ میزان مصرف انرژی پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۳/۱۷ kWh/km
- ✓ به‌طور معمول هر دو روز نیاز به سوخت‌گیری دارد.
- ✓ زمان سوخت‌گیری کوتاه: ۵ دقیقه
- ✓ میزان آلایندگی صوتی: در حالت ایستا ۶۹ db و در حال حرکت ۷۳ db

هزینه‌ها:

- ✓ هزینه خرید: ۲۷۰،۰۰۰ یورو به ازای هر اتوبوس
- ✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۱۲: ۲/۴ euro/km
- ✓ پیش‌بینی هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۳۰: ۲/۶-۲/۷ euro/km

زیرساخت:

نیاز به پمپ‌های دیزلی مرسوم دارند. در نوع قابل اتصال به شبکه زیرساخت شارژ لازم است.

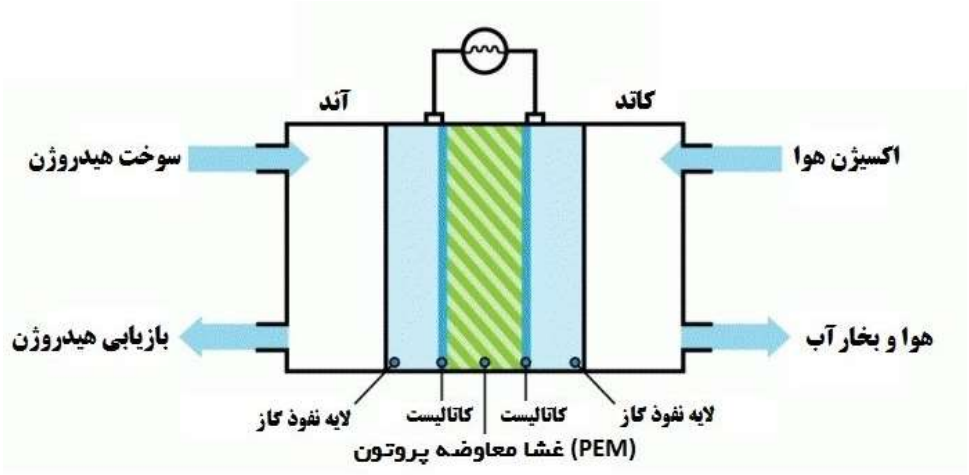


شکل ۱-۱۱: نمونه‌ای از اتوبوس هیبریدی مورداستفاده در ناوگان اتوبوس‌رانی لندن

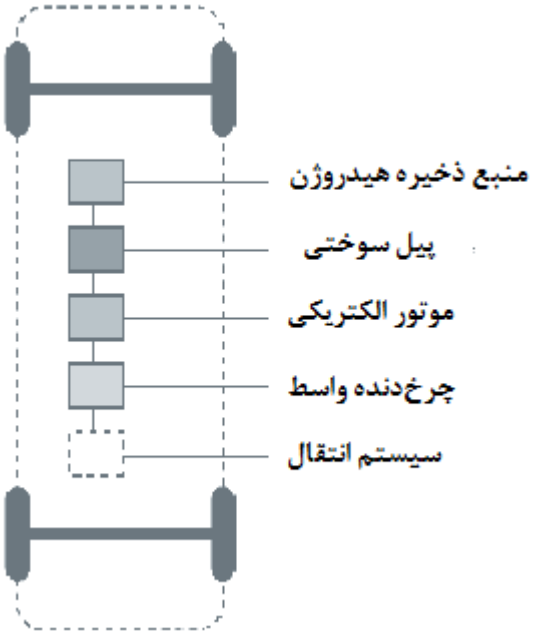
۱.۶ اتوبوس‌های با تغذیه هیدروژن

هیدروژن خود می‌تواند به‌تنهایی به‌عنوان سوخت در موتورهای احتراقی مورداستفاده قرار گیرد. اما نوع کاربردی‌تر استفاده آن در سیستم حمل‌ونقل، تغذیه پیل‌های سوختی است. همان‌طور که در **شکل ۱-۱۲** نشان داده شده است، در یک پیل سوختی، با استفاده از هیدروژن خالص و اکسیژن (از طریق هوا)، الکتریسیته ایجاد می‌شود. بنابراین می‌توان پیل سوختی را به‌عنوان یک منبع تولید الکتریسیته با آلایندگی صفر به‌حساب آورد.

دو نوع کلی سیستم پیشرانه را می‌توان برای خودروهای پیل سوختی متصور شد. ساختار نوع اول (**شکل ۱-۱۳**) همانند یک اتوبوس برقی است و فقط در آن بجای باتری از پیل سوختی استفاده می‌شود. در این حالت با استفاده از هیدروژن ذخیره‌شده در منبع هیدروژن، پیل سوختی انرژی الکتریکی رانشی موردنیاز اتوبوس را تأمین می‌کند.



شکل ۱-۱۲: ساختار کلی یک پیل سوختی

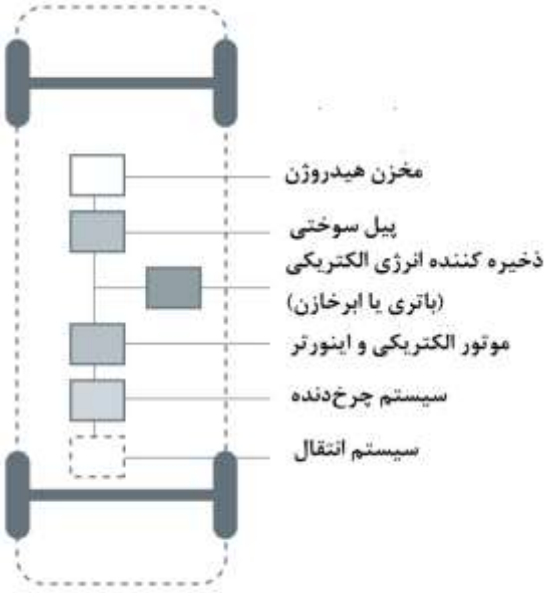


شکل ۱-۱۳: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس پیل سوختی بدون ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی

در این ساختار به دلیل اینکه پیل سوختی می‌بایست تمام توان رانشی را تأمین کند، می‌بایست دارای سایز و توان بالایی بوده تا توانایی تأمین توان شتاب گیری و شیب پیمایی‌ها را دا شته با شد. این افزایش ظرفیت پیل سوختی ن صب شده در خودرو باعث افزایش هزینه آن می شود. همچنین در این نوع خودرو پیل سوختی، به دلیل عدم وجود سیستم ذخیره‌ساز الکتریکی امکان بازیابی انرژی ترمزی خودرو وجود ندارد.

با توجه به معایب سیستم پیل سوختی بدون ذخیره ساز انرژی الکتریکی، در نوع دوم آن، همان‌طور که در **شکل ۱-۱۴** نشان داده‌شده است، از حداقل یک ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی (باتری یا ابرخان) موازی با پیل سوختی استفاده می شود. در این ساختار علاوه بر امکان بازیابی انرژی ترمزی، ذخیره ساز توانایی تأمین بخ شی از توان رانـ شی را به

همراه پیل سوختی در مواقع شتاب گیری و شیب پیمایی دارد. بنابراین سایز پیل سوختی به‌مراتب کمتر از نوع اول خواهد بود. ازاین‌رو هزینه این نوع کمتر از نوع اول ا ست. امروزه ا ستفاده از خودرو پیل سوختی بدون ذخیره کننده الکتریکی متداول نبوده و تقریباً تمامی خودروها و به‌طور خاص اتوبوس‌های پیل ســـوختی دارای حداقل یک ذخیره کننده الکتریکی هستند.



شکل ۱-۱۴: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه اتوبوس پیل سوختی با ذخیره کننده انرژی الکتریکی

آلایندگی حداقل خودروهای پیل ســـوختی را می‌توان مهم‌ترین مزیت این خودرو به‌حســـاب آورد. ولی معایب آن نظیر هزینه اولیه بالا، مشـــکلات ایمنی جهت ذخیره‌ســـازی هیدروژن و همچنین نیاز به زیرســـاخت جهت تأمین هیدروژن تاکنون مانع موفقیت تجاری آن شده است.

در ادامه به بررسی کلی مشخصات عملکردی، هزینه‌ای و همچنین زیرساخت اتوبوس‌های پیل سوختی پرداخته می‌شود.

مشخصه کلی عملکردی اتوبوس‌های پیل سوختی

- ✓ محدوده پیمایش با یک‌بار سوخت‌گیری: ۲۰۰- ۴۰۰ کیلومتر
- ✓ میزان مصرف انرژی مدل‌های ۲۰۱۲: ۳/۲ kWh/km
- ✓ میزان مصرف انرژی پیش‌بینی سال ۲۰۳۰: ۲/۷۲ kWh/km
- ✓ به‌طور معمول هرروز و پس از انجام فعالیت روزانه نیاز به سوخت‌گیری دارد.
- ✓ زمان سوخت‌گیری کوتاه: ۱۰ دقیقه
- ✓ میزان آلایندگی صوتی: در حالت ایستا ۶۳ db و در حال حرکت ۶۹ db

هزینه‌ها:

- ✓ هزینه خرید: ۸۰۰،۰۰۰ یورو به ازای هر اتوبوس
- ✓ هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۱۲: ۴/۶ euro/km
- ✓ پیش‌بینی هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۳۰: ۳/۲ euro/km

زیرساخت:

نیاز به سیستم‌های تولید و ذخیره‌سازی هیدروژن دارد و همچنین نیاز به پمپ‌های مخصوص هیدروژن است.



شکل ۱-۱۵: نمونه‌ای از اتوبوس پیل سوختی

در انتها این بخش در جدول ۱-۶ مقایسه بین مشخصه عملکردی، زیر ساخت و همچنین میزان تجدید پذیری پیشرانه‌های مطرح شده نشان داده شده است. همچنین در جدول **۱-۷** و جدول ۱-۸ مقایسه هزینه و میزان آلایندگی صوتی و هوا انواع پیشرانه‌های اتوبوس‌های شهری نشان داده است.

جدول ۱-۶- مقایسه مشخصه عملکردی، زیرساخت و میزان تجدید پذیری پیشرانه‌های مختلف اتوبوس شهری[۱۰]



فناوری پیشرانه/ منبع انرژی	سوخت فسیلی			زیست سوخت				الکتریکی			هیبریدی	هیدروژن
	Euro V	Euro VI	CNG	FAME	HVO	بیومتان	بیوالتانول	شارژ در فرصت	شارژ شبانه	ترولی	هیبریدی دیزل-الکتریکی	پیل سوختی با ذخیره کننده انرژی
مشخصات سوخت												
تجدیدپذیری												
پایداری انرژی و سوخت												
عملکرد												
محدوده پیمایش/ کیلومتر												
محدوده پیمایش با آلودگی صفر/کیلومتر												
انعطاف پذیری حرکت در مسیر												
زیرساخت												
وضعیت موجود زیر ساخت												

(در جدول فوق رنگ سبز نشان دهنده بهترین عملکرد و مشخصه، رنگ قرمز نشان دهنده کمتر از حد مناسب و رنگ نارنجی بینابین را نشان می دهد.)

جدول ۱-۷- مقایسه هزینه پیشرانه‌های مختلف اتوبوس شهری [۱۰]

فناوری پیشرانه/ منبع انرژی	سوخت فسیلی			زیست سوخت				الکتریکی			هیبریدی	هیدروژن
	Euro V	Euro VI	CNG	FAME	HVO	بیومتان	بیوالتانول	شارژ در فرصت	شارژ شبانه	ترولی	هیبریدی دیزل-الکتریکی	پیل سوختی با ذخیره کننده انرژی
هزینه خرید واحد، ۱۰۰۰ یورو												
هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۱۲، یورو/کیلومتر												
پیش‌بینی هزینه کل مالکیت در سال ۲۰۳۰، یورو/کیلومتر												
سرمایه گذاری اضافی بابت زیرساخت، ۱۰۰۰ یورو												

(در جدول فوق رنگ سبز نشان دهنده کمترین هزینه، رنگ قرمز نشان دهنده هزینه بیش از حد مناسب و رنگ نارنجی بینابین را نشان می دهد.)

جدول ۱-۸- مقایسه میزان آلایندگی هوا و آلایندگی صوتی انواع پیشرانه‌های اتوبوس شهری [۱۰]



فناوری پیشرانه/ منبع انرژی	سوخت فسیلی			زیست سوخت				الکتریکی			هیبریدی	هیدروژن
	Euro V	Euro VI	CNG	FAME	HVO	بیومتان	بیواتانول	شارژ در فرصت	شارژ شبانه	ترولی	هیبریدی دیزل-الکتریکی	پیل سوختی با ذخیره کننده انرژی
CO2, g/km												
NOx, g/km												
PM10, g/km												
نویز صوتی در حال توقف,dB												
نویز صوتی در حال حرکت,dB												

(در جدول فوق رنگ سبز نشان دهنده کمترین آلایندگی، رنگ قرمز نشان دهنده آلایندگی بیش از حد مطلوب و رنگ نارنجی بینابین را نشان می دهد.)

۱۷ نتیجه گیری

در این مرحله از گزارش (مرحله ۱) و در بخش اول به بررسی انواع پیشرانه مورد استفاده در اتوبوس‌های شهری پرداخته شد. دسته‌بندی پیشرانه‌ها بر اساس نوع سوخت مصرفی انجام گرفت. سپس معایب و مزایای هر پیشرانه مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین در این بخش مروری کلی بر مشخصات عملکردی، میزان آلایندگی (صوتی و هوا)، هزینه و همچنین امکانات زیرساخت مورد نیاز هر کدام از انواع پیشرانه‌ها انجام گرفت.

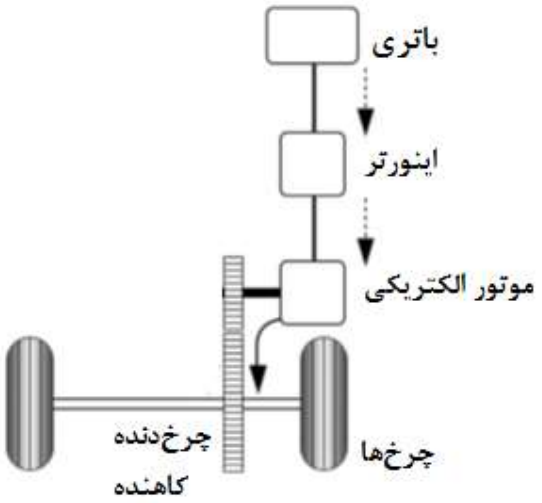
فصل ۲ بخش دوم: بررسی و استخراج مشخصات فنی پیشرانه‌های نوین برقی و هیبریدی اتوبوس‌های شهری

در بخش قبل به بررسی کلی انواع پیشرانه مورداستفاده در اتوبوس‌های شهری پرداخته شد. در این بخش به بررسی دقیق‌تر پیشرانه‌های نوین برقی و هیبریدی پرداخته می‌شود. نحوه عملکرد و همچنین مشخصات فنی این نوع پیشرانه‌ها در این فصل موردبررسی قرار می‌گیرد. در ادامه این فصل به بررسی محصولات تولیدکنندگان برتر پرداخته می شود. همچنین در انتها به معرفی قطعه سازان برتر در حوزه پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته شده است.

۲ ۱ اتوبوس‌های الکتریکی

در یک اتوبوس معمولی از موتور دیزلی به‌منظور ایجاد نیرومحرکه رانشی و از گازوییل به‌منظور تأمین انرژی موردنیاز آن استفاده می‌شود. این در حالی است که در یک اتوبوس برقی تأمین نیروی رانشی بر عهده موتور الکتریکی بوده و به‌منظور تغذیه آن از یک منبع انرژی که می‌تواند باتری، ابرخازن[1] و یا پیل سوختی[2] باشد استفاده می‌شود. در شکل ۲-۱ دیاگرام کلی سیستم پیشرانه یک اتوبوس برقی با ذخیره‌ساز باتری[3] نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود ساختار یک اتوبوس برقی بسیار ساده است. در این نوع خودرو، مجموعه باتری با استفاده از برق شبکه توسط شارژر درون ایستگاه شارژ می‌شود. باتری نیز موتور الکتریکی را تغذیه کرده تا نیروی رانشی مکانیکی چرخ‌ها را تأمین کند. خودروهای برقی، قابلیت بازیابی انرژی ترمزی رادارند. بدین معنا که در هنگام ترمز گیری، موتور الکتریکی در وضعیت ژنراتوری قرارگرفته و بخشی از انرژی ترمزی را جذب و در باتری ذخیره کنند. با استفاده از مزیت بازیابی انرژی ترمزی، بازده اتوبوس به‌مراتب افزایش‌یافته و از هدر رفت بخشی از انرژی ترمزی که به‌صورت مکانیکی تلف می‌شود, جلوگیری می‌شود.

1 Ultracapacitor
2 Fuel cell
3 Battery Electric vehicle (BEV)



شکل ۲-۱: دیاگرام کلی سیستم پیشرانه یک اتوبوس برقی به همراه مسیر انتقال انرژی

در مقایسه با اتوبوس‌های معمولی با موتور دیزلی، پیشرانه اتوبوس‌های برقی دارای انواع متنوع‌تری هستند. در **شکل ۲-۲** انواع ساختار سیستم پیشرانه خودروهای برقی نشان داده شده است[۱۱]. در زیر به بررسی این ساختارها پرداخته می‌شود.

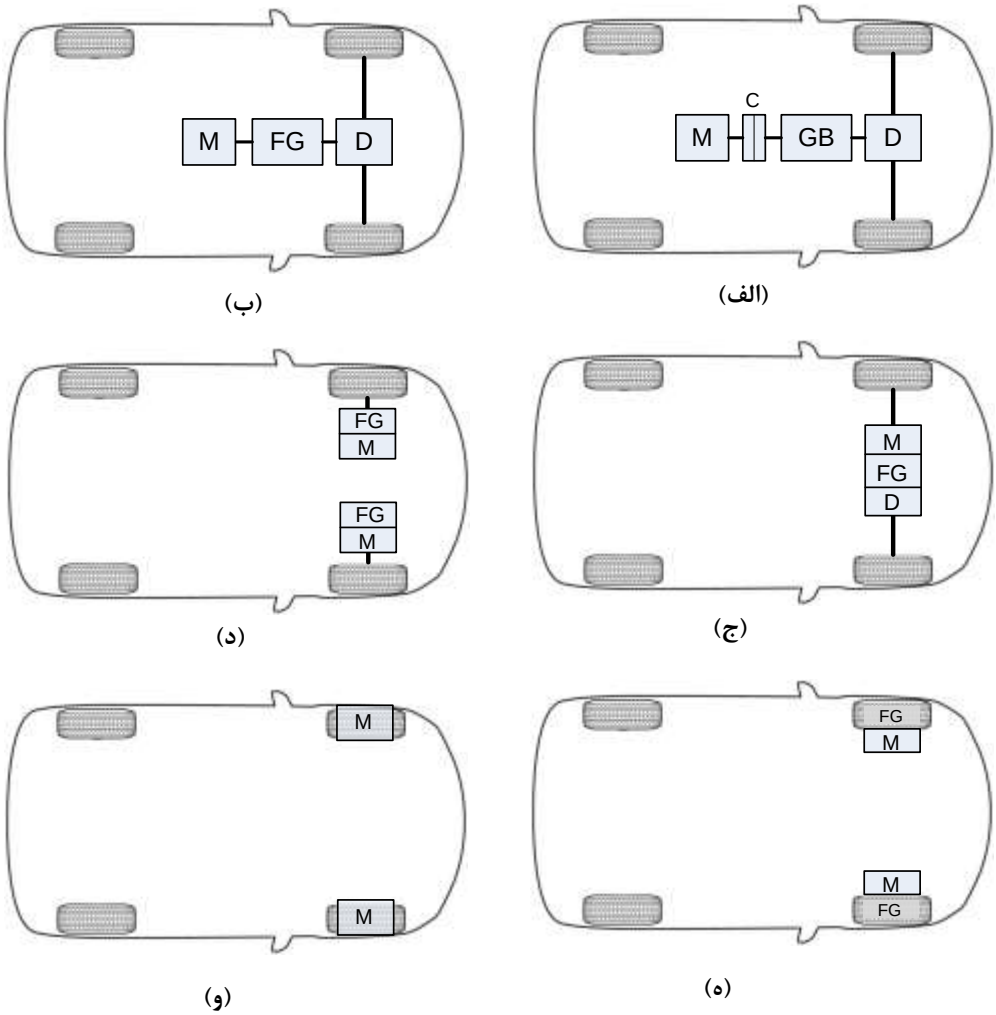
در اولین ساختار (**شکل ۲-۲**-الف) که به پیکربندی خودرو معمولی با موتور دیزلی بسیار نزدیک است، موتور الکتریکی جایگزین موتور دیزلی و مجموعه باتری جایگزین مخزن سوخت و گازوییل شده است. در این ساختار موتور الکتریکی از طریق یک کلاچ که می‌تواند اتصال آن را به سیستم پیشرانه قطع یا وصل کند به سیستم جعبه‌دنده[1] وصل شده است. در جعبه‌دنده که شامل چرخ‌دنده‌هایی با نسبت‌های متفاوت است، راننده می‌تواند نسبت چرخ‌دنده مناسب را جهت تأمین گشتاور- سرعت مطلوب بر روی چرخ‌ها انتخاب کند. درنهایت از طریق دیفرانسیل[2] نیروی مکانیکی تولیدشده به چرخ‌ها منتقل می‌شود. در یک خودرو، دیفرانسیل (که معمولاً از چند چرخ‌دنده سیاره‌ای تشکیل‌شده است) این امکان را فراهم می‌کند که جهت پایداری خودرو در یک مسیر منحنی چرخ‌ها بتوانند با سرعت متفاوت حرکت کنند.

با جایگزینی یک‌دنده با نسبت ثابت به‌جای سیستم جعبه‌دنده و همچنین حذف کلاچ، وزن و اندازه سیستم انتقال مکانیکی به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. همچنین کنترل سیستم رانشی به دلیل حذف جعبه‌دنده ساده‌تر خواهد شد. همان‌طور که در **شکل ۲-۲**-ب نشان داده شده است، در این حالت سیستم پیشرانه فقط شامل موتور الکتریکی، دنده ثابت و یک دیفرانسیل خواهد بود.

1 Gearbox
2 Differential

همان‌طور که در **شکل ۲-۲**-ج نشان داده شده است، می‌توان در ساختار **شکل ۲-۲**-ب، موتور الکتریکی، دنده و همچنین دیفرانسیل را به‌طور یکپارچه بر روی محور خودرو قراردارد. در اینصورت سیستم رانشی به‌مراتب از حالت قبل ساده‌تر خواهد شد.

در **شکل ۲-۲**-د سیستم مکانیکی و دیفرانسیل با دو موتور الکتریکی جایگزین شده است. هرکدام از این دو موتور یکی از چرخ‌ها را به حرکت درمی‌آورند. بنابراین زمانی که خودرو بر روی یک مسیر منحنی حرکت می‌کند، جهت کنترل بهتر خودرو هرکدام از موتورها با سرعت‌های متفاوت حرکت می‌کنند.



C: کلاچ
D: دیفرانسیل
FG: دنده ثابت
GB: جعبه دنده
M: موتور الکتریکی

شکل ۲-۲: ساختارهای مختلف سیستم پیشرانه خودروهای برقی

به‌منظور ساده‌سازی سیستم پیشرانه، موتور الکتریکی می‌تواند درون چرخ‌ها قرار گیرد، که به این ساختار "ساختار درون چرخ[1] " گفته می‌شود. در این وضعیت ممکن است از یک گیربکس سیاره‌ای[2] کوچک به‌منظور کاهش سرعت موتور و درنتیجه افزایش گشتاور آن استفاده شود. در **شکل ۲-۲**-ه این ساختار نشان داده شده است.

و درنهایت همان‌طور که در **شکل ۲-۲**-و نشان داده شده است، در صورت استفاده از موتورهای با سرعت کم در ساختار درون چرخ، می‌توان بدون استفاده از چرخ‌دنده خاصی سیستم را ساده‌تر کرد. در این وضعیت سرعت موتور معادل سرعت چرخ‌ها خواهد بود.

قابل‌ذکر است به‌غیراز نحوه تغذیه (اتصال مستقیم به شبکه و یا استفاده از ذخیره کننده الکتریکی) ساختار انواع اتوبوس‌های الکتریکی می‌تواند مشابه باشد.

۲ ۱ ۱ نحوه تغذیه اتوبوس‌های الکتریکی

همان‌طور که در بخش قبل اشاره تغذیه اتوبوس‌های الکتریکی در نوع اتوبوس برقی از طریق باتری و یا ابرخزن انجام می شود. همچنین ا شاره شد که در اتوبوس‌های نوع شارژ شبانه با توجه ظرفیت بالاتر باتری، اتوبوس می‌تواند مسافت بیشتری را طی کند. در نوع شارژ بین راهی ظرفیت باتری پایین بوده و اتوبوس می‌بایست در اولین فرصت در طول مسیر شارژ شود.

در اتوبوس‌های ترولی تغذیه از طریق اتصالات بالاسری و یا سقفی انجام می‌گیرد. در این حالت نیازی به باتری جهت ذخیره‌سازی نیست. ولی به‌منظور فراهم آوردن شرایط بازیابی ترمزی و همچنین ایجاد قابلیت تردد در م سیرهای کوتاهی که امکان عبور برق بالا سر وجود ندارد (نظیر تونل‌ها) از باتری‌هایی با ظرفیت کم در اتوبوس‌های ترولی استفاده می‌شود.

۲ ۲ خودروهای هیبرید برقی

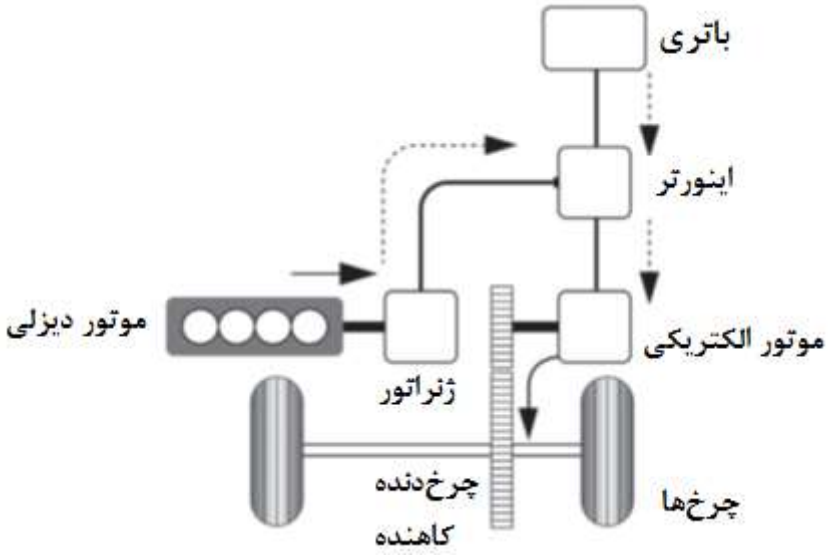
به‌طور اساسی در یک خودرو هیبرید از دو و یا حتی سه نوع مختلف منبع انرژی جهت تأمین نیروی رانشی سیستم پیشرانه ا ستفاده می شود. مر سوم‌ترین ساختار خودرو هیبرید، که به آن هیبرید برقی گفته می شود، از یک موتور بنزینی و یک یا تعدادی موتور الکتریکی تشکیل‌شده است. در این ساختار موتور الکتریکی (یا موتورهای الکتریکی) می‌تواند به‌تنهایی و یا با کمک موتور دیزلی نیروی رانشی چرخ‌ها را تأمین کند. همچنین بسته به نوع ساختار، موتور الکتریکی می‌تواند در برخی نقاط کاری در وضعیت ژنراتوری عمل کرده و باتری را شارژ کند[۱۲]. در این بخش هدف بر آن است تا به معرفی و بررسی ساختارهای پایه خودروهای هیبرید برقی پرداخته شود.

1 In wheel
2 Planetary gearbox

جهت د سته‌بندی خودروهای هیبرید برقی روش‌های مختلفی مطرح شده ا ست. یکی از این روش‌ها، د سته‌بندی خودروهای هیبرید برقی بر پایه نوع مسیر انتقال توان است[۱۳]. در یک خودرو هیبرید برقی، توان رانشی می‌تواند یا از طریق الکتریکی، یا مکانیکی و یا هر دو آن‌ها به سیستم انتقال و چرخ‌ها منتقل شود. ازاین‌رو بر ا ساس نوع مسیر انتقال توان می‌توان اتوبوس‌های هیبرید برقی را به سه دسته اصلی سری، موازی، سری- موازی دسته‌بندی کرد.

۲ ۲ ۱ اتوبوس‌های هیبرید برقی سری:

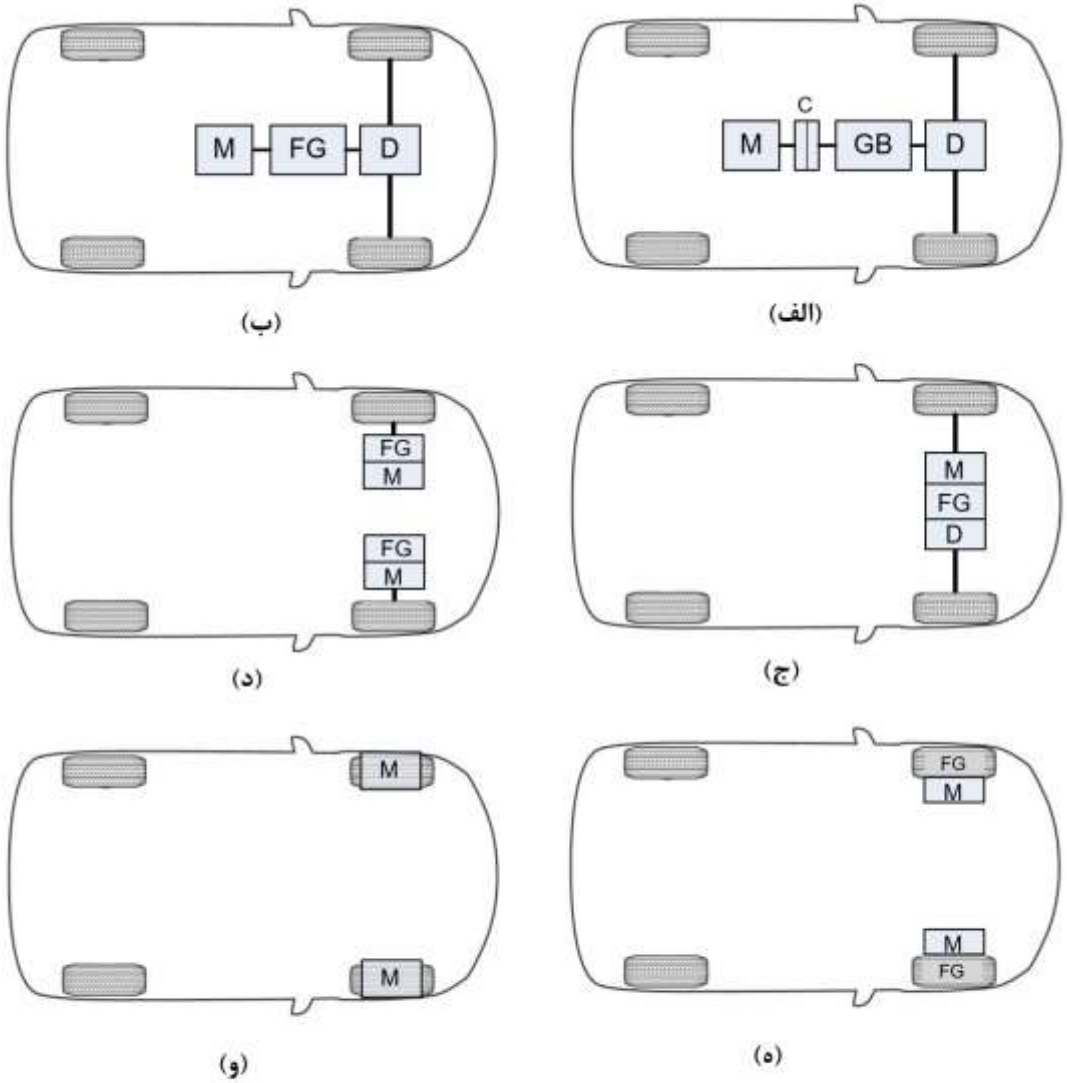
در شکل ۲-۳ ساختار یک اتوبوس هیبرید سری نشان داده شده است. اتوبوس هیبرید نوع سری، ساده‌ترین نوع اتوبوس هیبرید به شمار می‌آید. عملکرد این نوع خودرو بدین صورت ا ست که در ابتدا توان مکانیکی خروجی موتور دیزلی توسط یک ژنراتور به توان الکتریکی تبدیل می‌شود. انرژی الکتریکی تولیدشده توسط ژنراتور وارد بخش مبدل توان الکتریکی می‌شود. که این مبدل الکتریکی از یک یکسوساز تشکیل‌شده است. بسته به استراتژی کنترلی خودرو توان الکتریکی تولید شده از موتور دیزلی/ ژنراتور می‌تواند صرف تأمین توان موردنیاز موتور الکتریکی (یا بخشی از آن) جهت رانش خودرو ، شارژ باتری و یا هر دو آن‌ها به‌طور هم‌زمان شود.



شکل ۲-۳: دیاگرام کلی یک اتوبوس برقی هیبرید سری به همراه مسیر انتقال انرژی

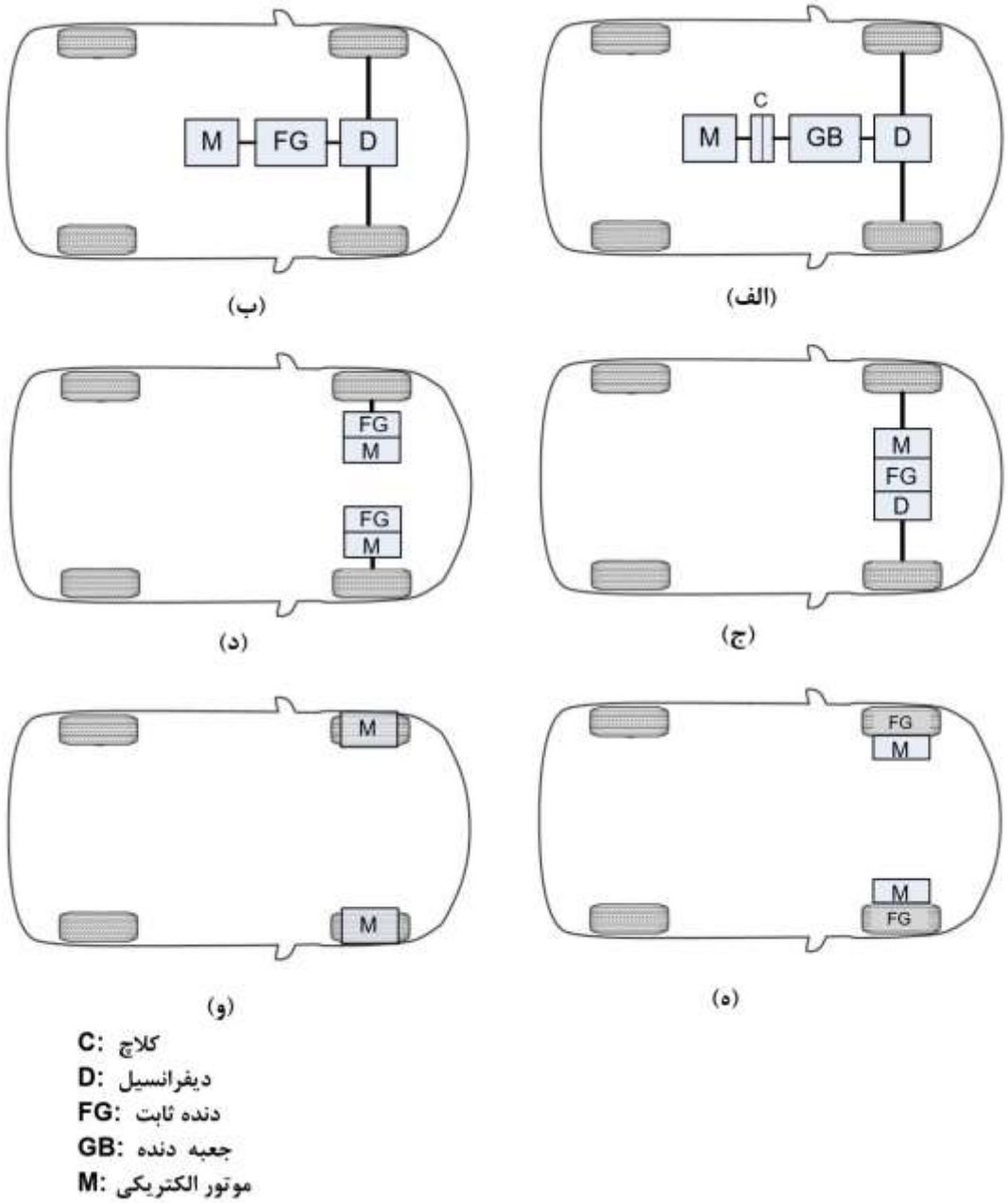
در این نوع اتوبوس همانند اتوبوس برقی خالص موتور الکتریکی تأمین‌کننده ا صلی نیروی رانشی ا ست و موتور دیزلی عملاً به صورت مکانیکی به چرخ‌ها مت صل نی ست. در مواقع ترمز گیری موتور الکتریکی در و ضعیت ژنراتوری قرارگرفته و نیروی بازیابی شده ترمزی را به سمت مجموعه باتری هدایت می‌کند. در این نوع پیشرانه معمولاً از

ژنراتور به منظور استارت موتور دیزلی استفاده می‌شود. در



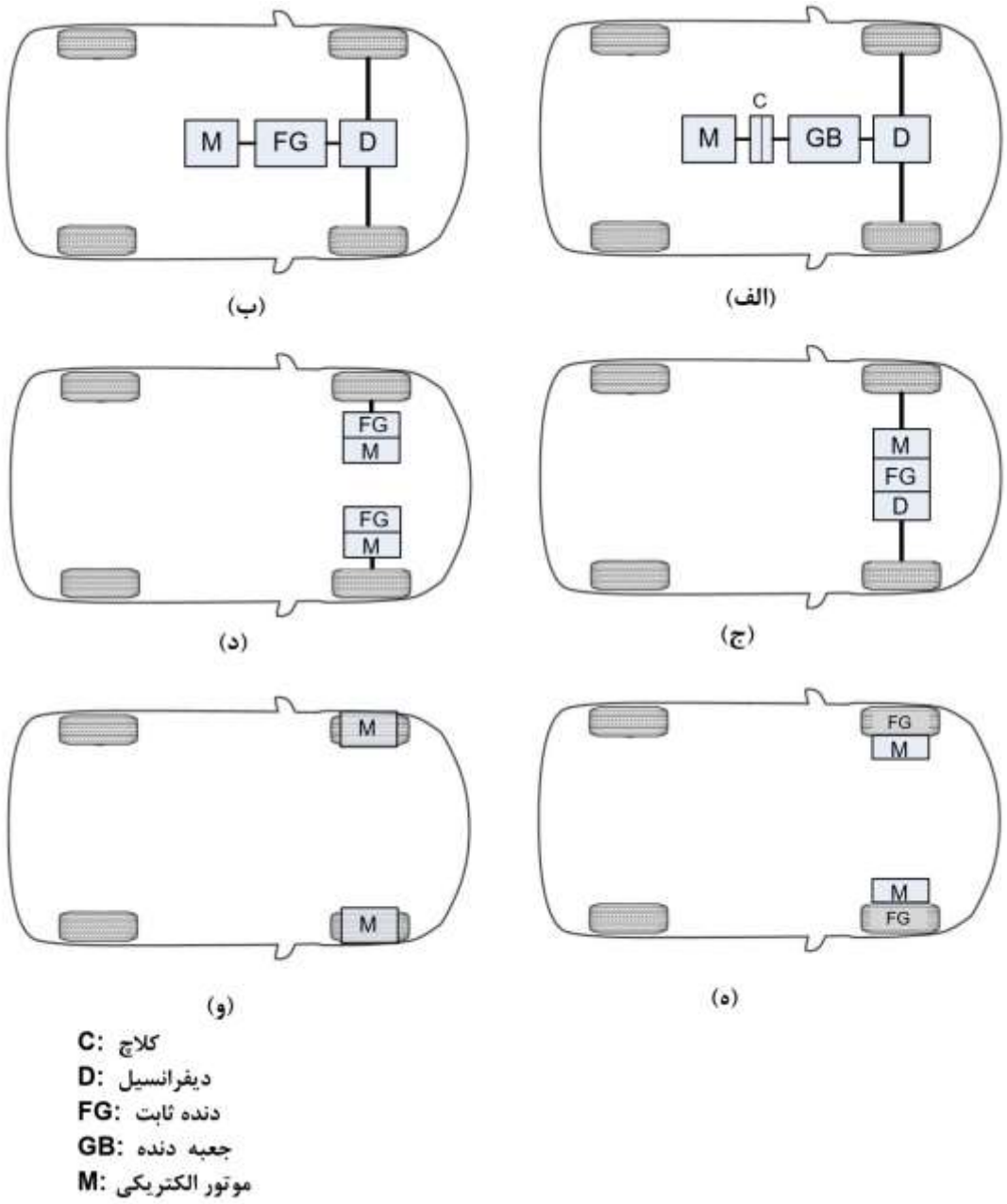
C: کلاچ
D: دیفرانسیل
FG: دنده ثابت
GB: جعبه دنده
M: موتور الکتریکی

شکل **۲-۴**-الف ساختار پیشرانه یک اتوبوس هیبرید سری و نحوه ارتباط اجزاء در آن به‌صورت بلوک دیاگرامی به نمایش گذاشته شده است. همچنین در



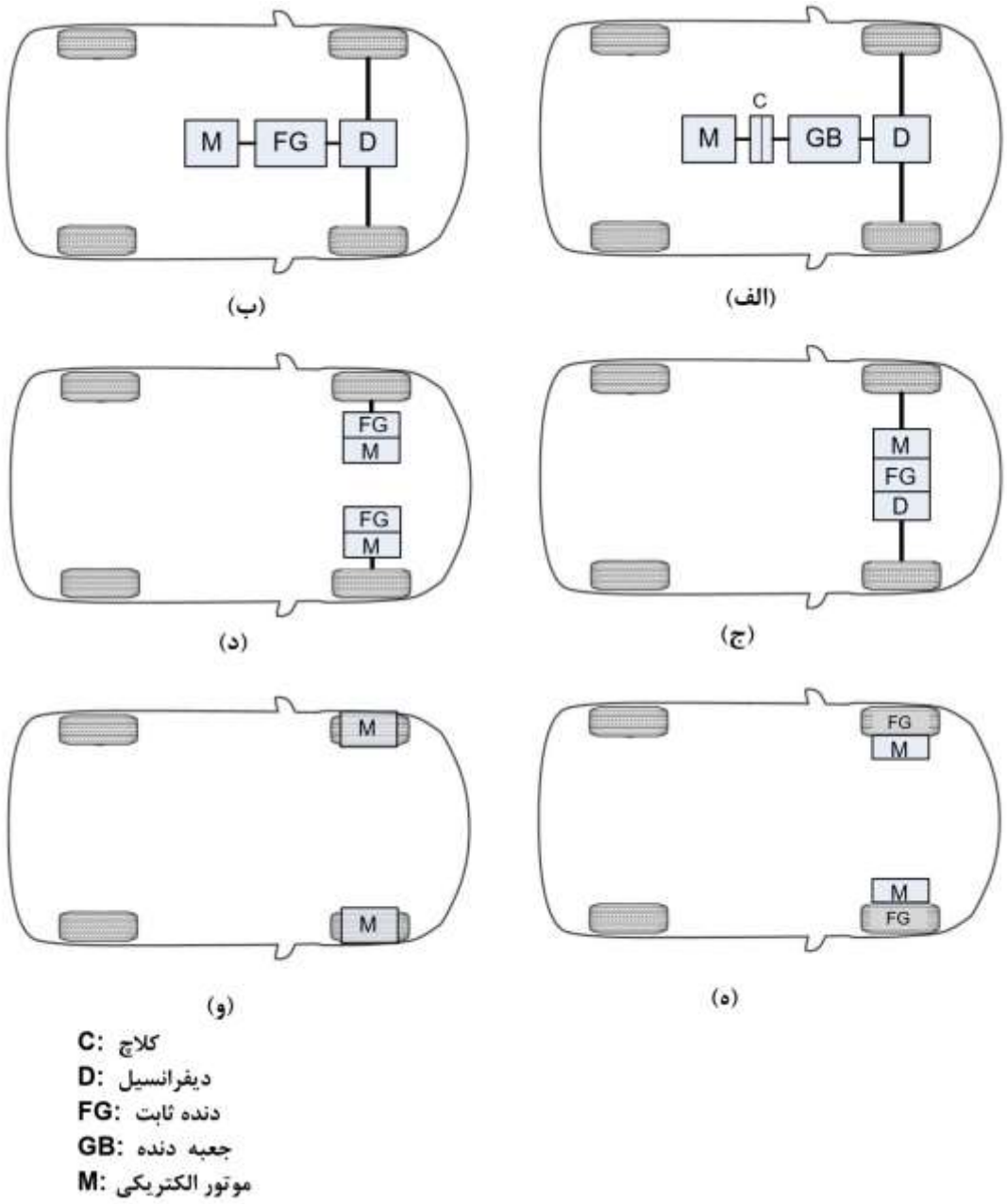
C: کلاچ
D: دیفرانسیل
FG: دنده ثابت
GB: جعبه دنده
M: موتور الکتریکی

شـــــــــــــــکـــــــــــــــل ۲-۴-ب ت ا



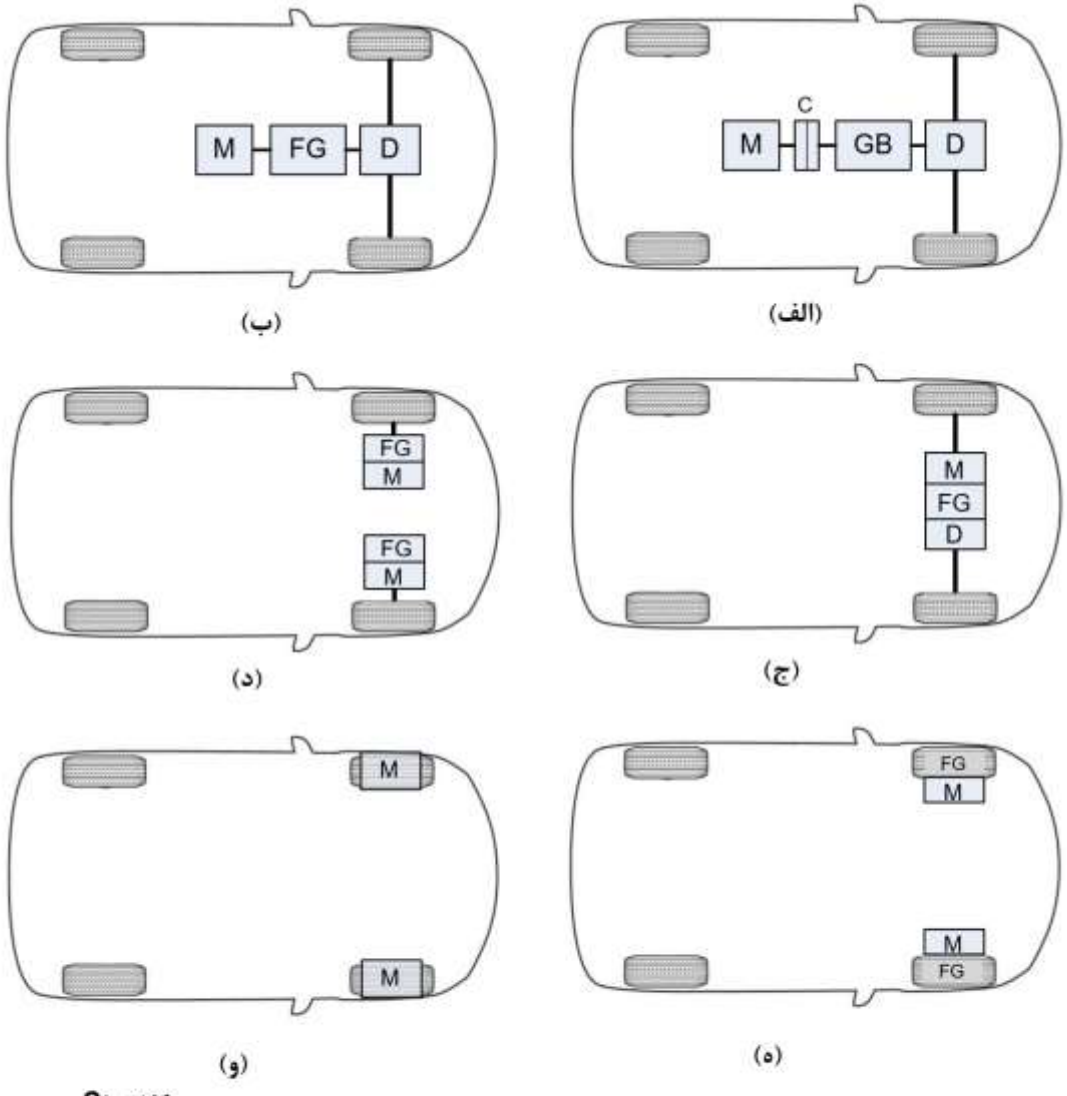
شکل ۲-۴-ز وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه نشان داده‌شده است که عبارت‌اند از:

۱- وضعیت رانشی به صورت الکتریکی خالص: همان طور که در



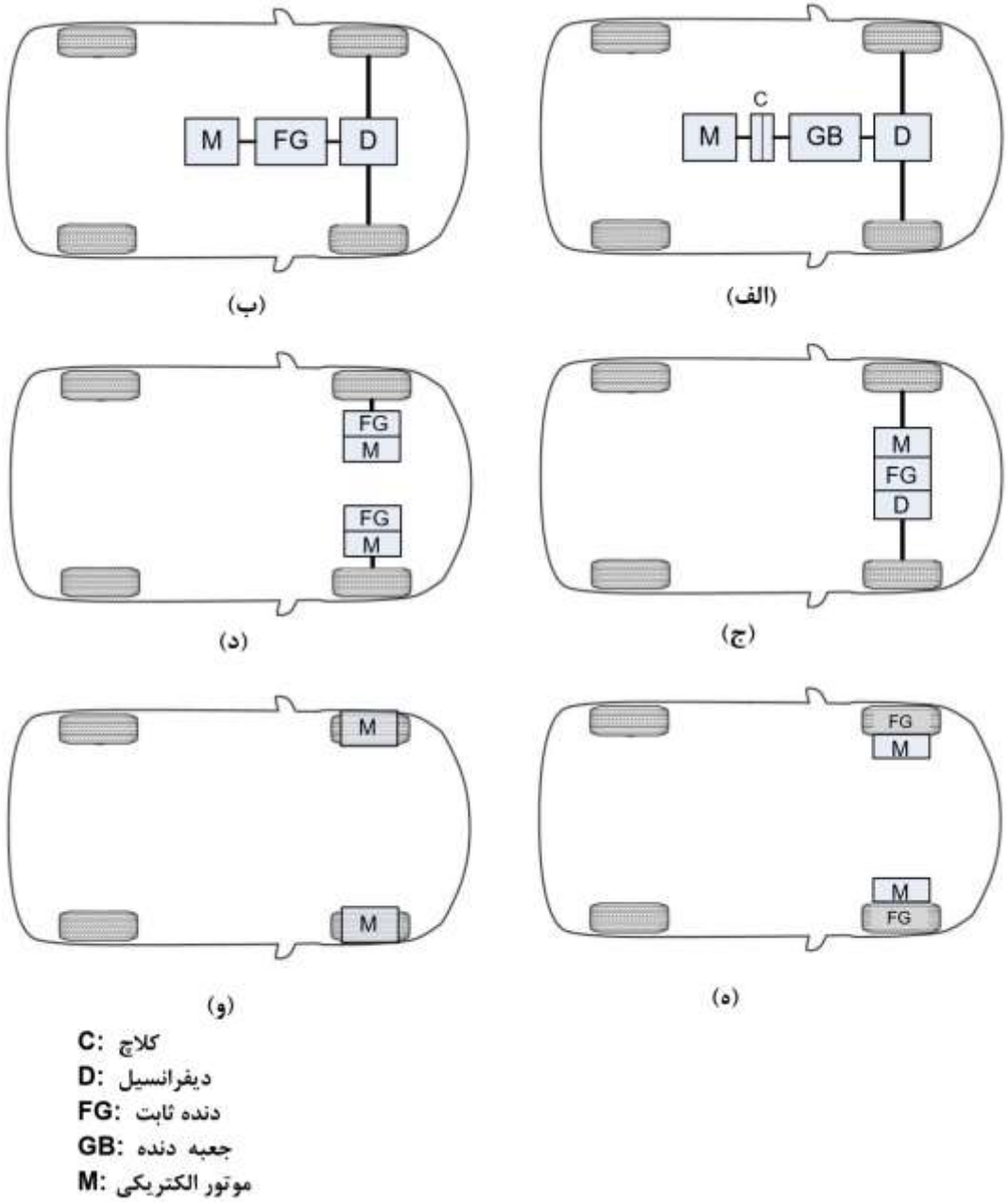
شکل **۲-۴**-ب م شاهده می شود در این و ضعیت موتور دیزلی کاملاً خاموش بوده و توان راند شی موتور الکتریکی فقط از طریق باتری تأمین می‌شود.

۲- و ضعیت تأمین توان رانشی فقط از طریق موتور دیزلی: در این و ضعیت باتری نه توانی به موتور داده و نه توانی جذب می‌کند. در این وضـعیت موتور دیزلی توسـط ژنراتور توان رانشـی موتور الکتریکی را تأمین می‌کند (



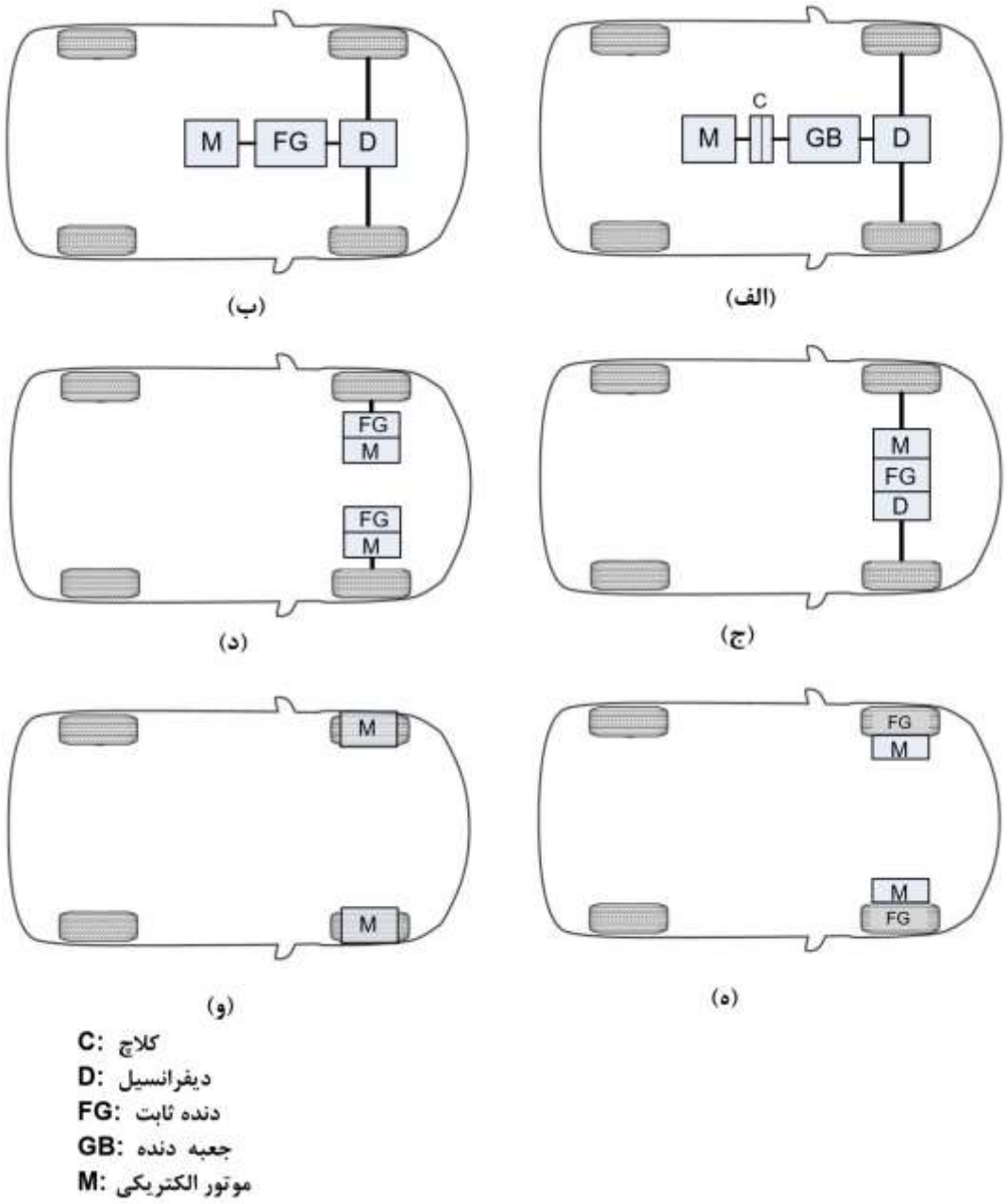
شکل ۲-۴-ج).

۳- و ضعیت بازیابی انرژی ترمزی: در این و ضعیت در هنگام ترمزگیری موتور الکتریکی در و ضعیت ژنراتوری قرار گرف ته و نیروی م کانیکی ترمزی را به الکتریکی ت بد یل کرده و از طریق باتری آن را ذخیره می‌ک ند. (



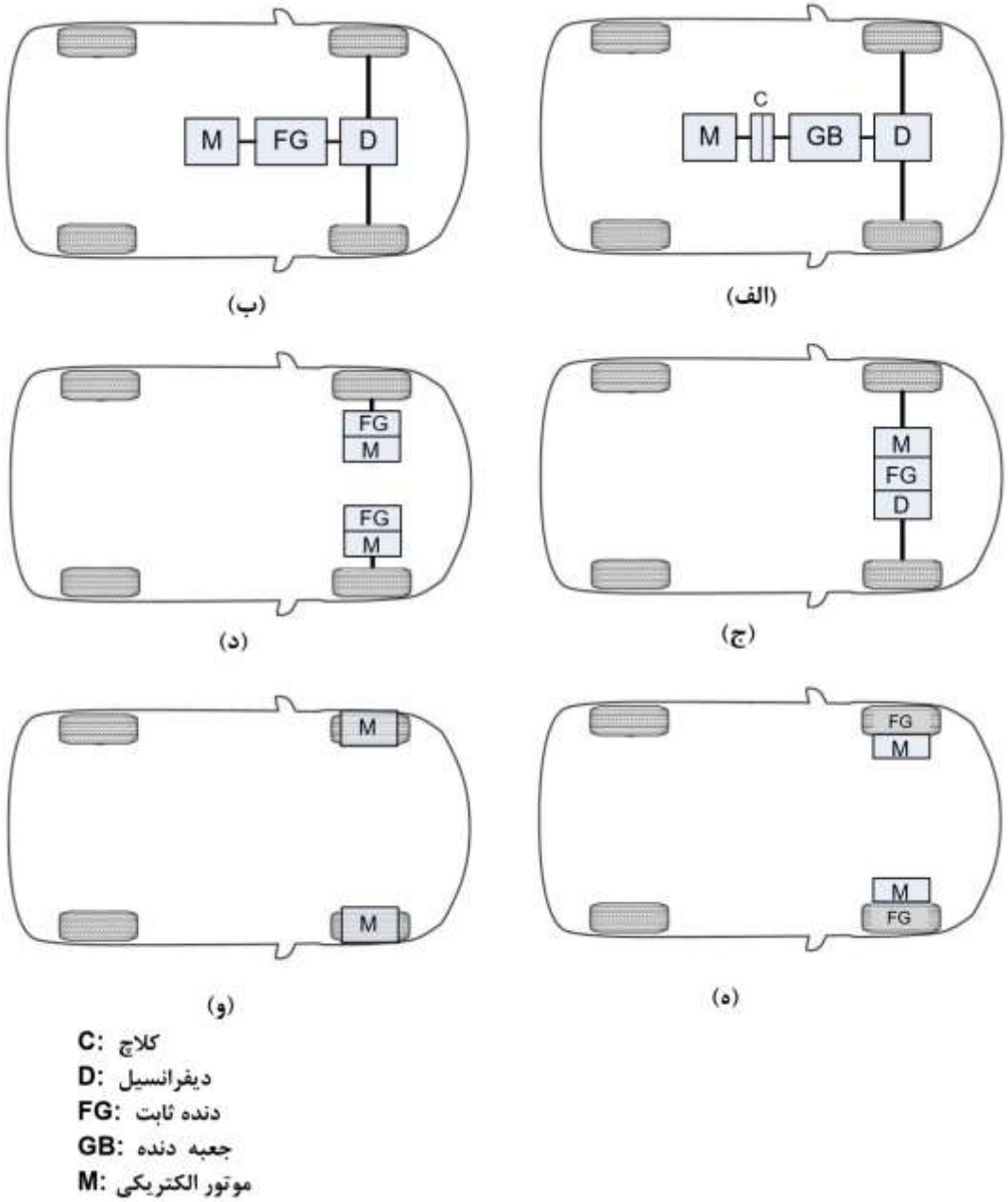
شکل ۲-۴-د)

۴- وضعیت رانشی موتور دیزلی و شارژ باتری: همان طور که در

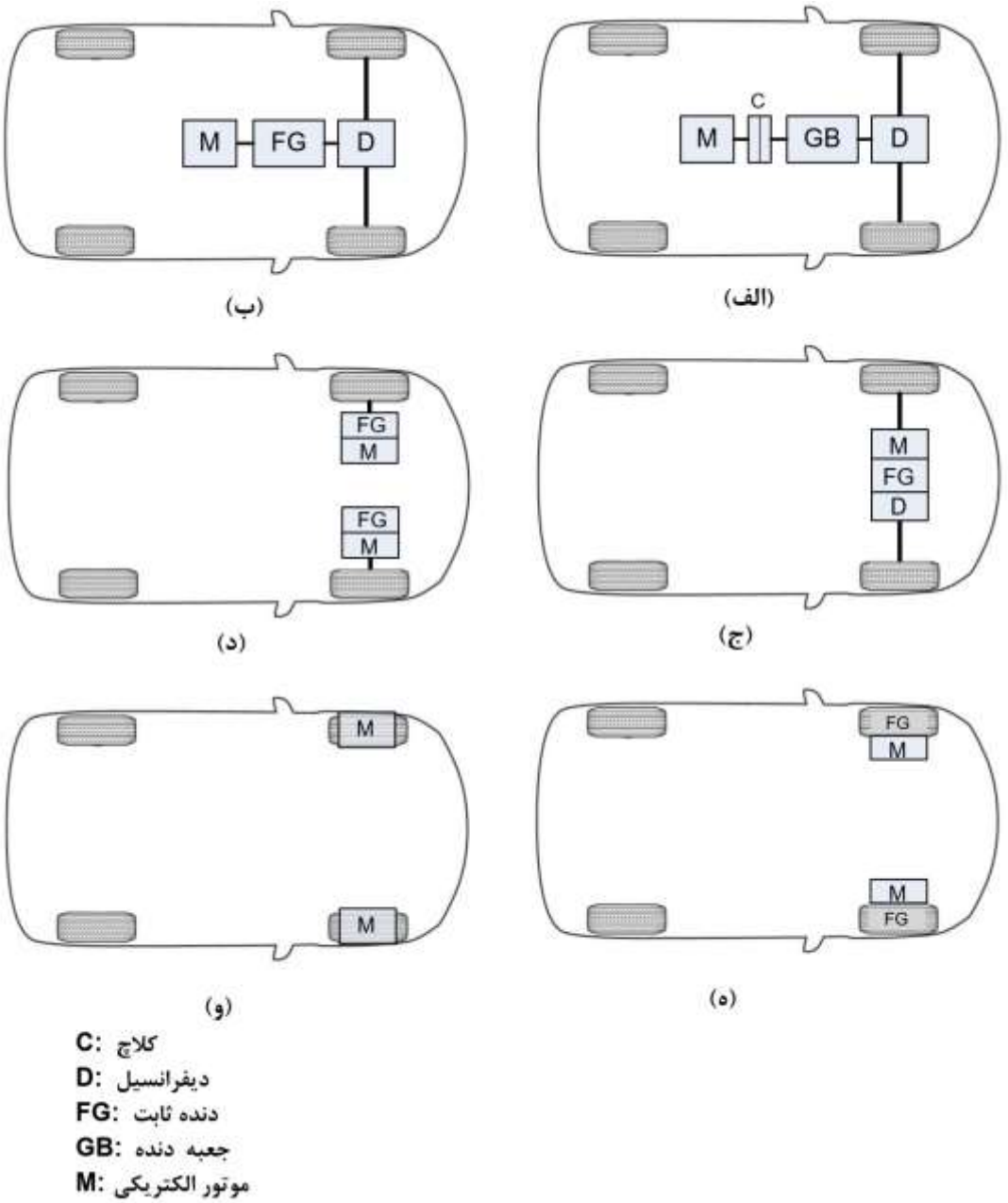


شکل **۲-۴**-ه مشاهده می‌شود، در این وضعیت دیزل-ژنراتور هم انرژی موردنیاز موتور الکتریکی و هم انرژی الکتریکی جهت شارژ باتری را تأمین می‌کند.

۵- وضعیت رانشی هیبریدی: در این وضعیت جهت تأمین توان بالای شتاب‌گیری و یا شیب پیمایی اتوبوس هم دیزل-ژنراتور و هم باتری به‌طور هم‌زمان انرژی الکتریکی موردنیاز موتور الکتریکی را تأمین می‌کنند. (

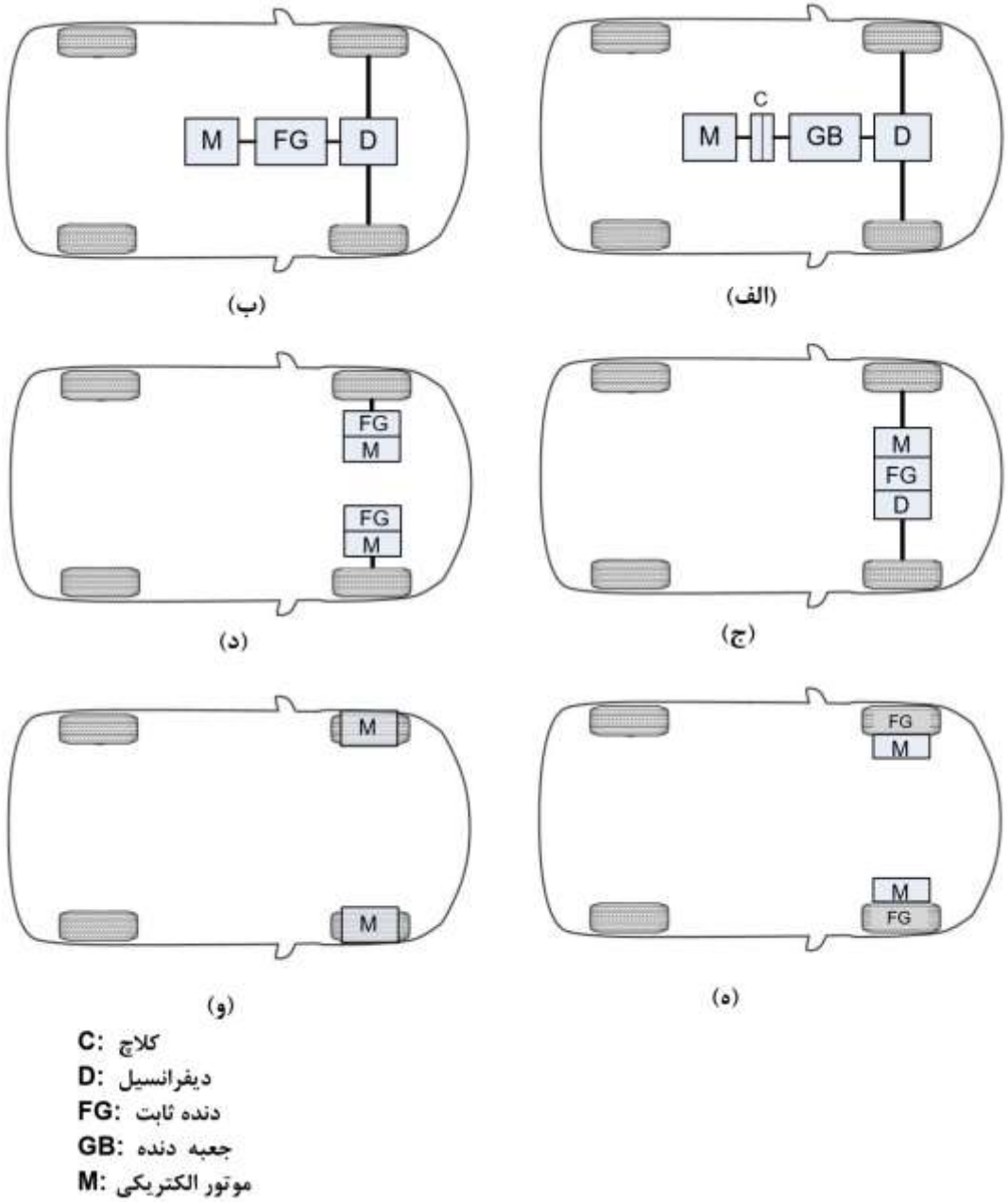


شکل ۲-۴-و)



شکل ۲-۴: وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه اتوبوس هیبرید سری

۶- و ضعیت شارژ باتری: در مواقع توقف خودرو و وضـعیت شـارژ پایین باتری، موتور دیزلی/ژنراتور می‌تواند بـه طـور مسـتـقـیـم بـاتـری را شـارژ کـنـد. کـه ایـن وضـعـیـت در



شکل **۲-۴**-ز نشان داده‌شده است.

مزایای سیستم پیشرانه هیبرید سری:

در سیستم پیشرانه هیبرید سری به دلیل اینکه هیچ‌گونه اتصال مکانیکی بین موتور دیزلی و چرخ‌ها وجود ندارد، موتور دیزلی می‌تواند در هر ناحیه‌ای از نقشـه مشـخصـه گشـتاور- سـرعت فعالیت کند. بنابراین با اتخاذ اسـتراتژی

کنترلی مناسب می‌توان شرایط فعالیت موتور دیزلی در نواحی با بهترین بازده را فراهم کرد. همچنین عدم اتصال مکانیکی بین موتور دیزلی و چرخ‌ها این امکان را فراهم می سازد تا در سیستم پیشرانه بتوان از موتورهای دیزلی و توربین‌های سرعت بالا که دارای بازده بهتری هستند استفاده کرد.

با توجه به استفاده از موتور الکتریکی جهت تأمین نیروی رانشی چرخ‌ها و نزدیکی مشخصه گشتاور-سرعت موتورهای الکتریکی به مشخصه ایده آل یک سیستم رانشی، لزومی به استفاده از سیستم جعبه‌دنده با چرخ‌دنده‌های متغیر نیست و می‌توان از طریق کنترل مناسب موتور الکتریکی و استفاده از یک چرخ‌دنده ثابت گشتاور مطلوب در سرعت‌های مختلف عملکردی را ایجاد کرد.

در صورت استفاده از دو موتور الکتریکی برای حرکت هرکدام از چرخ‌ها می‌توان دیفرانسیل را حذف کرده و سیستم پیشرانه را ساده‌تر کرد. این خصوصیت می‌تواند در اتوبوس‌های دومحوره (چهارچرخ محرک[1]) مورداستفاده قرار گیرید.

به خاطر انفصال مکانیکی موتور دیزلی از سیستم رانشی چرخ‌ها، عملاً استراتژی‌های کنترلی اتوبوس‌های هیبرید سری به‌مراتب از دیگر اتوبوس‌ها ساده‌تر است.

علیرغم وجود مزایای فوق، اتوبوس هیبرید سری دارای معایبی نیز است که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود:

در سیستم پیشرانه اتوبوس هیبرید سری جهت تأمین توان موتور، می‌بایست توان مکانیکی موتور دیزلی توسط ژنراتور به الکتریکی تبدیل شود و به‌منظور تأمین نیرومحرکه رانشی در چرخ‌ها دوباره به توان مکانیکی تبدیل شود. که این تبدیل توان مکانیکی به الکتریکی و تبدیل دوباره آن به مکانیکی باعث کاهش بازدهی توان در این نوع اتوبوس می‌شود.

با توجه به این نکته که فقط موتور الکتریکی به‌طور مستقیم در تأمین نیروی رانشی شرکت می‌کند، بنابراین سایز آن می‌بایست به‌اندازه‌ای در نظر گرفته‌شده باشد که قابلیت تأمین تمام نیروی رانشی، بخصوص در مواقع شیب‌پیمایی و شتاب‌گیری را داشته باشد. این امر موجب می‌شود سایز موتور الکتریکی در اتوبوس هیبرید سری به‌مراتب بیش از دیگر انواع اتوبوس هیبرید باشد.

افزودن ژنراتور در ساختار پیشرانه هیبرید سری موجب افزایش حجم و وزن سیستم پیشرانه می شود که این موضوع خود از دیگر معایب این ساختار به‌حساب می‌آید.

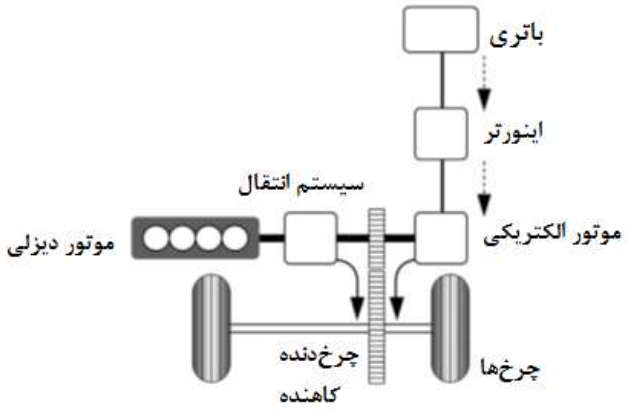
با توجه به مشخصات پیشرانه هیبرید سری، به‌عنوان نمونه امکان استفاده از چند موتور الکتریکی در سیستم پیشرانه و ساختار کنترلی ساده، این ساختار در کاربردهای خودروهای سنگین نظیر اتوبوس‌های درون‌شهری و کامیون‌ها دارای محبوبیت بیشتری است. همچنین در کاربردهای با عملکرد شتاب‌گیری و سرعتی محدود و همچنین

1 Four wheel drive (FWD)

سیکل‌های رانشی ثابت، نظیر اتوبوس‌های درون شهری، که سایز موتور الکتریکی محدودتر می شود، ساختار پیشرانه هیبرید سری می‌تواند بسیار مناسب باشد.

۲ ۲ ۲ اتوبوس‌های هیبرید برقی موازی:

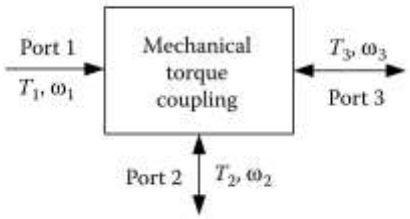
در سیستم پیشرانه هیبرید موازی، برخلاف نوع سری، موتور الکتریکی و موتور دیزلی ازلحاظ مکانیکی کوپل بوده و می‌توانند به‌طور هم‌زمان و مستقیم توان مکانیکی موردنیاز حرکت چرخ‌ها را تأمین کنند. در شکل ۲-۵ دیاگرام کلی یک اتوبوس هیبرید نوع موازی به همراه مسیرهای انتقال توان در آن نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می شود، در این ساختار با استفاده از یک کلاچ می‌توان تعیین کرد که نیروی محرکه رانشی چرخ‌ها توسط موتور دیزلی و یا موتور الکتریکی و یا هردوی آن‌ها تأمین شود. در استراتژی کنترلی اتوبوس هیبرید نوع موازی هدف افزایش بازده موتور دیزلی و سعی بر متمرکز کردن نقاط کاری آن بر روی ناحیه عملکرد بهینه است. در این ساختار موتور الکتریکی می‌تواند در وضعیت ژنراتوری انرژی ترمزی را بازیابی کرده و یا هنگامی‌که توان خروجی کمتر از توان تولیدی است، شروع به شارژ باتری کند[۱۲].



شکل ۲-۵: دیاگرام کلی یک اتوبوس برقی هیبرید موازی به همراه مسیر انتقال توان

کوپلینگ موتور دیزلی و موتور الکتریکی می‌تواند از نوع گشتاور و یا سرعت باشد. همان‌طور که در شکل ۲-۶ نشان داده شده است، کوپلینگ نوع گشتاور معمولاً از سه جزء مکانیکی با سه پورت ورودی/خروجی مکانیکی با دو درجه آزادی تشکیل شده است. در ساختار کوپلینگ گشتاور یک خودرو هیبرید موازی، پورت۱ به موتور دیزلی متصل است. بنابراین پورت۱ فقط قابلیت توان‌گیری (ورودی) دارد. حال‌آنکه پورت ۲ به موتور الکتریکی و پورت ۳ به محور و چرخ‌ها متصل می‌شود. ازاین‌رو پورت ۲ و پورت ۳ هم قابلیت توان‌دهی یا خروجی (در وضعیت رانشی) و هم

قابلیت توان‌گیری یا ورودی (در وضعیت ژنراتوری و ترمزی) رادارند. اگر از تلفات سیستم کوپلینگ صرف‌نظر شود، در وضعیت پایدار[1] مجموع توان ورودی برابر مجموع توان خروجی خواهد بود.



شکل ۲-۶: شماتیک سیستم کوپلینگ گشتاور

در شکل ۲-۷ و شکل ۲-۸ دو روش متعارف کوپلینگ گشتاور، یعنی استفاده از چرخ‌دنده و استفاده از چرخ‌تسمه[2] نشان داده شده است.

اگر در شکل ۲-۶ فرض شود موتور الکتریکی در وضعیت رانشی باشد، بنابراین توان ورودی محور (پورت ۳) برابر مجموع توان موتور الکتریکی و موتور دیزلی خواهد بود:

$$T_3\omega_3 = T_1\omega_1 + T_2\omega_2, \qquad (۱-۱)$$

از این‌رو خواهیم داشت:

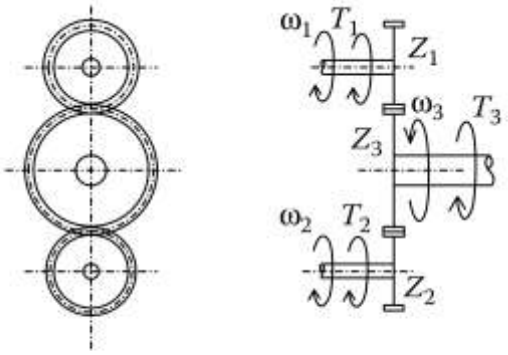
$$T_3 = k_1T_1 + k_2T_2, \qquad (۱-۲)$$

در رابطه فوق مقادیر k1 و k2 مقادیر ثابتی هستند که بسته به نوع ساختار کوپلینگ گشتاور برابر نسبت چرخ‌دنده‌ها (یا چرخ تسمه‌ها) هستند. نسبت سرعت‌ها در یک کوپلینگ گشتاور به‌صورت زیر است:

$$\omega_3 = \frac{\omega_1}{k_1} = \frac{\omega_2}{k_2}, \qquad (۱-۳)$$

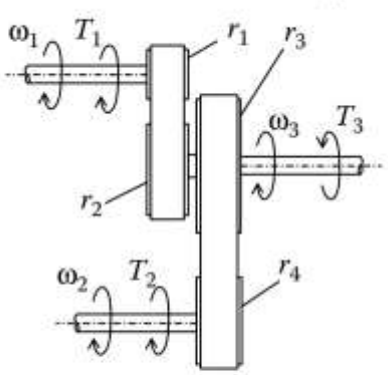
رابطه (۱-۳) به‌خوبی نشان می‌دهد که در کوپلینگ گشتاور، سرعت اجزاء را نمی‌توان به صورت مستقل کنترل کرد.

1 Steady state
2 Pulley



$$k_1 = \frac{z_3}{z_1}, \quad k_2 = \frac{z_3}{z_2}$$

شکل ۲-۷: کوپلینگ گشتاور با استفاده از چرخ‌دنده (Z2 ,Z1 و Z3 برابر تعداد دنده‌ها)



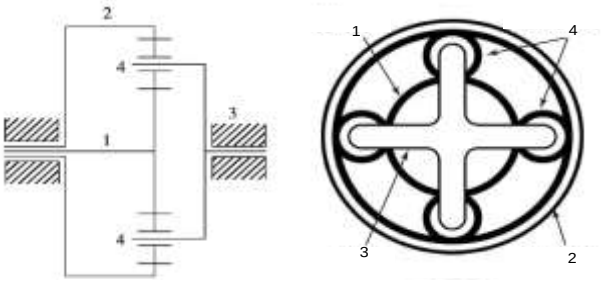
$$k_1 = \frac{r_2}{r_1}, \quad k_2 = \frac{r_3}{r_4}$$

شکل ۲-۸: کوپلینگ گشتاور با استفاده از چرخ‌تسمه (r2 , r1 و r3 برابر شعاع چرخ‌تسمه‌ها)

نوع دیگر کوپلینگ، کوپلینگ سرعت[1] نام دارد. مرسوم‌ترین راه کوپلینگ سرعت، استفاده از چرخ‌دنده سیاره‌ای[2] است. در **شکل ۲-۹** ساختار یک چرخ‌دنده سیاره‌ای نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، دنده خور شیدی[3]، دنده حلقه[4] و دنده‌های حامل[5] اجزاء ا صلی یک چرخ‌دنده سیاره‌ای را ت شکیل می‌دهند. ب سته به نوع کاربرد، موتور الکتریکی، موتور دیزلی و محور می‌توانند به هر کدام از این قسمت‌ها وصل شوند. در یک چرخ‌دنده سیاره‌ای سرعت هر کدام از دنده‌ها توسط رابطه زیر محدود می‌شود:

1 Speed coupling
2 Planetary gear
3 Sun gear
4 Ring gear
5 Carrier gears

$$\omega_1 + k_p \omega_2 - \left(1 - k_p\right)\omega_3 = 0 \qquad (۴-۱)$$



1: دنده خورشیدی
2: دندحلقه
3: دنده حامل
4: چرخدنده سیارهای

شکل ۲-۹: ساختار چرخدنده سیاره‌ای

در رابطه فوق kp برابر نسبت دنده حلقه به دنده خورشیدی است. همچنین ω_1 ، ω_2 و ω_3 به ترتیب برابر سرعت‌زاویه‌ای دنده خورشیدی، دنده حلقه و دنده حامل است. رابطه (۱-۴) به‌خوبی نشان می‌دهد که در یک سیستم کوپلینگ سرعت با دو درجه آزادی می‌توان سرعت اجزاء متصل را به‌طور مستقل کنترل کرد. اما در آن امکان کنترل مستقل گشتاورها وجود ندارد.

در شکل ۲-۱۰ وضعیت‌های مختلف عملکردی یک خودرو هیبرید موازی نشان داده شده است. در شکل ۲-۱۰-الف ساختار کلی خودرو و نحوه ارتباط اجزاء در آن به صورت بلوک دیاگرامی م شاهده می شود. همچنین در شکل ۲-۱۰-ب تاشکل ۲-۱۰-و وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه نشان داده شده است که در زیر به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود:

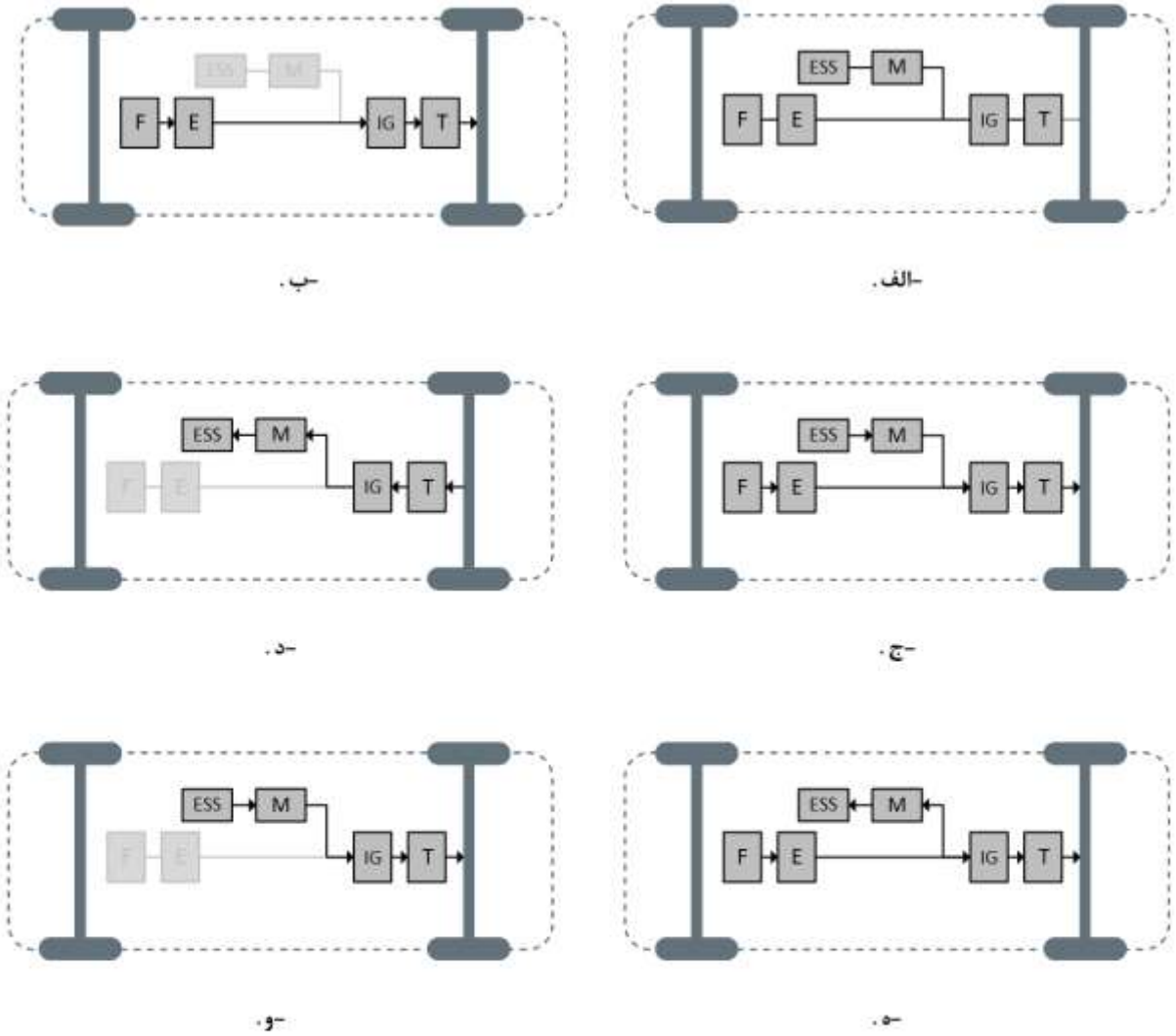
۱- وضعیت تأمین توان رانشی فقط از طریق موتور دیزلی: همان‌طور که در شکل ۲-۱۰-ب نشان داده شده ا ست، در این و ضعیت موتور دیزلی تنها تأمین‌کننده نیروی رانشی ا ست و موتور الکتریکی در و ضعیت خاموش قرار دارد.

۲- و ضعیت رانشی هیبریدی: در این وضعیت هم موتور الکتریکی و هم موتور دیزلی روشن بوده و نیروی محرکه رانشی را هم‌زمان تأمین می‌کنند. معمولاً در شرایط شتاب‌گیری و شیب‌پیمایی عملکرد سیستم پیشرانه در این وضعیت قرار می‌گیرد (شکل ۲-۱۰-ج).

۳- و ضعیت بازیابی انرژی ترمزی: در این و ضعیت موتور دیزلی از طریق کلاچ از سیستم انتقال جدا شده و موتور الکتریکی در و ضعیت ژنراتوری قرار می‌گیرد و نیروی قابل بازیافت ترمزی را در باتری‌ها ذخیره می‌کند (شکل ۲-۱۰-د).

۴- و ضعیت شارژ باتری در حین حرکت خودرو: همان‌طور که در شکل ۲-۱۰-ه مشاهده می شود، در این وضعیت موتور دیزلی هم نیروی رانشی موردنیاز چرخ‌ها و هم انرژی الکتریکی جهت شارژ باتری را تأمین می‌کند. در این وضـــعیت موتور الکتریکی در وضـــعیت ژنراتوری قرارگرفته و انرژی مکانیکی را در باتری ذخیره می‌کند. در اتوبوس‌های هیبرید موازی به دلیل اتصال مکانیکی موتور و سیستم رانشی چرخ‌ها این شرایط فقط در حین حرکت خودرو امکان‌پذیر است.

۵- و ضعیت رانشی به صورت الکتریکی خالص: در این وضـعیت که مختص سـاختارهایی اسـت که موتور الکتریکی امکان تأمین توان رانشی چرخ‌ها را به‌تنهایی دارد (خودروهای هیبرید کامل) موتور دیزلی



شکل ۲-۱۰: وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه اتوبوس هیبرید موازی

بررسی مزایای خودرو هیبرید موازی:

در پیشرانه هیبرید موازی به دلیل وجود ارتباط مکانیکی بین موتور دیزلی و موتور الکتریکی (برخلاف نوع سری) دیگر نیازی به استفاده از ژنراتور نخواهد بود که این امر خود باعث کاهش هزینه و وزن سیستم پیشرانه می‌شود.

به دلیل اینکه در سیستم پیشرانه هیبرید موازی موتور الکتریکی به‌طور کمکی موتور دیزلی را جهت تأمین نیروی چرخ‌ها همراهی می‌کند، سایز موتور دیزلی نسبت به خودروهای مرسوم کاهش خواهد یافت. همچنین به دلیل امکان همراهی مستقیم هر دو موتور الکتریکی و دیزلی در سیستم پیشرانه جهت تأمین نیروی رانشی، سایز موتور الکتریکی نیز به‌مراتب کمتر از نوع سری خواهد بود.

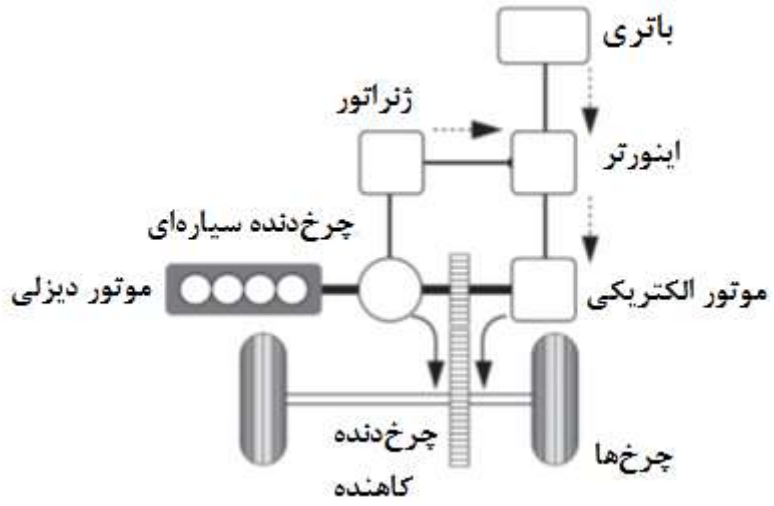
باوجود مزایای فوق پیشرانه هیبرید موازی دارای معایبی است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

اتوبوس هیبرید برقی موازی با توجه به وجود کوپلینگ‌های مکانیکی دارای ساختار مکانیکی و کنترلی به‌مراتب پیچیده‌تری نسبت به نوع سری و خودروهای برقی است.

با توجه به اینکه در سیستم رانشی اتوبوس هیبرید موازی فقط یک نوع کوپلینگ (گشتاور یا سرعت) بین موتور الکتریکی و دیزلی وجود دارد، عملاً درجه آزادی موتور دیزلی محدود بوده و نمی‌تواند همواره در نقاط کاری بهینه فعالیت کند.

۲ ۲ ۳ اتوبوس هیبرید برقی سری- موازی:

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، در پیشرانه هیبرید موازی، به دلیل وجود فقط یک نوع کوپلینگ (گشتاور یا سرعت) بین موتور الکتریکی و موتور دیزلی در سیستم رانشی، آزادی عملکردی موتور دیزلی جهت فعالیت در نقطه بهینه مشخصه گشتاور-سرعت محدود است. در پیشرانه هیبرید نوع سری- موازی سعی بر آن شده تا با افزودن یک موتور الکتریکی دیگر(که بیشتر در وضعیت ژنراتوری قرار دارد) و یک کوپلینگ دیگر در سیستم پیشرانه، با افزایش درجه آزادی عملکرد موتور دیزلی، بازده آن را به‌مراتب افزایش داد. در شکل ۲-۱۱ساختار پیشرانه یک اتوبوس هیبرید سری – موازی نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می شود، در این ساختار ابتدا یک موتور الکتریکی (موتور الکتریکی ۲) که معمولاً در وضعیت ژنراتوری فعالیت می‌کند با موتور دیزلی کوپل شده است. این کوپلاژ معمولاً از نوع سرعت است. بنابراین در مسیر اول موتور دیزلی با ژنراتور (همان موتور الکتریکی ۲) کوپلاژ سرعت و در انتها کوپلاژ گشتاور با موتور الکتریکی را در انتهای مسیر پیشرانه خواهیم داشت. که این امر خود باعث افزایش درجه آزادی موتور دیزلی جهت فعالیت در ناحیه مطلوب گشتاور- سرعت می‌شود.



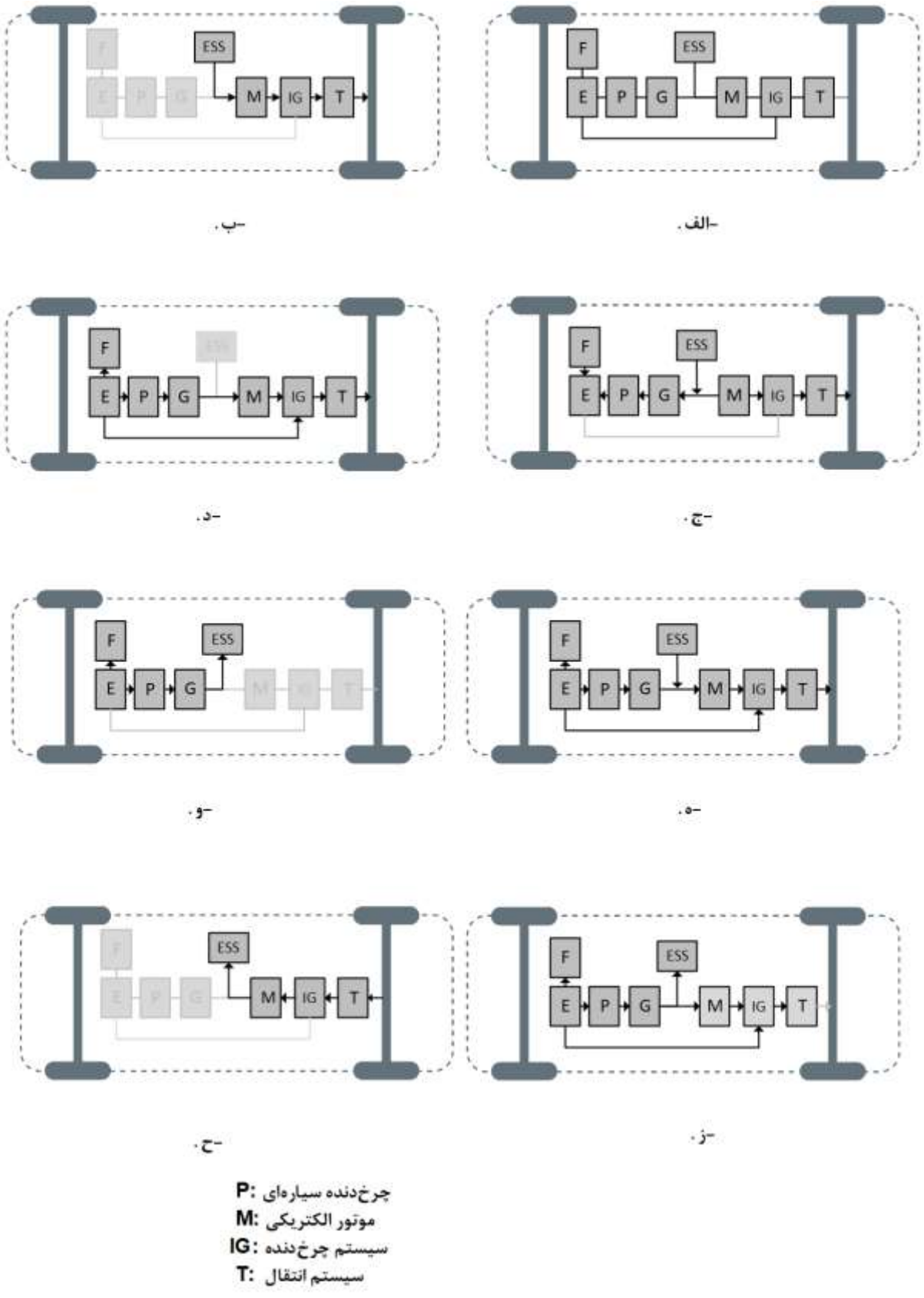
شکل ۲-۱۱: دیاگرام کلی یک خودرو برقی هیبرید سری - موازی به همراه مسیر انتقال انرژی

در شکل ۲-۱۲ وضعیت‌های مختلف عملکردی پیشرانه هیبرید سری- موازی نشان داده شده است. در شکل ۲-۱۲-الف ساختار کلی پیشرانه و نحوه ارتباط اجزاء در آن به‌صورت بلوک دیاگرامی مشخص شده است. همچنین در شکل ۲-۱۲-ب تاشکل ۲-۱۲-ح وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه نشان داده شده است که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود:

۱- وضعیت رانشی به‌صورت الکتریکی خالص: در اتوبوس‌های هیبرید سری-موازی معمولاً در سرعت‌های کم و جهت حرکت اولیه خودرو، موتور دیزلی خاموش و موتور الکتریکی وظیفه تأمین توان رانشی چرخ‌ها را بر عهده دارد. در این وضعیت همان‌طور که در شکل ۲-۱۲-ب نشان داده شده است، باتری انرژی موردنیاز موتور الکتریکی را تأمین می‌کند.

۲- راه‌اندازی موتور دیزلی: در اتوبوس‌های سری-موازی از ژنراتور به منظور استارت موتور دیزلی استفاده می‌شود. در این وضعیت همان‌طور که در شکل ۲-۱۲-ج مشاهده می‌شود. موتور الکتریکی توان موردنیاز رانشی را تأمین می‌کند و ژنراتور در وضعیت موتوری قرار گرفته و موتور دیزلی را روشن می‌کند.

۳- **وضعیت رانشی طبیعی بدون استفاده از باتری:** در شرایط طبیعی و زمانی که باتری در وضعیت شارژ مناسبی قرار دارد، موتور دیزلی با استفاده از دو کوپلینگ (ژنراتور و موتور) در نقطه بهینه سرعت- گشتاور فعالیت کرده و بدون نیاز به حضور باتری توان رانشی را تأمین می‌کند. (شکل ۲-۱۲-د)



شکل ۲-۱۲: وضعیت‌های مختلف عملکردی سیستم پیشرانه خودرو هیبرید سری- موازی

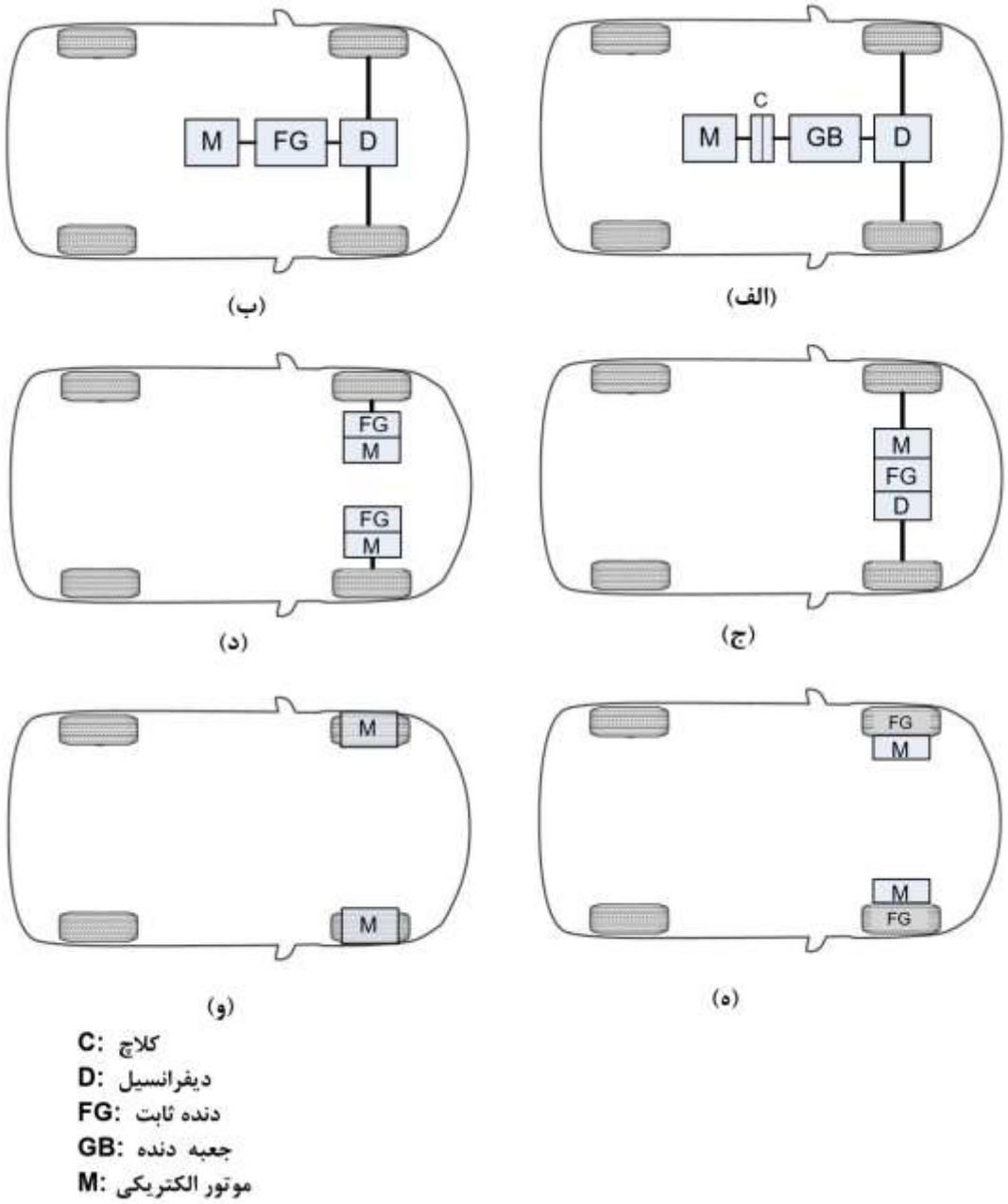
۴- وضعیت رانشی هیبریدی: در شرایط شتابگیری و شیب‌پیمایی که نیاز به توان رانشی بالایی است، موتور دیزلی در نقطه کار بهینه ماکزیمم خود (توان نامی) قرار گرفته و باتری به کمک سیستم رانشی آمده و بخشی از توان موردنیاز موتور الکتریکی را تأمین می‌کند. (شکل ۲-۱۲-ه).

۵- وضعیت شارژ در حین توقف اتوبوس: در اتوبوس هیبرید سری-موازی برخلاف اکثر انواع موازی امکان شارژ باتری در حالت توقف خودرو وجود دارد. در این شرایط همان‌طور که در شکل ۲-۱۲-و مشاهده می‌شود، موتور دیزلی با کمک ژنراتور انرژی موردنیاز جهت شارژ باتری را تأمین می‌کند.

۶- **وضعیت شارژ باتری در حین حرکت اتوبوس:** همان‌طور که در شکل ۲-۱۲-ز مشاهده می‌شود، در شرایط پایین بودن وضعیت شارژ باتری و همچنین بار کم، موتور دیزلی می‌تواند از طریق ژنراتور هم انرژی موردنیاز موتور و هم انرژی موردنیاز جهت شارژ باتری را تأمین کند.

۷- **وضعیت بازیابی انرژی ترمزی:** در این وضعیت موتور الکتریکی در وضعیت ژنراتوری قرارگرفته و انرژی قابل بازیافت ترمزی را در باتری‌ها ذخیره می‌کند (شکل ۲-۱۲-ح).

همان‌طور که در شکل ۲-۱۲ مشاهده شد در پیشرانه هیبرید سری-موازی تمامی وضعیت‌های ممکنه هر دو نوع خودرو هیبرید موازی و سری (



شکل **۲-۴**و شکل ۲-۱۰) به صورت کوپلینگ الکتریکی و کوپلینگ مکانیکی امکان‌پذیر ا ست که دلیل نام‌گذاری این خودرو را بیان می‌کند.

مهم‌ترین مزیت اتوبوس‌های هیبرید سری- موازی بازده مناسب موتور دیزلی و درنتیجه مصرف پایین سوخت این نوع خودرو هیبرید ن سبت به دیگر انواع هیبرید برقی ا ست. همچنین امکان شارژ باتری در حین توقف از مزیت‌های ا صلی این نوع اتوبوس ن‌سبت به برخی انواع موازی ا ست. که با توجه به زمان بالای توقف در ایستگاه در اتوبوس‌های

درون‌شهری می‌توان این موضوع را از مزایای اتوبوس‌های با پیشرانه سری- موازی دانست. ساختار مکانیکی و کنترلی پیچیده و نیاز به موتور/ژنراتور ا ضافی را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین عیب این نوع پی شرانه به‌حساب آورد. در جدول ۲-۱ به طور خلاصه مقایسه مزایا و معایب انواع خودروهای هیبرید نشان داده شده است.

جدول ۲-۱- مقایسه مقایسه ای بین مزایا و معایب انواع خودروهای هیبرید

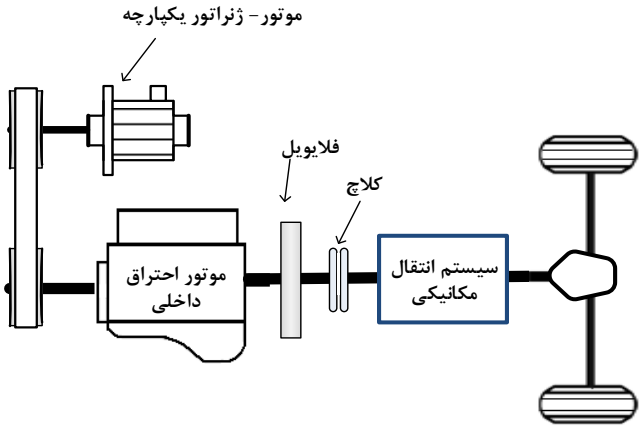
هیبرید سری	
مزایا	**معایب**
۱. به دلیل عدم اتصال مکانیکی بین موتور دیزلی و چرخ‌ها، موتور دیزلی می‌تواند در بهترین بازده از نقشه مشخصه گشتاور- سرعت فعالیت کند. ۲. امکان استفاده از موتورهای دیزلی و توربین‌های سرعت بالا که دارای بازده بهتری هستند. ۳. امکان استفاده از چرخ‌دنده ثابت همانند خودرو برقی. ۴. استراتژی کنترلی ساده‌تر نسبت به دیگر انواع اتوبوس هیبریدی.	۱. بازده پایین سیستم انتقال به دلیل نیاز به تبدیل توان مکانیکی موتور دیزلی توسط ژنراتور به الکتریکی تبدیل دوباره آن به توان مکانیکی به‌منظور تأمین نیرومحرکه رانشی در چرخ‌ها. ۲. سایز بالای موتور الکتریکی به دلیل تنها تأمین‌کننده توان رانشی ۳. نیاز به ژنراتور
هیبرید موازی	
مزایا	**معایب**
۱. به دلیل همراهی هم‌زمان موتور الکتریکی و موتور دیزلی جهت تأمین نیروی رانشی چرخ‌ها ، سایز موتور دیزلی نسبت به خودروهای مرسوم و نوع هیبرید سری کاهش خواهد یافت. ۲. به دلیل امکان همراهی مستقیم هر دو موتور الکتریکی و دیزلی در سیستم پیشرانه جهت تأمین نیروی رانشی، سایز موتور الکتریکی نیز به‌مراتب کمتر از نوع سری است.	۱. ساختار مکانیکی و کنترلی به‌مراتب پیچیده‌تر نسبت به نوع سری و خودروهای برقی. ۲. با توجه به وجود فقط یک نوع کوپلینگ بین موتور الکتریکی و دیزلی (گشتاور یا سرعت) در سیستم رانشی، عملاً درجه آزادی موتور دیزلی محدود بوده و نمی‌تواند همواره در نقاط کاری بهینه فعالیت کند. ۳. سیستم کنترلی پیچیده‌تر نسبت به نوع سری
هیبرید سری- موازی	
مزایا	**معایب**
۱. بازده مناسب موتور دیزلی و مصرف پایین‌تر سوخت نسبت به هیبرید سری و موازی	۱. ساختار مکانیکی و کنترلی پیچیده‌تر نسبت به هیبرید سری و موازی ۲. نیاز به ژنراتور

۲ ۲ ۴ سیستم موتور-ژنراتور یکپارچه (ISG[1])

در اتوبوس‌های دیزلی معمول، از یک استارتر به‌منظور استارت موتور دیزلی و از یک آلترناتور (یا همان ژنراتور) مجزا به‌منظور تأمین انرژی الکتریکی بارهای جانبی از طریق توان مکانیکی موتور دیزلی استفاده می‌شود. می‌توان به‌جای این دوسیستم از یک موتور الکتریکی که توانایی فعالیت در دو وضعیت ژنراتوری و موتوری را داراست استفاده کرد. که به این سیستم، سیستم موتور-ژنراتور یکپارچه یا ISG گفته می‌شود. موتور- ژنراتور یکپارچه دارای راندمان به‌مراتب بیشتری نسبت به حالت پیش است. همچنین سیستم ISG دارای توان ژنراتوری بیشتری است و می‌تواند توان الکتریکی بیشتری را برای بارهای الکتریکی جانبی فراهم کند[۱۳]. با استفاده از سیستم ISG می‌توان این امکان را فراهم کرد که در حالت توقف موتور دیزلی اتوبوس خاموش شده و به‌محض حرکت روشن شود. که با توجه توقف‌های متناوب اتوبوس‌های درون‌شهری در ایستگاه‌ها، این مزیت می‌تواند مصرف سوخت را به میزان محسوسی(تا حدود ۸٪) کاهش دهد[۱۳]. همچنین در برخی مواقع سیستم ISG می‌تواند شرایط بازیابی انرژی ترمزی را فراهم کند و بخشی از انرژی ترمزی را به باتری‌ها برگرداند.

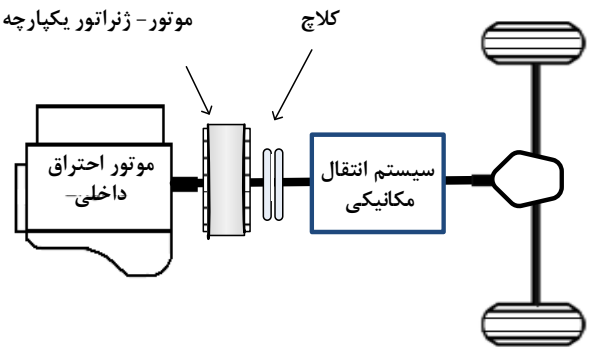
سیستم ISG می‌تواند هم در اتوبوس‌های معمولی و هم در اتوبوس‌های هیبریدی مورداستفاده قرار گیرد.

دو روش رایج جهت اتصال ISG به موتور احتراقی وجود دارد. درروش اول سیستم از طریق تسمه یا زنجیر به موتور احتراقی وصل می‌شود و در روش دوم می‌توان موتور را بر روی شفت موتور احتراقی قرارداد. هر دو حالت اتصال اشاره شده در شکل ۲-۱۳و شکل ۲-۱۴ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۳: نحوه اتصال موتور-ژنراتور یکپارچه از طریق تسمه

1 Integrated starter generator



شکل ۲-۱۴: نحوه اتصال موتور-ژنراتور یکپارچه بر روی محور

۲ ۲ ۵ خودروهای هیبرید قابل اتصال به شبکه:

در اتوبوس‌های هیبرید قابل اتصال به شبکه، مجموعه باتری قابلیت تغذیه از طریق شبکه را دارد. در حقیقت در این نوع خودرو هیبرید، بخشی از انرژی موردنیاز خودرو از طریق شبکه تأمین می شود که منجر به کاهش مصرف سوخت می‌گردد.

به‌طورکلی می‌توان دو دسته‌بندی اصلی پیمایش گسترده[1] (EREV) و ترکیبی[2] (BPHEV) را برای خودروهای هیبرید قابل اتصال به شبکه در نظر گرفت. توسعه خودرو هیبرید قابل اتصال به شبکه پیماش گسترده بیشتر بر پایه خودرو الکتریکی است. این در حالی است که اساس ساختار خودرو قابل اتصال به شبکه ترکیبی بیشتر بر مبنای خودروی هیبریدی است. در ادامه به بررسی این دو نوع خودرو پرداخته می‌شود.

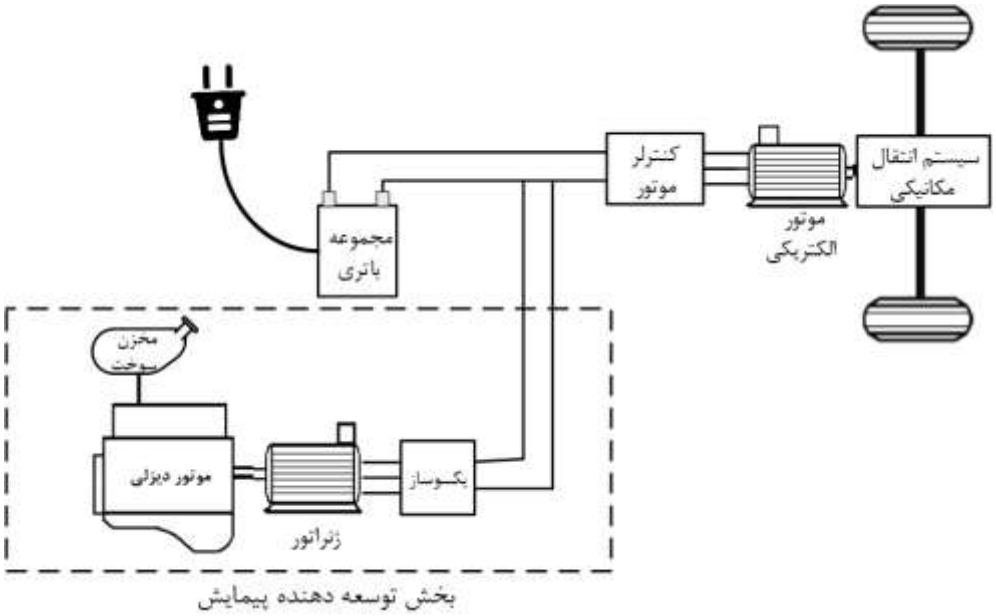
خودرو قابل اتصال به شبکه پیمایش گسترده (EREV)

در اتوبوس‌های برقی خالص، افزایش ظرفیت مجموعه باتری به‌منظور توسعه مسافت قابل پیمایش باعث افزایش چشمگیر هزینه و وزن خودرو می‌شد. یک راهکار کاهش ظرفیت باتری استفاده از سیستم پیشرانه شارژ بین راهی بود که در بالا به آن اشاره شد. استفاده از سیستم شارژ بین راهی مستلزم احداث شارژهای مختلف در طول مسیر است که علاوه بر افزایش هزینه زیرساخت باعث افزایش زمان سفر می‌شود. یک راه حل دیگر استفاده از منبع توان دیگری (موتور دیزلی) به‌صورت موازی با باتری است تا سیستم پیشرانه بتواند بخشی از انرژی رانشی موردنیاز خود را از آن منبع تأمین کرده و مسافت قابل پیمایش را افزایش دهد. به این نوع خودروها، "خودروهای هیبرید قابل اتصال به شبکه پیمایش گسترده" گفته می‌شود. در شکل ۲-۱۵ ساده‌ترین ساختار پیشرانه یک اتوبوس هیبرید قابل اتصال به شبکه پیمایش گسترده نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می شود، ساختار این نوع خودرو تا حدود زیادی مشابه اتوبوس هیبرید سری است. با این تفاوت که در اتوبوس هیبرید سری، موتور دیزلی تنها تأمین کننده توان است، ولی در اتوبوس قابل اتصال به شبکه بخش اعظمی از انرژی رانشی از طریق برق شبکه و

1 Etended range electric vehicle
2 Blended hybrid electric vehicle

باتری تأمین می‌شـود. بنابراین در اتوبوس هیبرید سـری توان موتور دیزلی/ژنراتور به‌مراتب بیش‌تر از آن در نوع قابل اتصال به شبکه (که در این خودرو این بخش به نام توسعه‌دهنده پیمایش[1] شناخته می‌شود) است.

در خودرو هیبرید پیمایش گسترده با اضافه کردن منبع توان سوخت فسیلی، مسافت قابل پیمایش به‌مراتب بیشـتر از نوع برقی خواهد بود. همچنین با توجه به ظرفیت بالای مجموعه باتری, در این نوع خودرو عملاً موتور احتراق داخلی این توانایی را دارد که همواره در نقطه کار بهینه خود فعالیت کند که موجب افزایش بازدهی و درنتیجه کاهش مصرف سوخت و آلایندگی خودرو می‌شود. علاوه بر این ظرفیت بالای نصب‌شده باتری امکان بازیابی انرژی ترمزی بیشتری نسبت به دیگر انواع خودروهای هیبرید را فراهم می‌کند.



شکل ۲-۱۵: ساختار نمونه اتوبوس هیبرید قابل اتصال به شبکه پیمایش گسترده

خودرو قابل اتصال به شبکه ترکیبی (BPHEV)

همان‌طور که در بالا اشـاره شـد، افزایش سـهم الکتریکی و ظرفیت باتری در خودروهای هیبرید باوجود کاهش مصرف سوخت و میزان آلایندگی باعث افزایش چشمگیر هزینه سیستم پیشرانه و همچنین افزایش سایز موتور الکتریکی می شود. این موضوع اساس کار خودروهای هیبرید قابل اتصال به شبکه از نوع ترکیبی است. در این نوع خودروها، که اساساً دارای همان ساختار خودروهای هیبرید هستند، ظرفیت باتری به میزانی افزایش پیدا می‌کند که بتواند مسافت موردنیاز را به‌صورت برقی خالص حرکت کند. پس از دشارژ شدن باتری تا محدوده پایین، خودرو بقیه

1 Range Extender

م سیر را به صورت هیبریدی طی می‌کند. ا ساس ساختار خودرو هیبرید برقی قابل اتـ صال به شبکه ترکیبی بر پایه ساختار هیبرید ا ست و به دلیل اینکه می‌توان از انواع مختلف پیشرانه موازی، سری- موازی در آن ا ستفاده کرد، این ساختار از محبوبیت بیشتری در بین خودروسازان برخوردار است. در این نوع خودرو ظرفیت نصب‌شده باتری به دلیل پیمایش برقی خالص محدود، کمتر از نوع پیمایش گسترده است. همچنین برخلاف نوع پیمایش گسترده، در سیستم پیشرانه این نوع خودرو، موتور احتراق داخلی در مواقع تأمین توان درخواستی بالا می‌تواند هم‌زمان با موتور الکتریکی نیروی رانشی چرخ‌ها را تأمین کند. بنابراین سایز موتور الکتریکی به‌مراتب کمتر از نوع پیمایش گسترده خواهد بود.

۲ ۳ شرکت‌های تولیدکننده پیشرانه اتوبوس برقی و هیبریدی

در بخش قبل به مطالعه ساختار پیشرانه خودروهای برقی و هیبریدی پرداخته شد. در این زیرفصل به منظور شناسایی دقیق‌تر پیشرانه‌های هیبرید و برقی به معرفی و بررسی شرکت‌های تولید کننده این پیشرانه‌ها برای اتوبوس‌ها پرداخته می‌شود. ضمنا مشخصات فنی برخی از اتوبوس‌ها که از این پیشرانه‌ها استفاده می‌کنند، مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعه این بخش می‌تواند جهت تکمیل مطالب بخش قبل بسیار مفید باشد. در ادامه نیز به بررسی قطعه‌سازان مطرح خارجی حوزه پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته می شود.

۲ ۳ ۱ شرکت BAE Systems

شرکت BAE Systems یکی از بزرگ‌ترین سازنده‌ها و تأمین‌کننده‌های پیشرانه هیبرید الکتریکی است. از جمله مشتری‌های این شرکت می‌توان به شرکت سازنده تجهیزات اصلی (OEM)[1] دایملر[2] آمریکای شمالی اشاره نمود که برای اتوبوس‌های هیبریدی Orion تولیدشده خود، از این پیشرانه‌ها استفاده می‌کند. شرکت BAE Systems تولیدکننده سری پیشرانه‌های HybriDrive است. پیشرانه HybriDrive از یک موتور کششی و یک ژنراتور کششی برای تأمین قدرت وسیله نقلیه تشکیل شده است. موتور الکتریکی توسط مایع خنک‌سازی می‌شود و دارای نسبت توان به وزن بالایی است و مستقیماً به یک شفت و محور عقب استاندارد متصل می‌شود تا قدرت پیشران و ترمز بازیاب را فراهم کند. تا سال ۲۰۱۲، سری پیشرانه‌های نوع HybriDrive در بیش از ۳۵۰۰ اتوبوس مورد استفاده قرارگرفته است [۱۴].

این شرکت سه راهکار کلی برای الکتریکی‌تر شدن اتوبوس‌ها ارائه داده که شامل موارد زیر است:

[1] سازنده تجهیزات اصلی (original equipment manufacturer) شرکت سازنده‌ای است که محصولات نهایی را به شکلی که به دست مصرف کننده می‌رسد تهیه می‌کند. این سازنده به طور معمول قطعات و زیر مجموعه هایی را سرهم می‌کند که از تولید کنندگان خرد قطعات به دست آمده اند.

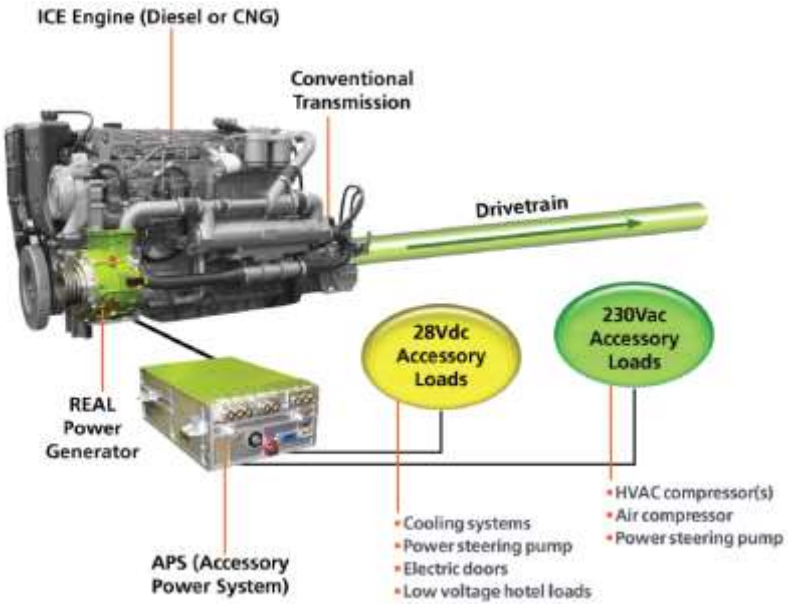
[2] Daimler

- پیشرانه‌های بدون آلایندگی[1] (برقی)
- پیشرانه‌های کمتر آلاینده[2] (شامل هیبرید الکتریکی سری و موازی)
- افزایش لوازم جانبی برقی برای پیشرانه‌های بر پایه دیزل و CNG.

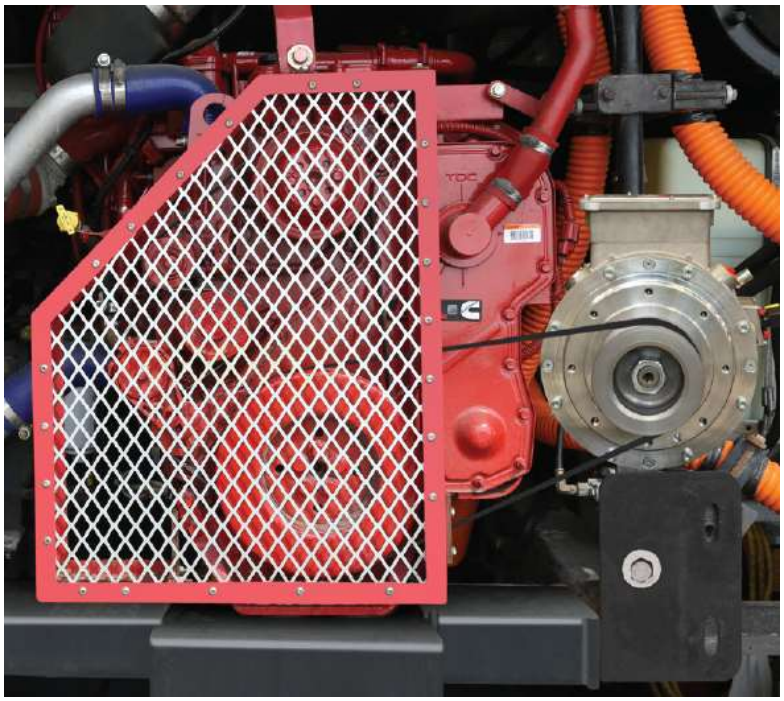
برخی از محصولات این شرکت که بر مبنای سه راهکار پیش‌تر ذکرشده هستند، به‌قرار ذیل است:

- **مجموعه کاهش دهنده بارهای جانبی موتور احتراقی (قابل‌اعمال برای اتوبوس‌های دارای پیشرانه‌های نوین و معمولی):** بعد از تجهیز بیش از ۴۰۰۰ اتوبوس هیبریدی، این شرکت سیستمی ارائه داده است که اتوبوس‌های دارای پیشرانه معمولی دیزلی و CNG هم از مزایای تمام برقی نمودن لوازم جانبی، جهت کاهش هزینه‌های سرویس و نگهداری، کاهش نویز و لرزش و... بهره‌مند شوند. این سیستم که REAL نام دارد، مخفف "کاهش بارهای جانبی موتور احتراقی[3]" است. این سیستم از یک ژنراتور سنکرون ولتاژ بالای آهنربا دائم (۶۰۰ ولت) و یک سامانه تغذیه مصرف‌کننده‌های جانبی اتوبوس (APS) – شامل مبدل‌های ولتاژ بر پایه الکترونیک قدرت- تشکیل شده است. این مجموعه جایگزینی برای کمپرسور و ژنراتور ۲۸ولتی جریان-بالا در پیشرانه‌های معمولی است که تأمین‌کننده برق همه مصرف‌کننده‌های جانبی ازجمله کمپرسورهای الکتریکی تهویه هوا، کمپرسورهای بدون روغن هوا، خنک‌سازی الکتریکی موتور احتراقی، منبع تغذیه ۲۸ولتی و ... است. شکل ۲-۱۶ بلوک دیاگرام این سیستم و شکل ۲-۱۷ نیز تصویری واقعی از REAL را نمایش می‌دهد. اطلاعات سیستم APS این شرکت در جدول ۲-۲ ذکر شده است. همچنین شکل ۲-۱۸، ژنراتور ولتاژ بالا و سیستم APS تولیدی این شرکت را نمایش می‌دهد. ضمناً اطلاعات ژنراتور سنکرون در جدول ۲-۳ بیان شده است. جانمایی این سیستم در اتوبوس نیز در شکل ۲-۱۹ نشان داده شده است.

[1] Zero-emission
[2] Near-zero emission
[3] Reduced engine accessory load



شکل ۲-۱۶- طرح‌واره سیستم REAL شرکت BAE Systems



شکل ۲-۱۷- تصویر سیستم REAL شرکت BAE Systems

جدول ۲-۲- مشخصات سیستم APS شرکت BAE Systems

مشخصات فنی بخش‌های مخلف	- اینورتر ۶۰کیلوواتی جهت کنترل ژنراتور سنکرون آهربا دائم با لینک DC ۶۰۰ ولتی - لینک DC ۲۸ ولتی ۵۱۰ آمپری (۱۴ کیلوواتی) جهت جایگزینی ژنراتورهای تسمه‌ای برای تامین توان برای فن‌های خنک سازی موتور احتراقی، فن‌های سیستم تهیه مطبوع و ... - منبع ۳۰کیلوواتی (۳۷/۵ کیلوولت آمپری) با ولتاژ ۲۳۰ ولت متناوب ۳فاز ۶۰ هرتز (نامی) دارای فیلترهای نرخ ولتاژ V/us ۹۰۰ و دارای امکان نسبت ولتاژ بر فرکانس متغیر در خروجی است.
دماهای مجاز عملکردی	**خنک سازی:** اتیلن آب یا پروپیلن گلیکول **دمای عملکردی مجاز:** بین ۴۰- درجه و ۶۵ درجه سانتی‌گراد. **دمای نامی:** ۴۵ درجه سانتی‌گراد **دمای مجاز محیط:** بین ۴۰- درجه و ۷۵درجه سانتی‌گراد
ابعاد	**ارتفاع**: ۲۵۴ میلی‌متر **عرض**: ۴۹۵ میلی‌متر **طول**: ۶۸۶ میلی‌متر



شکل ۲-۱۸- ژنراتور ولتاژ بالا و سیستم APS تولیدی شرکت BAE Systems

جدول ۲-۳- اطلاعات ژنراتور سنکرون

ابعاد و جرم	قطر ۳۲/۰۶۷۵ سانتی‌متر طول ۳۲/۷۰۲۵ سانتی‌متر جرم ۵۹ کیلوگرم

	(نسبت ابعاد به جرم برابر با ژنراتورهای معمولی ۲۸ولتی ۵۰۰آمپر)
توان دهی (در سرعت‌های مختلف موتور احتراقی)	۲۷ کیلووات در ۸۰۰ دور در دقیقه ۳۶ کیلووات در ۱۰۰۰ دور در دقیقه ۴۳ کیلووات در ۱۲۰۰- ۲۱۰۰ دور در دقیقه



شکل ۲-۱۹- جانمایی سیستم APS در اتوبوس

- **پیشرانه سری نوع E**: این سری از پیشرانه‌های این شرکت از نوع هیبرید الکتریکی سری است که با هدف صرفه‌جویی در انرژی و گامی در جهت برقی سازی کامل پیشرانه طراحی و ساخته شده است. این شرکت تولیدکننده پیشرانه برای اتوبوس‌های ۱۰ تا ۱۲ متری، اتوبوس‌های آکاردئونی[1] (مفصلی) و اتوبوس‌های دوطبقه است.

هیبرید نوع سری مناسب برای اتوبوس‌های شهری است که در سیکل کاری با سرعت متوسط پایین و توقف‌های زیاد، کار می‌کنند. به گزارش این شرکت تولید کننده، در این نوع سیکل کاری، عملکرد هیبرید سری ازنظر مصرف اقتصادی سوخت و کاهش آلایندگی، بهتر از نوع موازی است. پیشرانه‌های سری E نیز مجهز به تجهیزات جانبی برقی بوده (فرمان برقی، تهویه هوای مطبوع، کمپرسورهای باد و ...) و دارای امکان

[1] Articulated bus

خاموش کردن موتور احتراقی در توقف‌ها بدون خاموش شدن تجهیزات جانبی می‌باشد. طبق ادعای شرکت، زمان روشن بودن موتور احتراقی حدود ۱۵٪ کاهش می‌یابد. در این نوع از پیشرانه‌های این شرکت، سیستم استارتر- ژنراتور مجتمع (ISG)، منبع تأمین انرژی اولیه است. زمانی که ژنراتور توسط موتور احتراقی چرخانده شود، انرژی الکتریکی به سیستم ذخیره‌ساز انرژی (باتری‌ها) انتقال می‌یابد که تأمین‌کننده انرژی برای درایو موتور الکتریکی است. منبع ثانویه تولید انرژی، ترمزهای بازیابنده انرژی اتوبوس هستند. این شرکت حدود ۲۰۰۰ اتوبوس را توسط این نوع از پیشرانه تجهیز کرده که در اقصی نقاط جهان در حال تردد هستند.

بر اساس وزن اتوبوس، سه مدل از این نوع پیشرانه، توسط شرکت تولید می‌گردد:

- سیستم HDS100 که به‌عنوان پیشرانه در اتوبوس‌های ۱۲ متری و دوطبقه اروپا به‌کاررفته است.
- سیستم HDS200 که به‌عنوان پیشرانه در اتوبوس‌های ۱۸متری و E500 (سه محوره دوطبقه آمریکای شمالی) بکار رفته است.
- سیستم HDS300 که به‌عنوان پیشرانه در اتوبوس‌های آکاردئونی ۱۸ متری آمریکای شمالی بکار رفته است. این سیستم توانایی تأمین توان برای اتوبوس‌های با وزن حدود ۲۸ تن را با شتاب بالا دارا است که امکان شیب پیمایی آسان و حداکثر سرعت ۱۰۵ کیلومتر بر ساعت را فراهم می‌نماید [۱۵].

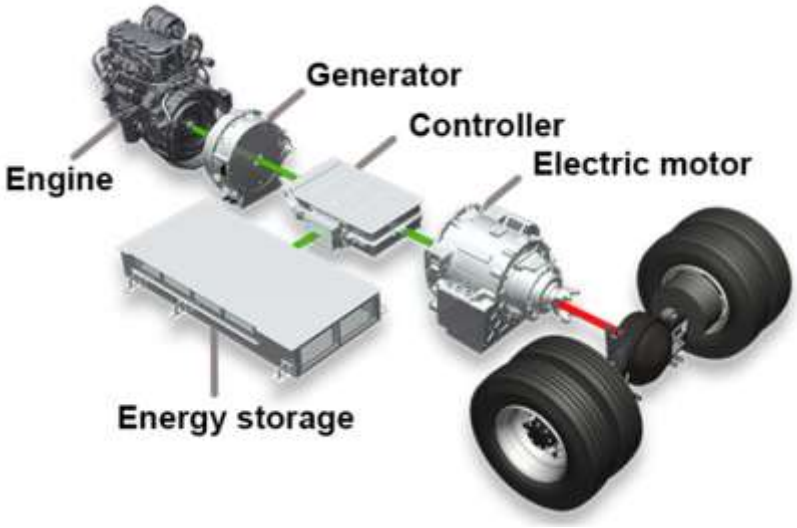
اخیراً نیز (در سال ۲۰۱۸) این شرکت سفارش ۴۹۷ دستگاه اتوبوس هیبرید سری نوع E را برای تجهیز ناوگان اتوبوسرانی شهر Quebec کانادا دریافت نموده است و قرار است طی یک پروژه ۵ ساله، ۱۰۲۸ دستگاه دیگر نیز به این تعداد اضافه گردد [۱۶].

شکل ۲-۲۰، جانمایی این نوع از پیشرانه را به همراه سیستم کنترلی و ذخیره ساز انرژی و همچنین سیستم APS برای یک اتوبوس نوعی را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۲۰- جانمایی اجزاء پیشرانه سری نوع E

- **پیشرانه نوع ER (Electric-range)**: این سری از پیشرانه‌های شرکت BAE، مشابه همان سری E است با این تفاوت که ذخیره‌ساز انرژی آن ظرفیت بیشتری دارد به‌طوری‌که زمان عملکرد بدون موتور احتراقی آن ۳۵٪ است که نسبت به سری E ، ۲۵٪ افزایش یافته است. درواقع این نوع از اتوبوس‌های هیبرید سری، یک گام به پیشرانه تمام الکتریکی نزدیک‌تر شده است و پیمایش تمام الکتریک آن نسبت به سری E افزایش یافته است. البته این قابلیت برای این پیشرانه بسیار محدود است و مسافت قابل پیمایش در حالت تمام برقی حدود ۵۰۰ متر است که برای برخی مکان‌های خاص مانند تونل‌های شهری کاربرد دارد. شکل ۲-۲۱، طرح‌واره‌ای ساده از این نوع پیشرانه را نمایش می‌دهد. شکل ۲-۲۲ سه نوع اتوبوسی که این نوع پیشرانه‌ها روی آن‌ها قابل‌نصب می‌باشد را نشان می‌دهد که شامل اتوبوس‌های ۱۲ تا ۱۸ متری، اتوبوس‌های آکاردئونی و اتوبوس‌های دوطبقه می‌شود.



شکل ۲-۲۱- طرح‌واره‌ای ساده از این نوع پیشرانه ER



شکل ۲-۲۲- سه نوع اتوبوسی که پیشرانه سری ER روی آن‌ها قابل‌نصب است

- **پیشرانه تمام برقی نوع EV**: این شرکت نوعی از پیشرانه را توسعه داده که قابل‌نصب روی اتوبوس‌ها است و امکان تأمین توان به‌طور کامل به‌صورت الکتریکی را فراهم می‌آورد. ضمناً پیشرانه‌های سری نوع ER این شرکت به‌راحتی قابل‌تبدیل به نوع تمام برقی یا EV هستند. این پیشرانه با قابلیت شارژ باتری به‌صورت شبانه، شارژ بدون تماس inductive، شارژ بدون تماس به‌صورت هدایتی[1] قابل‌عرضه است. این شرکت گزینه پیل سوختی را نیز برای جایگزینی باتری (به شکل انتخابی) عرضه می‌نماید. همچنین قابلیت ارائه این پیشرانه به‌صورت قابل شارژ از طریق شبکه نیز[2] وجود دارد. این پیشرانه بر روی برخی از محصولات شرکت‌های تولیدکننده اتوبوس در اروپا و آمریکای شمالی نصب شده است. ازجمله می‌توان اشاره نمود که BAE برای اتوبوس‌های شهر پاریس فرانسه، در حال همکاری با شرکت اتوبوس‌سازی Iveco برای تولید اتوبوس‌های تمام

[1] conductive
[2] Plug-In

برقی قابل شارژ از شبکه است. نمونه‌ای از این نوع اتوبوس در شکل ۲-۲۳ نشان داده شده است. ضمناً شکل ۲-۲۴ طرح‌واره جانمایی تجهیزات اصلی این نوع پیشرانه را در یک اتوبوس نوعی نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۲۳- نمونه اتوبوسی که پیشرانه EV شرکت BAE روی آن نصب شده است.

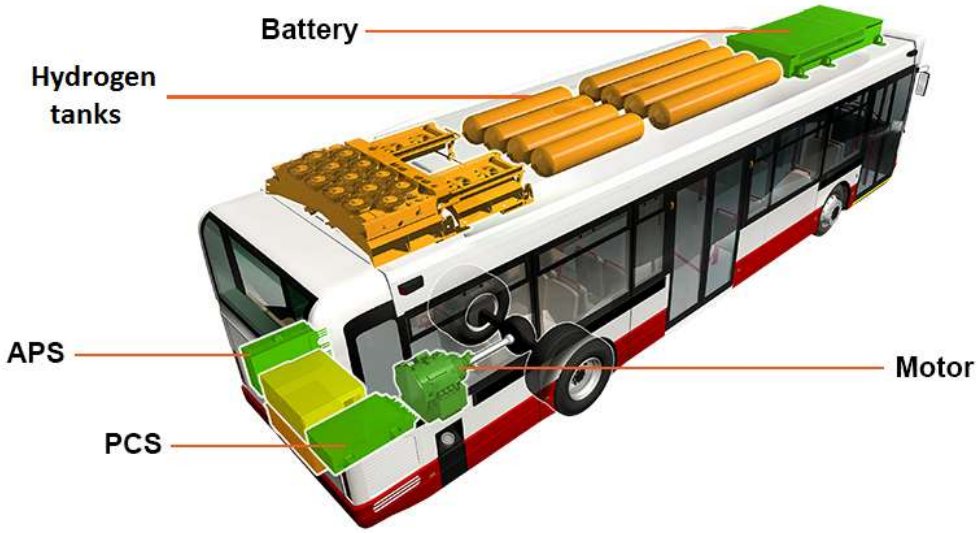


شکل ۲-۲۴- طرح‌واره جانمایی تجهیزات اصلی پیشرانه EV در اتوبوس

- **پیشرانه پیل سوختی نوع H**: با توجه به مزایای هیدروژن به‌عنوان سوخت- که پس از تبدیل انرژی، خروجی اگزوز آب خواهد بود- و همچنین مزایای پیشرانه‌های تمام برقی ازجمله نرمی عملکرد و آلودگی صوتی بسیار پایین، این شرکت نوعی از پیشرانه تمام برقی خود را با بهره‌مندی از پیل سوختی عرضه می‌نماید. این شرکت به‌عنوان عضو همکار در گروه "اتوبوس پیل سوختی" آمریکا، ۱۶ عدد از این پیشرانه‌ها را بر روی

اتوبوس‌ها نصب نموده و قصد دارد ۸ دستگاه دیگر را نیز مجهز به این سیستم نماید (بر اساس اطلاعات سال ۲۰۱۷).

نحوه عملکرد سیستم این‌گونه است که انرژی از طریق باتری‌های ولتاژ بالا و سلول پیل سوختی هیدروژنی تأمین‌شده و با استفاده از ادوات الکترونیک قدرت، به موتور محرک چرخ‌ها می‌رسد. همچنین در این پیشرانه نیز از ترمز بازیابنده انرژی برای بازگردانی بخشی از انرژی به باتری‌ها استفاده می‌شود. ضمناً امکان عملکرد با توان پایین و بدون نیاز به روشن کردن موتور پیل سوختی برای مسافت‌های کوتاه نیز وجود دارد. شکل ۲-۲۵ طرحواره جانمایی تجهیزات اصلی این پیشرانه را در یک اتوبوس نوعی نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۲۵- طرحواره جانمایی تجهیزات اصلی پیشرانه نوع H را در یک اتوبوس نوعی

ذیلا تصاویر اتوبوس‌های مجهز به پیشرانه‌های پیل سوختی هیدروژنی این شرکت که در کشور آمریکا مورد استفاده هستند نشان داده شده است. شکل ۲-۲۶ تا شکل ۲-۳۰ اتوبوس‌های ساخته شده توسط شرکت El Dorado National-California است (مدل Fcvelocity–HD6) که از یک ماجول پیل سوختی PEM در آن‌ها استفاده شده که توسط شرکت Canadian-based Ballard Power Systems تولید شده است. این اتوبوس‌ها ۱۲ متر طول دارند [۱۷]. موتور الکتریکی بکار رفته ۱۵۰ کیلووات توان دارد و یک باتری لیتیم-یونی با ظرفیت ۱۱ کیلووات ساعت نیز در آن‌ها بکار رفته است [۱۸].



شکل ۲-۲۶- یک اتوبوس در Orange County ایالت کالیفرنیا- امریکا [۱۹]



شکل ۲-۲۷- یک اتوبوس در دانشگاه California شهر Irvine در ایالت کالیفرنیا- آمریکا [۱۹]



شکل ۲-۲۸- هشت اتوبوس شرکت ترانزیت SunLine در Thousand Palms ایالت کالیفرنیا- آمریکا (۲ اتوبوس دیگر نیز اضافه خواهد شد) [۱۹]



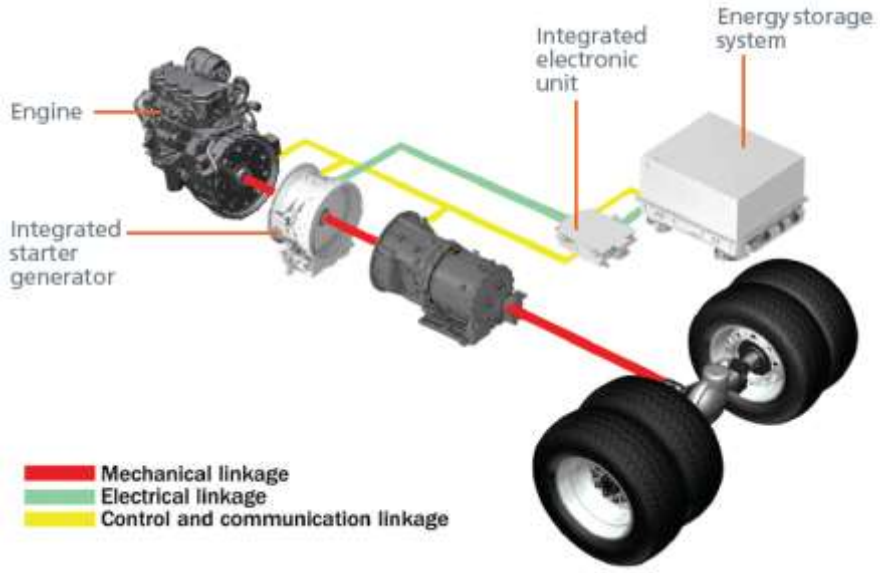
شکل ۲-۲۹- یک اتوبوس در شهر Flint ایالت میشیگان – آمریکا [۱۹]



شکل ۲-۳۰- شش اتوبوس در Stark County ایالت اوهایو – آمریکا (۶ اتوبوس دیگر نیز اضافه خواهد شد)[۱۹]

- **پیشرانه نوع موازی شرکت BAE**: این پیشرانه از چهار بخش اصلی تشکیل شده است؛ سیستم ذخیره‌ساز انرژی (ESS)، واحد الکترونیک قدرت (IEU)، ژنراتور- استارتر (ISG) و موتور احتراقی.

در ذخیره‌ساز انرژی از باتری‌های لیتیوم یونی استفاده می‌شود. واحد الکترونیک قدرت شامل اینورتر قدرت و کنترل‌کننده موتور و سیستم است. ژنراتور – استارتر نیز از دو بخش موتور/ژنراتور الکتریکی و سیستم انتقال قدرت هیبریدی تشکیل شده است. پیشرانه موازی این شرکت قابلیت نصب در کنار موتور احتراقی دیزلی و CNG را دارد. این پیشرانه دارای قابلیت خاموش کردن موتور احتراقی در حالت توقف و عمل استارت توسط استارتر-ژنراتور الکتریکی را دارا است. تاکنون دو مدل از سری پیشرانه‌های موازی این شرکت با نام‌های HDP 750 و HDP 800 ارائه شده است. شکل ۲-۳۱ طرحواره‌ای از این پیشرانه را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳۱- طرح‌واره پیشرانه موازی شرکت BAE

برخی از اجزای مشترک پیشرانه‌های تولیدی شرکت BAE ذیلاً موردبررسی قرار می‌گیرند:

- **لوازم جانبی برقی:** همه اتوبوس‌های شهری این شرکت (شامل سری E، سری ER، سری EV و سری H) امکان استفاده از سیستم برقی لوازم جانبی[1] (APS) طراحی‌شده این شرکت را دارا هستند. این سیستم در یک پکیج کوچک جای گرفته که قابل‌نصب در اتوبوس‌ها برای تأمین برق موردنیاز در لوازم جانبی مانند تهویه مطبوع، فن‌های خنک‌سازی و پمپ‌های کمپرسور است. این سیستم، جایگزینی برای ژنراتورهای تسمه‌ای موجود در اتوبوس‌های رایج است [۱۵].

سیستم کنترل پیشرانه[2] (PCS): این بخش، مرکز تجزیه‌وتحلیل و مدیریت شارش توان در همه محصولات دارای درایو الکتریکی این شرکت است. این سیستم قابل‌نصب بر روی انواع اتوبوس‌ها با شکل‌ها و اندازه‌های مختلف است. بخش PCS در کنار واحد کنترل سیستم[3] (SCU) کار می‌کند. این واحد درواقع رابط کاربری برای راننده است که به همراه PCS شارش توان را بین ژنراتور، موتور کششی و ذخیره‌ساز انرژی کنترل می‌کنند. ضمناً عیب‌یابی عملکرد پیشرانه نیز از طریق این دو سیستم امکان‌پذیر است. در جدول ۲-۴

[1] Accessory Power Systems
[2] Propulsion control system
[3] System control unit

به مشخصات PCS برای مدل‌های مختلف پیشرانه این شرکت اشاره شده است. ضمناً ویژگی‌های بارز این سیستم برای مدل‌های مختلف در جدول ۲-۵ بیان شده‌اند. شکل ۲-۳۲ و شکل ۲-۳۳ به ترتیب تصویر PCS و واحد SCU را نشان می‌دهند.

جدول ۲-۴- مشخصات PCS برای مدل‌های مختلف پیشرانه

	مدل‌های HDS100 و HDS200	مدل HDS300	مدل EV
توان	ژنراتور: ۲۱۰کیلووات موتور: ۲۱۰ کیلووات	ژنراتور: ۲۴۰ کیلووات موتور: ۲۴۰ کیلووات	موتور: ۲۱۰ کیلووات
دماهای مجاز	دمای عملکردی: بین ۴۰- و ۶۵ درجه سانتی‌گراد دمای محیط: بین ۴۰- و ۷۵ درجه سانتی‌گراد		
ابعاد و وزن	طول: ۹۱۹ میلی‌متر عرض: ۵۶۹ میلی‌متر ارتفاع: ۲۳۷ میلی‌متر وزن: ۸۵ کیلوگرم نوع خنک‌سازی: اتیلن آب / پروپیلن گلیکول		

جدول ۲-۵- ویژگی‌های بارز PCS

مدل	ویژگی‌ها
HDS100 **HDS200** **HDS300** **EV**	✓ قابلیت تغییر تنظیمات شتاب و ترمز بازیاب ✓ عیب‌یاب Onboard ✓ دارای استاندارد SAE 1939[1] مربوط به CAN ✓ امکان اضافه نمودن خروجی ولتاژ بالا برای گرمایش کابین اتوبوس ✓ خنک‌سازی توسط مایع برای بهبود عملکرد
HDS300	✓ باس‌بارهای داخلی بزرگ‌تر نسبت به مدل‌های پیشین، جهت انتقال توان بیش‌تر ✓ استفاده از کلیدهای قدرت (IGBT) با توان بالاتر نسبت به انواع قبلی برای کنترل توان بیشتر
EV	✓ اضافه شدن درگاه شارژ با قابلیت شارژ ۲۰۰ آمپری ✓ اضافه شدن درگاه شارژ با قابلیت شارژ ۴۰۰ آمپری (مخصوص شارژ سریع) ✓ خروجی DC برای بخش APS

[1] مجموعه استاندارد SAE J1939 مورد استفاده و تایید برای ارتباطات و تشخیص خطا در میان اجزاء خودرو است.

	✓ اینورتر ۲۰۰ کیلوواتی



شکل ۲-۳۲- تصویر واحد PCS شرکت BAE



شکل ۲-۳۳- تصویر واحد SCU شرکت BAE

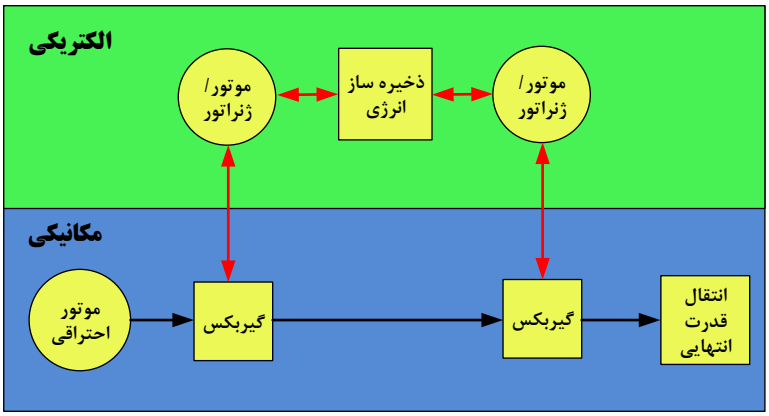
از ویژگی‌های پیشرانه‌های سری این شرکت می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اتصال مکانیکی بین موتور احتراقی دیزلی و محور قدرت (اکسل) وجود ندارد.
- تمام توان از موتور الکتریکی انتقال می‌یابد (توان به‌صورت سری از موتور احتراقی به ژنراتور و سپس از ژنراتور به موتور الکتریکی و چرخ‌ها انتقال می‌یابد)
- قابلیت تبدیل به نوع تمام الکتریک وجود دارد.

۲ ۳ ۲ شرکت Allison

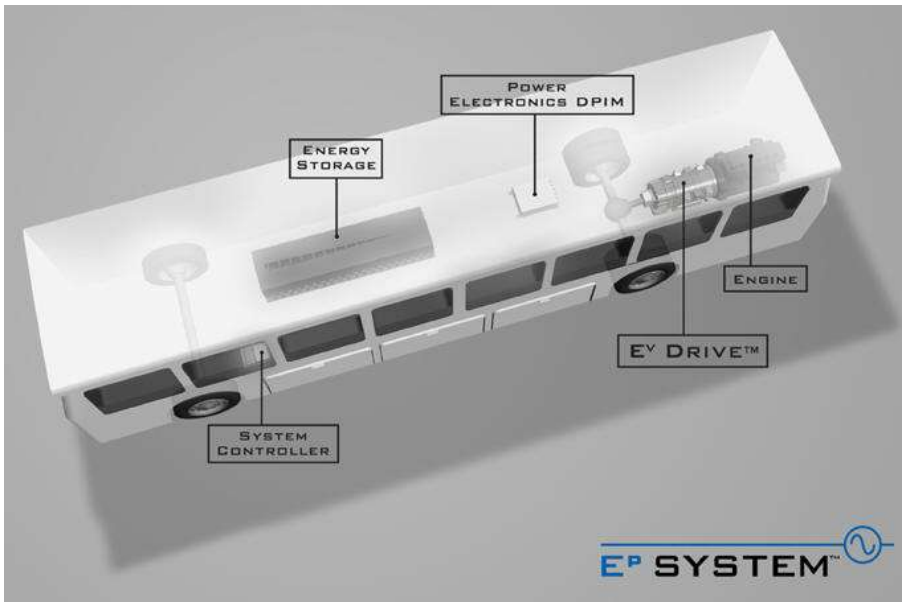
این شرکت یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان سیستم انتقال قدرت خودکار و پیشرانه‌های هیبرید الکتریکی است که در سال ۱۹۱۵ در ایندیاناپلیس ایالت ایندیانای آمریکا تأسیس شد و دفتر مرکزی آن در آنجا قرار دارد. پیشرانه‌های هیبریدی آن از نوع سری- موازی هستند. پیشرانه Allison H 40/50 EP از سال ۲۰۰۳ تاکنون در حال تولید و توسعه است و تابه‌حال بر روی اتوبوس‌های بسیاری نصب شده است. پیشرانه EP50 این شرکت دارای دو موتور است که توانایی توان دهی ۷۵ کیلووات به‌صورت دائم ۱۵۰ کیلووات به‌صورت کوتاه‌مدت را داراست. این پیشرانه توانایی عملکرد به‌صورت سری را نیز دارد و کنترل‌کننده به‌صورت هوشمند، بین مودهای سری و موازی سوئیچ می‌کند. درواقع به این نوع از معماری پیشرانه، معماری دو مودی تقسیم توان[1] نیز می‌گویند. پیشرانه تولیدی این شرکت برای دست‌یابی به بالاترین بهره‌وری انرژی، دارای یک مسیر مکانیکی و یک مسیر الکتریکی برای انتقال توان است؛ بنابراین امکان حرکت به‌صورت الکتریکی کامل و یا دیزلی کامل را نیز داراست. برخلاف پیشرانه‌های نوع سری (مانند پیشرانه HybriDrive شرکت BAE) که فقط از موتور الکتریکی برای تأمین گشتاور استفاده می‌کنند، پیشرانه‌های موازی (یا سری- موازی) نیازمند گیربکس هستند تا توانایی تأمین گشتاور به‌طور هم‌زمان از موتور الکتریکی و احتراقی را داشته باشند. شکل ۲-۳۴ این دو مسیر انتقال قدرت را نشان می‌دهد. استفاده از این پیشرانه سبب کاهش آلودگی صوتی اتوبوس می‌شود به‌طوری‌که در فاصله ۱۰ متری، نویزی معادل ۷۹ دسی‌بل تولید می‌کند که نزدیک به نویز صوتی خودروهای کوچک عادی است. ذخیره‌ساز انرژی مورداستفاده در این پیشرانه، باتری نیکل متال هیدرید (NiMH) است. ضمناً از یک ماژول اینورتر دوبل به قدرت ۱۶۰ کیلووات برای افزایش قابلیت اطمینان استفاده می‌کند. برای تغذیه بارهای الکتریکی جانبی ازجمله پمپ‌ها و گرمایش کابین، از یک مبدل DC-DC ۶۰۰ ولت به ۲۴/۱۲ ولت برای حذف ژنراتورهای تسمه‌ای پیشرانه‌های معمولی استفاده شده است که توانایی جریان‌دهی ۲۵۰ آمپر در یک نوع و ۳۰۰ آمپری در نوع دیگر را دارا می‌باشد.

[1] Two-mode power-split



شکل ۲-۳۴- دو مسیر انتقال قدرت در پیشرانه دو مودی تقسیم توان شرکت Allison

تا سال ۲۰۱۲ حدود ۴۸۰۰ اتوبوس در ۲۳۰ شهر از اقصی نقاط جهان از پیشرانه‌های هیبریدی این شرکت استفاده می‌کردند. در سیستم‌های ارتقا یافته این شرکت، پیشرانه‌های هیبریدی ذکرشده با دو نام جدید H 50 EP و H 40 EP عرضه می‌شوند. پیشرانه H 40 EP قابلیت توان دهی پیوسته ۲۸۰ اسب بخار (۲۰۹ کیلووات) و پیشرانه H 50 EP قابلیت توان‌دهی پیوسته ۳۳۰ اسب بخار (۲۴۶ کیلووات) را دارا هستند [۲۰]. در شکل ۲-۳۵ جانمایی تجهیزات مختلف سیستم هیبریدی مورداستفاده توسط این شرکت نشان داده‌شده است. ضمناً دو موتور/ژنراتور الکتریکی و گیربکس خورشیدی و کلاچ‌ها در یک بخش مجتمع شده‌اند که در شکل بانام Ev Drive مشخص شده است. این بخش به‌طور مجزا در شکل ۲-۳۶ نشان داده شده است.



شکل ۲-۳۵- جانمایی تجهیزات مختلف سیستم هیبریدی شرکت Allison



شکل ۲-۳۶- پیشرانه H 40/50 EP شرکت Allison

۲ ۳ ۳ شرکت ISE

این شرکت پیشرانه هیبرید الکتریکی نوع سری خود را با نام ThunderVolt تولید نموده است که پنج زیرمجموعه اصلی دارد: موتور الکتریکی به همراه درایو و گیربکس؛ واحد توان جانبی یا APU[1] (موتور احتراقی، ژنراتور الکتریکی و تجهیزات مربوطه)، ذخیره‌ساز انرژی (بسته‌های باتری یا ابرخازن[2])؛ بخش‌های کنترل و عیب‌یابی وسیله نقلیه و نهایتاً تجهیزات جانبی الکتریکی (فرمان برقی و سیستم ترمز، سیستم تهویه مطبوع و سایر تجهیزات مرتبط). تجهیزات الکتریکی مورداستفاده در پیشرانه هیبرید الکتریکی این شرکت، توسط شرکت زیمنس تولید می‌شوند.

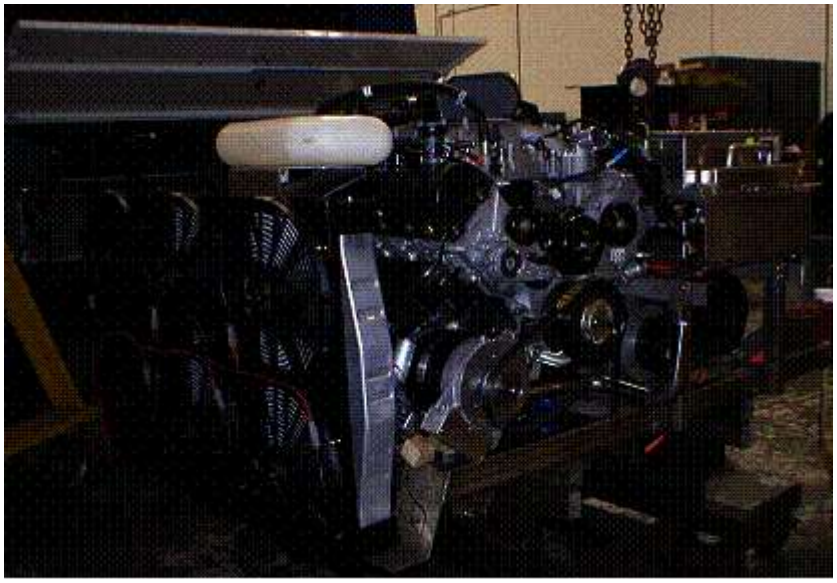
این شرکت از سال ۲۰۰۴ وارد مرحله تولید انبوه شد و در سال ۲۰۱۱ توسط شرکت Bluways خریداری شد و پیشرانه ThunderVolt دیگر با این نام تولید نمی‌شود. انواع پیشرانه‌های هیبریدی شرکت ISE هم‌اکنون توسط شرکت Bluways تولید می‌شوند که از آن جمله می‌توان به سیستم هیبریدی دیزل-الکتریک، سیستم هیبرید CNG-الکتریک و سیستم پیل سوختی اشاره نمود. همه این پیشرانه‌ها از نوع سری هستند. ذیلاً به توضیح فنی پیشرانه ThunderVolt که همچنان در برخی از اتوبوس‌های هیبرید مورداستفاده است پرداخته می‌شود.

پیشرانه هیبریدی شرکت ISE، قابلیت نصب بر روی ترکیب‌های متنوعی از موتور احتراقی و انواع سوخت را دارد. پاک‌ترین ترکیب پیشنهادی این شرکت که تجاری شده است، از گازوئیل به‌عنوان سوخت استفاده می‌کند و میزان آلایندگی NOx آن کمتر از ۱ گرم در مایل است. ضمناً بهینه‌ترین سیستم هیبریدی تولیدی این شرکت، از دیزل به‌عنوان سوخت استفاده می‌کند و دارای مصرف ۶تا۷ مایل پیمایش با هر گالن سوخت در اتوبوس‌های بزرگ ۴۰ فوتی (۱۲ متری) است درحالی‌که این عدد برای اتوبوس‌های معمولی رایج حدود ۳تا۵ مایل است. همچنین این شرکت نوع

[1] Auxiliary power unit

[2] Ultracapacitor

دیگری از محصول خود را با یک موتور احتراقی بهبودیافته برای استفاده از هیدروژن به‌عنوان سوخت، تولید نمود. شکل ۲-۳۷ سیستم رانشی ThunderVolt این شرکت را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳۷- مجموعه سیستم رانشی هیبریدی شرکت ISE

زیرسیستم قوای محرکه: این زیرسیستم بر اساس مجموعه دوگانه موتور الکتریکی و کنترل‌کننده ساخته‌شده شرکت زیمنس (ELFA) پایه‌گذاری شده است. این ساختار دارای دو موتور الکتریکی به همراه یک گیربکس و واحد اینورتر است. موتور و اینورتر توسط حلقه خنک‌سازی گلیکول-آب خنک‌سازی می‌شوند. این مجموعه توانایی تأمین ۱۷۰ کیلووات توان پیوسته و ۲۸۸ کیلووات توان حداکثر را دارا است. موتورها و گیربکس در شکل ۲-۳۸ و اینورتر در شکل ۲-۳۹ نشان داده شده است. وزن تقریبی مجموعه موتورها و گیربکس حدود ۳۰۰ کیلوگرم و وزن واحد اینورتر ۷۲ کیلوگرم است. اتوبوس‌های با طول زیر ۹ متر دارای یک واحد اینورتر و اتوبوس‌های بلندتر نیازمند دو واحد اینورتر هستند.



شکل ۲-۳۸- مجموعه موتورها و گیربکس



شکل ۲-۳۹- اینورتر قدرت

همه پیشرانه‌های نوع ThunderVolt دارای قابلیت بازیابی انرژی ترمز هستند. همچنین ازآنجاکه معماری این نوع از پیشرانه‌ها به‌صورت سری است، قابلیت تأمین نیازمندی‌های شیب پیمایی و شتاب گیری‌های اتوبوس با باتری تخلیه‌شده وجود دارد (یعنی توان الکتریکی مستقیماً از موتور احتراقی و ژنراتور از طریق اینورتر به موتور الکتریکی منتقل گردد).

ویژگی‌های سیستم محرکه موتور الکتریکی: این سیستم به‌گونه‌ای بسته‌بندی (پکیج) شده است که به‌راحتی قابل‌نصب در اتوبوس‌ها است (شکل ۲-۳۹). همه زیر سیستم‌های اصلی به‌جز ذخیره‌ساز انرژی در این مجموعه جای داده‌شده‌اند که در انتهای اتوبوس نصب می‌شود.

زیرسیستم APU (واحد توان جانبی): جهت تأمین توان برای موتورهای رانشی (الکتریکی)، این پیشرانه از یک موتور احتراقی دیزلی متصل به یک ژنراتور ساخت زیمنس با توان ۱۵۰ کیلووات استفاده می‌کند. این اتصال از طریق یک گیربکس برقرار شده است. ژنراتور توسط یک اینورتر ساخت زیمنس مشابه همان اینورتر مورداستفاده در بخش تأمین توان اصلی پیشرانه (شکل ۲-۳۹) کنترل می‌شود با این تفاوت که نرم‌افزار آن‌ها متفاوت است. وزن مجموعه ژنراتور و گیربکس تقریباً ۲۱۵ کیلوگرم است. این زیرسیستم با تنوع زیادی توسط شرکت تولید شده است تا بازه وسیعی از نیازمندی‌های عملکردی و آلایندگی را پوشش دهد. به‌عنوان‌مثال می‌توان به یکی از انواع با آلایندگی بسیار پایین گازوئیل- هیبریدی زیرسیستم APU اشاره نمود. در این مدل از یک موتور احتراقی ۶/۸ لیتری گازوئیلی شرکت Ford استفاده شده است. در اکتبر ۲۰۰۳، این سیستم گازوئیل-هیبریدی شرکت ISE توسط آژانس CARB[1] کالیفرنیا برای استفاده در اتوبوس‌های شهری تأییدیه گرفت. این اولین پیشرانه‌ی هیبریدی بود که توسط این آژانس برای استفاده در اتوبوس‌ها مورد تائید قرار می‌گرفت. این شرکت همچنین پیشرانه‌های هیبرید الکتریکی دیگری نیز با سوخت‌های دیگر مانند CNG و هیدروژن تولید نموده است.

[1] California Air Resources Board (CARB)

ویژگی دیگر پیشرانه ThunderVolt امکان جایگزینی موتور احتراقی APU با ژنراتورهای بر پایه میکروتوربین و پیل سوختی است که روی تعدادی از اتوبوس‌های ۹ متری با موفقیت تست شده است.

زیرسیستم ذخیره‌ساز انرژی: در پیشرانه هیبریدی تولیدی این شرکت، می‌توان از ابرخازن‌ها به‌عنوان ذخیره‌ساز انرژی استفاده نمود. مهم‌ترین نقش ابرخازن‌ها در خودروهای سنگین (اتوبوس‌ها و کامیون‌ها) ذخیره سریع انرژی بازیابی شده ترمز و تأمین توان‌های لحظه‌ای شتابگیری است. این شرکت با شرکت Maxwell Technologies همکاری مشترکی را برای تولید و فروش بسته‌های تجمیع شده ابر خازن آغاز نمود. دو عدد از این بسته‌ها با وزن تقریبی ۲۰۰ کیلوگرم توانایی تأمین توان حداکثر ۲۰۰کیلووات و ذخیره‌سازی انرژی به میزان ۰/۶ کیلووات ساعت را دارا هستند. این ظرفیت برای ذخیره‌سازی حداکثر انرژی ممکن در بازیابی انرژی ترمز و تأمین توان زیاد برای بازه‌های زمانی کوتاه (مثلاً ۲۰۰کیلووات برای ۱۰ ثانیه) کافی است. شکل ۲-۴۰ نمونه‌ای از این بسته‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴۰- بسته ابرخازن ساخته‌شده توسط شرکت‌های ISE و Maxwell

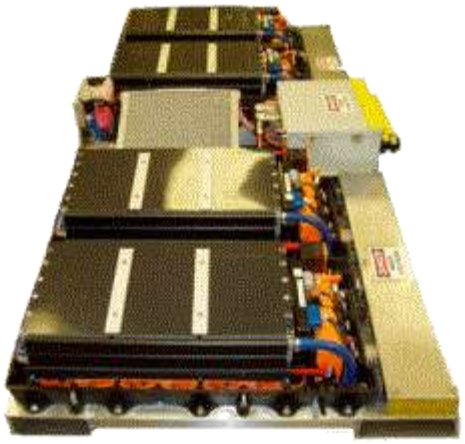
زیرسیستم استاندارد ذخیره‌ساز انرژی مورداستفاده در پیشرانه‌های این شرکت، باتری‌های نیکل سدیم کلرید بوده که نام تجاری آن‌ها "Zebra " است. این نوع از باتری که توسط یک شرکت سوئدی تولید می‌شده از باتری‌های رایج سرب-اسید گران‌تر بوده اما برتری‌های متعددی نسبت به آن دارد. به‌عنوان‌مثال باتری‌های Zebra دارای انرژی مخصوص ۹۴ وات‌ساعت بر کیلوگرم (Wh/kg) بوده که حدود سه برابر انرژی مخصوص یک باتری سرب-اسید مشابه است. این بدان معنی است که توانایی ذخیره انرژی باتری‌های Zebra در واحد حجم، در مقایسه با باتری‌های سرب اسید بیشتر است. هر بسته (پک) باتری Zebra با وزن تقریبی ۲۰۴ کیلوگرم، قابلیت ذخیره ۱۷/۸ تا ۲۰ کیلووات ساعت انرژی و توانایی تأمین و جذب ۳۳ کیلووات توان را دارد. برای اتوبوس‌های ۹ متری و اتوبوس‌های ۱۲متری که در خطوط شهری با سرعت‌پایین کار می‌کنند، معمولاً یک بسته باتری کفایت می‌کند. برای اتوبوس‌های سنگین‌تر استفاده از بسته‌های دوتایی یا سه‌تایی از این نوع باتری توسط شرکت توصیه شده است. بسته‌های باتری Zebra برای عملکرد در دمای محیط بین ۴۰- تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد طراحی و ساخته‌شده‌اند و بنابراین عملکرد آن‌ها در محیط‌های مختلف تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. هر چند اشکال اصلی این نوع از باتری‌ها، نیاز سلول به دما بالا برای نگهداری الکترولیت نمکی در حالت مایع (مذاب) است [۲۱]. ویژگی دیگر این باتری‌ها توانایی توان دهی تا تخلیه ۸۰٪ وضعیت

شارژ است؛ این بدان معنی است که یک بسته سه‌تایی این باتری می‌تواند تا تخلیه در محدوده مجاز خود (۲۰٪ شارژ باقی‌مانده برای هر باتری) تا حدود ۵۰ تا ۹۰ کیلووات توان دهی کند. شکل ۲-۴۱ تصویر یک بسته از این باتری‌ها را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۴۱- یک بسته (پک) باتری zebra مورداستفاده در پیشرانه ThunderVolt

شرکت ISE همچنین یک زیرسیستم ذخیره‌ساز انرژی (باتری) دیگر از نوع نیکل متال هیدرید (NiMHax) دارد. این نوع باتری نیز در تعداد زیادی از خودروهای هیبریدی مورداستفاده قرار می‌گیرد و دارای مشخصات توان دهی، ذخیره‌سازی انرژی مناسبی در واحد حجم و وزن است. شکل ۲-۴۲ نمونه‌ای از این نوع باتری استفاده‌شده در پیشرانه‌های هیبریدی شرکت ISE را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴۲- بسته‌های باتری NiMh پیشرانه ThunderVolt

زیرسیستم کنترل مجموعه و عیب‌یابی: تمام زیر سیستم‌های اصلی اتوبوس (محرکه، APU ، ذخیره‌ساز انرژی، کنترل خودرو و تجهیزات جانبی) از طریق یک شبکه CAN باهم در ارتباط هستند. این امر سبب ساده‌سازی جمع‌آوری داده‌ها از خودرو و تسهیل در سرویس و نگهداری از آن می‌شود. ضمناً امکان برنامه‌نویسی سفارشی نیز وجود دارد.

این شرکت با همکاری نزدیک زیمنس، کنترل حلقه بسته ژنراتور پیشرانه و همچنین تکنولوژی ایست و استارت سریع موتور احتراقی را برای محصولات خود توسعه داده است. کنترل حلقه بسته ژنراتور، این امکان را فراهم می‌سازد

که موتور احتراقی درحالی‌که یک ولتاژ ثابت لینک ایجاد می‌کند، توانایی عملکرد در هر سرعتی را داشته باشد. این امر سبب افزایش بازدهی سیستم محرکه می‌شود چراکه می‌توان موتور احتراقی را همواره در بازه سرعتی پربازده آن بکار گرفت. این در حالی است که در برخی دیگر از پیشرانه‌های هیبریدی که از این قابلیت برخوردار نیستند، باید سرعت موتور احتراقی طوری تنظیم شود که ولتاژ لینک مطلوبی تولید کند، لذا مجبور به به‌کارگیری موتور احتراقی در سرعت‌هایی هستند که بازدهی مطلوبی ندارد (سرعت‌های پایین و بی‌بار). به‌علاوه عملکرد حلقه بسته با استفاده از فیدبک، این امکان را فراهم می‌سازد که پیشرانه هیبریدی این شرکت هر زمان که عملکرد موتور احتراقی ضرورتی نداشته باشد (حین توقف که موتور احتراقی به‌صورت خلاص عمل می‌کند)، به‌طور خودکار آن را خاموش نماید. سپس موتور احتراقی توسط ژنراتور راه‌اندازی مجدد می‌شود (ماشین الکتریکی در حالت موتوری کار می‌کند) که سبب افزایش طول عمر استارتر می‌گردد. این پروسه می‌تواند بدون تزریق سوخت - که سبب خنک کردن سریع موتور احتراقی برای کاهش گرما می‌شود- انجام گیرد. ضمناً فرایند مذکور، روند عملکرد به‌صورت "تمام برقی" که در آن اتوبوس فقط با استفاده از منبع انرژی باتری حرکت می‌کند را تسهیل می‌نماید. یکی دیگر از مزایای این پیشرانه هیبریدی که به‌صورت حلقه بسته کنترل می‌شود، امکان عملکرد در مود "دیزل-الکتریک" است که در آن انرژی ژنراتور مستقیماً و با بایپس نمودن باتری‌ها، به موتورهای الکتریکی رانشی انتقال می‌یابد. این مود عملکردی از طریق کاهش دفعات شارژ و تخلیه باتری‌ها سبب افزایش عمر مفید آن‌ها می‌شود. همچنین این امر باعث می‌شود که اگر مشکل غیرعادی برای باتری‌ها ایجاد شود، اتوبوس بتواند به عملکرد خود ادامه دهد و درواقع امکان نوعی افزونگی[1] برای سیستم فراهم گشته است. درواقع با بهره‌مندی از ژنراتور ۱۶۰ کیلوواتی، در صورت خرابی باتری‌ها، عملکرد اتوبوس تنزل زیادی پیدا نمی‌کند.

لوازم جانبی برقی: پیشرانه استاندارد هیبریدی شرکت ISE، از فرمان برقی، ترمزها و گرمایش و تهویه مطبوع برقی استفاده می‌کند. این زیرسیستم‌ها زمانی که APU کار نمی‌کند، توان را از بسته باتری اصلی دریافت می‌کنند لذا عملکرد آن‌ها زمانی که اتوبوس در حالت تمام برقی کار می‌کند، مختل نمی‌گردد. استفاده از تجهیزات جانبی برقی سبب افزایش بازدهی آن‌ها نیز می‌شود که حدود ۱۵اسب بخار دیماند توان را کاهش می‌دهد؛ این عددی قابل‌توجه است چراکه معمولاً متوسط توان لازم برای حرکت، بیش از ۵۰ تا ۷۰ اسب بخار نمی‌شود.

تنوع محصولات شرکت ISE: این شرکت پیشرانه ThunderVolt خود را با سوخت‌های دیزلی، گازوئیلی، گاز طبیعی (CNG) و پیل سوختی روانه بازار نموده است. نوع هیبرید الکتریکی-دیزلی این پیشرانه روی برخی از اتوبوس‌های ۱۲ متری شرکت Nova RTS ایالت نیوجرسی آمریکا نصب شده‌اند. شکل ۲-۴۳ تصویر اولین اتوبوسی است که در نیوجرسی و در سال ۲۰۰۳ از این نوع از پیشرانه استفاده کرده است.

[1] redundancy



شکل ۲-۴۳- اولین اتوبوسی که در نیوجرسی به پیشرانه ThunderVolt مجهز شد.

شرکت ISE اولین شرکت آمریکایی بود که پیشرانه هیبرید الکتریکی-گازوئیلی را برای اتوبوس‌های بزرگ شهری توسعه داد. این سیستم روی سه اتوبوس ۱۲متری شرکت New Flyer نصب شد. سپس در ماه می سال ۲۰۰۳، این شرکت سفارش ۲۷ دستگاه از این اتوبوس‌ها را از شرکت حمل‌ونقل Long Beach دریافت کرد. علاوه بر نصب این پیشرانه روی اتوبوس‌های شرکت New Flyer، شرکت ISE از این پیشرانه در یکی از اتوبوس‌های ۹ متری شرکت ElDorado National هم استفاده نمود که در دپارتمان حمل‌ونقل لوس‌آنجلس مورداستفاده قرار گرفت. یکی از مهم‌ترین مزایای پیشرانه هیبرید الکتریکی-گازوئیلی آلایندگی بسیار پایین آن است. در آزمون‌هایی که توسط CARB کالیفرنیا و دانشگاه West Virginia در سال ۲۰۰۲ صورت گرفت، اولین اتوبوس ۱۲متری New Flyer مجهز به این پیشرانه تنها ۰/۶ گرم در مایل NOx تولید نمود و تقریباً PM[1] آزادسازی شده آن صفر بود.

شرکت ISE همچنین دو نوع از پیشرانه هیبریدی ThunderVolt خود را با سوخت هیدروژن تولید نمود؛ یکی با استفاده از پیل سوختی و دیگری با تغییر موتور احتراقی به‌گونه‌ای که قابلیت استفاده از هیدروژن به‌عنوان سوخت را داشته باشد. این شرکت به همراه شرکت اتوبوس‌سازی ElDorado National و شرکت بالادستی آن یعنی Thor Industries، یک اتوبوس نمونه ۹ متری را به پیشرانه پیل سوختی مجهز نمود که سال ۲۰۰۲ با موفقیت بسیار زیادی در شهرهای مختلف مورد بهره‌برداری قرار گرفت. به‌علاوه، شرکت حمل‌ونقل ACT و SunLine طی قراردادهایی با شرکت ISE، سفارش تجهیز تعدادی از اتوبوس‌های شرکت اتوبوس‌سازی Van Hool را به پیشرانه هیبرید الکتریکی-پیل سوختی دادند.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، نوع دیگری از پیشرانه‌های هیبریدی ThunderVolt وجود دارند که با تغییر در موتور احتراق داخلی، سوخت هیدروژن را به آن تزریق می‌کنند. این مدل از پیشرانه‌ها هزینه اولیه کمتری نسبت به پیل سوختی دارند و درعین‌حال بسیاری از مزایای آن را نیز دارا می‌باشند[۲۲].

[1] particulate matter

۲ ۳ ۴ شرکت زیمنس

سیستم پیشرانه هیبریدی ELFA برای اولین بار در میانه‌های دهه ۹۰ میلادی برای اتوبوس‌های دیزل-الکتریکی[۱] ساخته شد. این پیشرانه از نوع سری است و تا سال ۲۰۱۲ بیش از ۷۰۰ اتوبوس هیبریدی توسط زیمنس در آمریکا، ایتالیا ، آلمان و ژاپن تجهیز شدند. در آن سال‌ها موتور الکتریکی القایی خنک شونده با مایع با توان نامی در بازه ۵۰ تا ۱۸۰ کیلووات با گیربکس کاهنده در سیستم رانشی استاندارد ELFA استفاده می‌شد. در نسل‌های جدیدتر این پیشرانه، از ژنراتورهای آهنربا دائم سنکرون بهره برده شده است [۱۴]. شکل ۲-۴۴ تجهیزات پیشرانه ELFA را نشان می‌دهد که کاملاً ماژولار[۲] هستند.



شکل ۲-۴۴- موتور کششی[۳] و اینورتر پیشرانه هیبریدی ELFA

زیمنس برای ذخیره انرژی از ابرخازن‌ها استفاده می‌کند. ابرخازن‌ها امکان شارژ و تخلیه بسیار سریع را فراهم می‌سازند که برای سیکل‌های رانندگی دارای توقف و حرکت زیاد، بهترین گزینه هستند. همچنین موتورهای مورداستفاده در نسل اخیر پیشرانه ELFA از نوع آهنربای دائم است. در مقایسه با نوع القایی، این موتورها دارای بازده ذاتی بیشتری هستند چراکه در سرعت‌های پایین نیاز به جریان مغناطیس کننده ندارند، لذا جریان کمتری نیاز داشته که موجب افزایش بازدهی می‌شود.

[۱] تفاوت اتوبوس‌های دیزل- الکتریک با نوع هیبرید الکتریکی این است که این اتوبوس‌ها دارای ذخیره ساز انرژی نیستند و موتوراحتراقی، توان مکانیکی را برای ژنراتور فراهم می‌کند و ژنراتور نیز توان مکانیکی را به الکتریکی تبدیل کرده و از طریق ادوات الکترونیک قدرت، آن را به موتورهای کششی الکتریکی انتقال می‌دهد.

[2] Modular

[3] traction

شکل ۲-۴۵ تصویر اتوبوسی از شرکت Wrightbus را در لاس‌وگاس آمریکا و شکل ۲-۴۶ نیز یک اتوبوس دوطبقه را در لندن نشان می‌دهد که توسط شرکت زیمنس مجهز به پیشرانه هیبریدی ELFA شده‌اند.



شکل ۲-۴۵- اتوبوسی از شرکت Wrightbus را در لاس‌وگاس آمریکا مجهز به پیشرانه ELFA



شکل ۲-۴۶- یک اتوبوس دوطبقه در لندن که به پیشرانه ELFA شرکت زیمنس مجهز شده است.

شرکت زمینس و Vietnam Motors Industry یا (Vinamotor) با همکاری هم اولین اتوبوس هیبریدی دیزل–الکتریکی ویتنام را در Hanoi، پایتخت ویتنام، تولید کردند. این اتوبوس از پیشرانه ELFA تولیدشده توسط شرکت زیمنس استفاده می‌کند که در آن برخلاف انواع معمول پیشرانه‌های دیزلی، موتور احتراقی توسط گیربکس خودکار، محور عقب را کنترل نمی‌کند؛ در عوض موتور احتراقی به‌عنوان محرک ژنراتور عمل کرده و توان الکتریکی را برای

موتور یا موتورهای الکتریکی کششی توسط ادوات الکترونیک قدرت تأمین می‌کند. درواقع این پیشرانه، یک پیشرانه هیبریدی از نوع سری است. بر اساس گزارش زیمنس در سال ۲۰۱۳، این اتوبوس‌ها ۵۰٪ سوخت کمتری در مقایسه با موارد مشابه دیزلی خود مصرف می‌کنند و آلایندگی کمتری نیز دارند. شکل ۲-۴۷ یک نمونه از این اتوبوس‌ها را نشان می‌دهد [۲۳].



شکل ۲-۴۷- اتوبوس شرکت Vinamotor در ویتنام مجهز به پیشرانه ELFA

یکی از مزایای این پیشرانه، ماژولار بودن آن است به‌گونه‌ای که اتوبوس‌های شهری دیزلی به‌سادگی و بدون نیاز به تجهیزات اضافی، با نصب این پیشرانه قابلیت تبدیل به نوع هیبرید الکتریکی را خواهند داشت. اگر در آینده نیاز به تبدیل این اتوبوس‌ها از نوع هیبریدی به الکتریکی کامل بود، تجهیزات شارژ موردنیاز، به‌صورت موازی در کنار این پیشرانه قابل‌نصب هستند. بنابراین با صرف حداقل هزینه، اتوبوس‌های هیبریدی توانایی تبدیل به نوع تمام الکتریک را خواهند داشت.

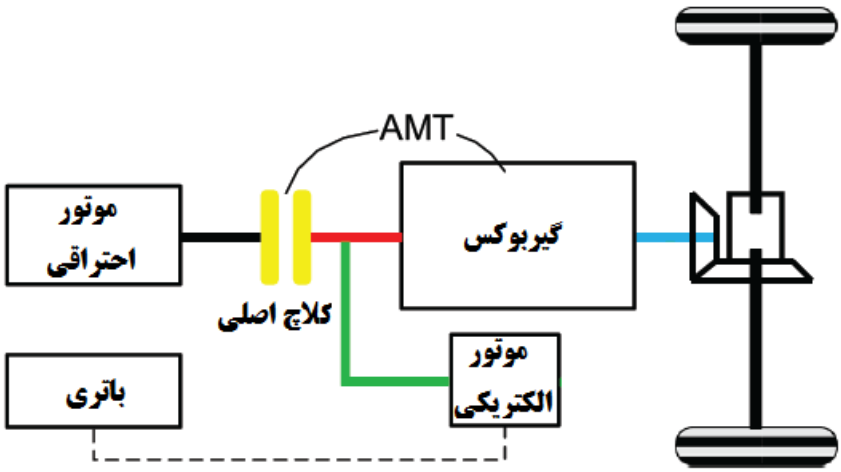
زیمنس طی قراردادی با شرکت DesignLine (یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان وقت اتوبوس‌های تمام برقی، پیمایش-گسترده[1] و CNG) مسئول تأمین سیستم محرکه الکتریکی (درایو) پیشرانه شده بود. این قرارداد شامل موتورهای آهنربا دائم سنکرون، اینورتر قدرت و ماژول‌های حفاظت ولتاژ می‌شد. قرار بود این دسته از اتوبوس‌های شرکت DesignLine طی قراردادی به شرکت ترانزیت Montreal Trnsit فروخته شوند. این اتوبوس‌ها که در سایز متوسط (midi bus) و با ظرفیت ۳۶ نفر طراحی شده بودند، توانایی پیمایش ۱۰۰ مایل (۱۶۱ کیلومتر) را با یک‌بار

[1] range-extended

شارژ کامل دارا بودند [۲۳]. هرچند این قرارداد ۵/۹ میلیون دلاری، از سوی شرکت Montreal Trnsit پس از اعلام ورشکستگی شرکت DesignLine در سال ۲۰۱۳، فسخ گردید [۲۴].

۲ ۳ ۵ شرکت Eaton

سیستم پیشرانه هیبریدی این شرکت با نام EHPS از نوع موازی است که بر روی بیش از ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس در اقصی نقاط جهان نصب شده است. این پیشرانه متشکل از یک کلاچ خودکار، موتور/ ژنراتور الکتریکی، کنترل‌کننده (اینورتر) موتور/ژنراتور، واحد ذخیره‌سازی انرژی، سیستم انتقال قدرت نیمه‌خودکار[۱] و یک سامانه بالادستی کنترل هیبرید است. این پیشرانه مانند انواع مشابه دارای قابلیت ذخیره‌سازی انرژی ترمزی است. یک موتور/ ژنراتور الکتریکی مابین کلاچ خودکار و سیستم انتقال قدرت مکانیکی قرار داده شده است. حداکثر توان خروجی موتور الکتریکی ۴۴ کیلووات است. باتری ذخیره‌ساز انرژی از نوع لیتیم- یونی است. سیستم هیبریدی نصب‌شده، دارای قابلیت خاموش کردن موتور احتراقی در توقف‌ها و استارت مجدد آن (از طریق منبع و موتور الکتریکی) جهت کاهش آلودگی صوتی و سایر آلاینده‌ها است [۲۵]. سیستم انتقال این پیشرانه از نوع "پیش انتقال[۲]" است. در این نوع سیستم، موتور الکتریکی یا به‌طور مستقیم و یا از طریق یک کوپلر گشتاور به ورودی گیربکس متصل شده است و در زمان رهاسازی کلاچ، سرعت آن با سرعت موتور احتراقی برابر است [۲۶]. شکل ۲-۴۸ طرح‌واره‌ای از این سیستم انتقال را نشان می‌دهد. قسمتی که در شکل با عنوان AMT[۳] مشخص شده است، به معنی سیستم انتقال نیمه‌خودکار است. این سیستم شامل یک گیربکس عادی به همراه یک کلاچ خودکار (الکتریکی) می‌شود.



[۱] در سیستم انتقال قدرت نیمه خودکار، دنده به صورت خودکار تعویض می‌گردد اما تفاوت آن با انتقال قدرت تمام خودکار وجود کلاچ است. سیستم انتقال قدرت تمام خودکار نیازی به کلاچ ندارد.

[2] Pre-transmission

[3] Automatic manual transmission

شکل ۲-۴۸- سیستم هیبریدی موازی از نوع پیش انتقال [۲۷]

۲ ۳ ۶ شرکت ولوو (Volvo)

پیشرانه هیبریدی این شرکت از نوع موازی است که دارای یک استارتر ژنراتور تجمیع شده (ISAM[1]) می‌باشد. این استارتر مابین موتور احتراقی دیزلی و گیربکس قرار داده شده است و باعث شده این پیشرانه موازی دارای ابعادی فشرده شود. سیستم پیشرانه ISAM همه موتور استارتر، موتور الکتریکی، ژنراتور و واحد کنترل‌کننده الکتریکی را در یک بسته جای داده است. موتور الکتریکی برای راه‌اندازی و شتاب دادن به اتوبوس تا سرعت ۲۰ کیلومتر در ساعت و موتور دیزلی برای سرعت‌های بالاتر مورداستفاده قرار می‌گیرند. دو مدل از اتوبوس‌های هیبریدی تولیدشده توسط شرکت Volvo در شکل ۲-۴۹ و شکل ۲-۵۰ نمایش داده شده‌اند. شکل ۲-۴۹ مدل ۷۷۰۰ که در سال ۲۰۱۰ تجاری شد و شکل ۲-۵۰ مدل ۷۹۰۰ معرفی‌شده در سال ۲۰۱۱ را نشان می‌دهند. مدل ۷۹۰۰ از سال ۲۰۱۱ تابه‌حال در حال ارتقاء و توسعه است و انواع مختلفی از آن با ویژگی‌های مختلف در پیشرانه هیبریدی، توسط تولیدکننده عرضه‌شده است [۱۴]. مشخصات فنی Volvo 7900 در جدول ۲-۶ مورد بررسی قرارگرفته است [۲۸].



شکل ۲-۴۹- اتوبوس ولوو هیبریدی مدل ۷۷۰۰

[1] integrated starter alternator motor



شکل ۲-۵۰- اتوبوس هیبریدی ولوو مدل ۷۹۰۰

جدول ۲-۶- مشخصات فنی Volvo 7900

طول	۱۲متر (دومحوره)
عرض	۲/۵۵ متر
ارتفاع	۳/۲۸ متر
وزن (Gvwr[1])	۱۹۰۰۰ کیلوگرم (دومحوره)
ظرفیت مسافر	۸۹ نفر (۳۴ نفر نشسته و ۵۵ نفر ایستاده)
استاندارد آلایندگی	Euro 6
موتور احتراقی دیزلی	موتور دیزلی ۴ سیلندری Volvo D5K 240 با ۲۴۰ اسب بخار توان
موتور الکتریکی	موتور سنکرون آهنربا دائم ۶۰۰ ولت I-SAM خنک شونده توسط آب که بین موتور احتراقی و گیربکس قرارگرفته است. توان بیشینه موتور ۱۶۰ اسب بخار (۱۲۰کیلووات) و گشتاور ۸۰۰ نیوتن متر و توان دائم آن ۹۴ اسب بخار (۷۰ کیلووات) و گشتاور ۴۰۰ نیوتن متر است.
درصد هیبریداسیون	٪۴۰
سیستم ذخیره‌ساز انرژی	باتری لیتیم-یون ۶۰۰ ولت با ظرفیت ۴/۸ کیلووات ساعت دارای واحد مدیریت باتری (BMS)، مقاومت ایزوله سازی و واحد قطع کننده باتری. باتری دارای سیستم خنک‌سازی با آب است. یک سیستم مجزا برای گرمایش باتری نیز وجود دارد.
سیستم انتقال قدرت	گیربکس تمام‌خودکار ۱۲ سرعته Volvo AT2412E I-Shift
سیستم تعلیق	تعلیق بادی کنترل‌شده به‌صورت الکتریکی
سیستم تهویه مطبوع	۲۸ یا ۳۸ کیلوواتی دارای ناحیه‌های دمایی مجزا برای راننده و مسافرها

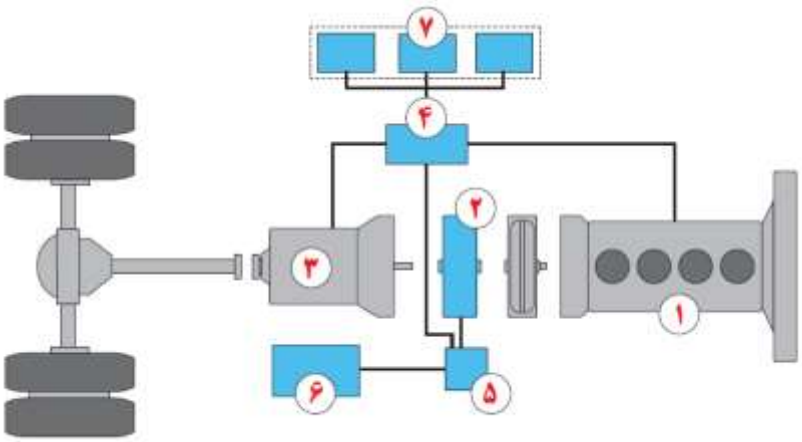
[1] gross vehicle weight rating

درصد هیبریداسون که در مرجع [۲۹] تعریف شده است، عبارت است از:

$$\mathrm{HF} = 100 \times P_{EM} \,/\, (P_{EM} + P_{ICE})$$

که در آن P_{ICE} توان موتور احتراقی و P_{EM} حداکثر توان موتور الکتریکی است.

شکل ۲-۵۱ اجزای مختلف پیشرانه هیبریدی Volvo 7900 که یک پیشرانه موازی است را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۲-۵۲ ، تصویری واقعی از پکیج پیشرانه این شرکت را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵۱- بخش‌های مختلف پیشرانه هیبریدی Volvo 7900. ۱) موتور احتراقی دیزلی؛ ۲) موتور/ژنراتور الکتریکی؛ ۳) سیستم انتقال قدرت؛ ۴) واحد کنترل الکتریکی (درایو)؛ ۵) مبدل الکترونیک قدرت DC-DC ۶۰۰ ولت به ۲۴ ولت؛ ۶) باتری‌ها؛ ۷) تجهیزات جانبی الکتریکی شده.



شکل ۲-۵۲- پیشرانه هیبریدی Volvo 7900

۲ ۳ ۷ شرکت Voith

این شرکت که در سال ۱۸۶۷ تأسیس شده است، پیشرانه هیبریدی موازی خود را با نام DIWAhybrid در نمایشگاه انجمن حمل‌ونقل عمومی آمریکا (APTA) در سال ۲۰۰۸ به نمایش گذاشت. این پیشرانه بر پایه سیستم انتقال قدرت خودکار DIWA ساخته شده است و برای توان دهی ۲۹۰ کیلوواتی و حداکثر گشتاور ۱۶۰۰ نیوتن متری طراحی شده است. توان موتور الکتریکی آن ۱۵۰ کیلووات است و در این پیشرانه به‌جای باتری از ابرخازن استفاده شده است که طول عمر بیشتری نسبت به باتری دارد. ولتاژ سیستم ذخیره کننده انرژی الکتریکی آن ۶۰۰ ولت است. خنک‌سازی سیستم توسط آب صورت می‌گیرد.

در سال ۲۰۱۸، این شرکت یک مدل آزمایشی از پیشرانه تمام الکتریکی خود را به نمایش گذاشت. این پیشرانه که بر روی یکی اتوبوس‌های شرکت Solaris Urbino نصب شده است، دارای یک موتور آهنربا دائم قطب برجسته[1] ۲۶۰ کیلوواتی است که توانایی تولید ۲۲۵۰ نیوتن متر گشتاور را دارد. خنک‌سازی این موتور و سیستم محرکه آن از طریق آب است. طراحی فشرده این سیستم محرکه نه‌تنها باعث کاهش وزن آن شده است، بلکه تولید نویز و نیاز به تعمیر و بازرسی از آن را نیز کاهش داده است. میزان پیمایش اتوبوس آزمایشی بیش از ۲۰۰ کیلومتر با یک شارژ گزارش شده است. باتری استفاده‌شده از نوع لیتیم-فسفات آهن ($LiFePO_4$) است اما سیستم محرکه به‌گونه‌ای طراحی شده است که تقریباً با تمامی انواع باتری‌های رایج سازگار است [۳۰].

[1] IPM

۲ ۳ ۸ جمع بندی

در جدول ۲-۷ یک جمع بندی از شرکت‌های تولید کننده پیشرانه هیبریدی که پیش‌تر مورد بررسی قرار گرفت، ارائه شده است.

جدول ۲-۷- جمع بندی از شرکت‌های تولید کننده پیشرانه هیبریدی

شرکت تولیدکننده	نام سیستم پیشرانه	نوع هیبرید	کشور تولید کننده
BAE	HybriDrive	سری	آمریکا
Allison	H 40 EP , H 50 EP	سری- موازی	آمریکا
ISE	ThunderVolt	سری	آمریکا
Siemens	ELFA	سری	آلمان
Eaton	EHPS	موازی	آمریکا
Volvo	I-SAM	موازی	کانادا
Voith	DIWAhybrid	موازی	آلمان

۲ ۴ بررسی اتوبوس‌های دارای پیشرانه‌های نوین

ذیلا در جدول ۲-۸ به تعدادی از اتوبوس‌های هیبرید الکتریکی تولید شده توسط شرکت‌های سازنده تجهیزات اصلی سازنده اتوبوس (OEM)، اشاره شده است. برخی از این مدل‌ها همچنان تولید می‌شوند و تولید برخی به دلایل مختلف متوقف شده است.

جدول ۲-۸- معرفی تعدادی از اتوبوس‌های دارای پیشرانه نوین

شرکت سازنده	مدل	توضیحات پیشرانه
Alexander Dennis	Enviro 200H/ 350H	سری
	Enviro400EV	تمام الکتریکی
	Enviro500H	موازی
Mercedes-Benz	Citaro G BlueTec Hybrid	سری
Gillig	Gillig Low Floor	سری/ موازی
Hyundai motors	Aero City	*
Isuzu	Isuzu Cubic	*

MAN	Lion's City	سری
Mitsubishi Fuso	Aero Star	*
Nissan Diesel	UA	*
Nova Bus	LF Series	موازی
Optare	Solo	*
	Versa	*
Scania	Citywide LE	موازی
	OmniLink	سری
Solaris	Urbino 8,9 LE electric	تمام الکتریکی
	Urbino 12 Hybrid	موازی
	Urbino 18 Hybrid	موازی
Orion	VII	سری
Volvo	7700	موازی
	7900	موازی
	B5RLE Hybrid	موازی
	7900 Electric	تمام الکتریکی
	7900 PHEV	هیبرید قابل شارژ از شبکه
Wrightbus	New Routemaster	سری
	Wright Electrocity	سری
	Wright Gemini 2	سری
New Flyer	Xcelsior	سری/ موازی
	Xcelsior charge	تمام الکتریکی
BYD	K9	تمام الکتریکی

*** گزارش دقیقی وجود ندارد.**

تنها تعداد محدودی تأمین‌کننده خودرو وجود دارد که سیستم‌های پیشرانه هیبریدی یا تمام الکتریکی را برای و سایل نقلیه تجاری مانند اتوبوس‌های درون و برون شهری تولید می‌کنند. در ادامه به برر سی رابطه تامین کنندگان پیشرانه برای OEMهای اروپایی سازنده اتوبوس الکتریکی و هیبریدی پرداخته شده است. به دلیل سابقه مهندسی دیرینه که در آلمان وجود دارد، شـرکت‌هایی از این کشـور مانند ZF، Bosch، Heinzmann، Voith و Vossloh Kiepe در این زمینه فعالیت می‌کنند. شرکت غیر آلمانی BAE یکی از معدود شرکت‌های غیر آلمانی فعال در این حوزه است. بسیاری از OEMها، سیستم‌های پیشرانه خود را از این شرکت‌های ذکرشده خریداری می‌کنند. شرکت Volvo تنها OEMی اســت که پیشــرانه‌های اتوبوس‌هایش را خود طراحی و تولید می‌کند. جدول ۲-۹ رابطه تأمین‌کنندگان سیستم‌های پیشرانه هیبریدی برای برخی OEMها را در سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد. به خاطر افزایش روزافزون محدودیت‌ها در رابطه با آلاینده CO_2، انتظار می‌رود روزبه‌روز بســیاری از OEMها و تأمین‌کنندگان آن‌ها،

از پیشـــرانه‌های رایج دیزلی به ســـمت پیشـــرانه‌های نوین حرکت کنند [۳۱]. در ادامه این بخش، برخی از مدل‌های اتوبوس به طور مشروح‌ترمورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول ۲-۹- رابطه تامین کنندگان سیستم‌های پیشرانه هیبریدی برای برخی OEMها (سال ۲۰۱۲)

VDL	Iveco	Wright Bus	Optare	ADL	Solaris	Van Hool	Daimler	MAN	
	✔			✔					**BAE**
		✔	✔					✔	**Siemens**
					✔	✔			**Voith**
✔					✔				**Vossloh**
✔						✔	✔		**ZF**

۲ ۴ ۱ اتوبوس Xcelsior

این مدل از اتوبوس شرکت New Flyer از سال ۲۰۰۸ عرضه شده است. علاوه بر تنوع در طول اتوبوس، ازنظر قوای محرکه نیز دارای تنوع وسیعی است که شامل موتورهای احتراقی سنتی دیزل و CNG و پیشرانه‌های مدرن هیبرید دیزل-الکتریک، پیل سوختی هیدروژنی و پیشرانه برقی کامل (باتری) می‌گردد.

جدول ۲-۱۰- مشخصات اتوبوس Xcelsior

طول	۱۰ متر	۱۲متر	۱۸ متر
پیشرانه: هیبرید **گزینه‌های موتور احتراقی:** دیزل CNG	. . Allison hybrid drive; BAE HybriDrive . . Cummins ISL 280 ISL-G 280 in 2018 switching to ISL-G NZ 280		
ظرفیت	ایستاده: ۳۳	ایستاده: ۴۳	ایستاده: ۶۲

	نشسته: ۳۲	نشسته: ۴۰	نشسته: ۶۱
وزن	۰	۰	۰
دیزلی	۰	۰	۰
هیبرید الکتریکی	11,113kg	11,793kg	17,690kg
CNG	12,247kg	12,927kg	19,051kg
	12,247kg	12,927kg	19,051kg

۲ ۴ ۲ اتوبوس Xcelsior *charge*

این مدل از اتوبوس‌های شرکت New Flyer زیرمجموعه نوع Xcelsior است که یک اتوبوس تمام برقی است. شارژر سریع قرارگرفته در ایستگاه‌های شارژ در مسیر اتوبوس، این امکان را فراهم می‌سازند که اتوبوس امکان سرویس دادن در طی ۲۴ ساعت را داشته باشد. برای شارژ، اتوبوس در ایستگاه قرارگرفته و مطابق شکل ۲-۵۳ اتصال شارژر با درگاه شارژ اتوبوس برقرار می‌گردد. شش دقیقه شارژ سریع با یک شارژر ۳۰۰ کیلوواتی برای تقریباً ۱ ساعت عملکرد اتوبوس کافی است.



شکل ۲-۵۳- نحوه شارژ سقفی اتوبوس تمام الکتریکی Xcelsior *charge*

اگر امکان استفاده از ایستگاه‌های شارژ (به دلیل فراهم نبودن زیرساخت‌ها و ...) فراهم نباشد این اتوبوس قادر است با یک‌بار شارژ کامل باتری‌ها، مسافت ۴۱۸ کیلومتر را بپیماید (بر اساس پروتکل آزمون Altoona و در حالت سیستم تهویه خاموش). همچنین امکان شارژ به روش Plug-In هم به‌عنوان گزینه دیگر وجود دارد که امکان شارژ شبانه و میان-روز را فراهم می‌سازد. شارژ کامل از این طریق، به مدت ۳/۹ ساعت برای شارژ ۴۹۲ کیلووات ساعتی به طول می‌انجامد.

در مدل اولیه معرفی‌شده توسط شرکت New Flyer (یعنی مدل XE40)، از یک موتور آهنربا دائم ساخت شرکت زیمنس به‌عنوان موتور کششی (محرکه) استفاده شد. از اکتبر ۲۰۱۷، خط تولید این سری از زیرمجموعه‌های مدل Xcelsior این شرکت راه اندازی شد. در مدل مذکور، از پیشرانه زیمنس (ELFA2) استفاده شده است و تنوع وسیعی برای ظرفیت باتری، بسته به‌سرعت شارژ و میزان پیمایش موردنیاز وجود دارد. موتورهای الکتریکی مورداستفاده در مدل XE40 دارای توان ۱۶۰ کیلووات یا ۲۱۰ کیلووات هستند. باتری‌ها توسط شرکت XALT Energy یا A123 Systems تأمین می‌شوند.

مدل XE60 این شرکت از دو موتور الکتریکی نصب‌شده در چرخ[1] استفاده می‌کند که توان هر یک ۱۲۰ کیلووات دائم و ۲۵۰ کیلووات حداکثر است. موتورها از نوع القایی سه فاز هستند که با یک لینک DC ۶۵۰ ولتی و جریان ورودی ۲۵۰ آمپر دائم و ۳۴۰ آمپر حداکثر، کار می‌کنند. ضمناً موتورها دارای یک گیربکس یک سرعته برای کاهش سرعت با نسبت ۱: ۲۲/۶۶ هستند. شکل ۲-۵۴ تصویر این اتوبوس را نشان می‌دهد. ظرفیت این اتوبوس ۸۲ نفر (۴۰ نفر نشسته و ۴۲ نفر ایستاده) است. برخی از مشخصات مهم این اتوبوس در جدول ۲-۱۱ بیان‌شده‌اند. ضمناً طرحواره جانمایی اجزای مختلف این اتوبوس در شکل ۲-۵۵ نشان داده شده است.



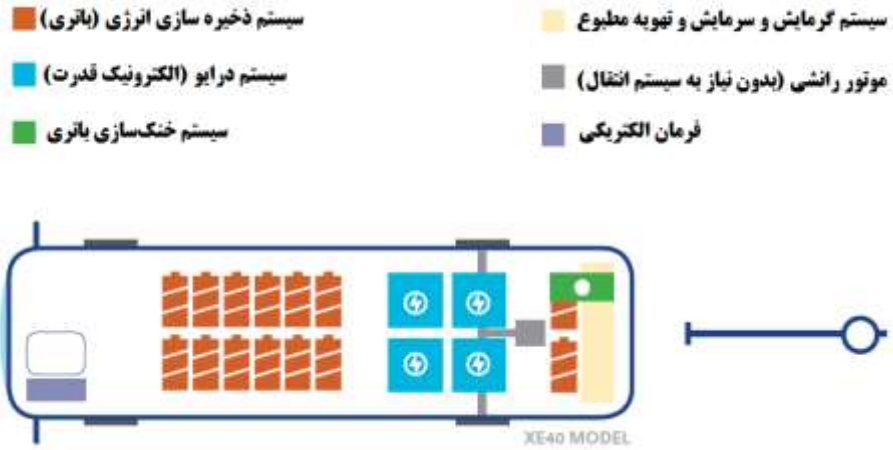
شکل ۲-۵۴- تصویر اتوبوس تمام الکتریکی Xcelsior *charge*

جدول ۲-۱۱- برخی از مشخصات مهم اتوبوس تمام الکتریکی Xcelsior *charge*

سیستم محرکه	زیمنس ELFA 2
توان موتور (مدل XE40)	دائم: 160kW لحظه‌ای: 210kW
توان موتورها (مدل XE60)	دائم: 120kW لحظه‌ای: 250kW

[1] In-wheel

ولتاژ لینک DC	650 V
شارژ سریع (مدل XE40)	100kWh 150kWh 200kWh
شارژ سریع (مدل XE60)	250kWh
شارژ کامل (پیمایش زیاد) مدل XE40	280kWh 454kWh
شارژ کامل (پیمایش زیاد) مدل XE60	640kWh 818kWh
نسبت گیربکس	22.66:1



شکل ۲-۵۵- طرح‌واره جانمایی اجزای مختلف اتوبوس تمام الکتریکی Xcelsior *charge*

۲ ۴ ۳ اتوبوس Orion VII

مشخصات این مدل از اتوبوس‌های شرکت Orion در جدول ۲-۱۲ به صورت خلاصه بیان شده است. ضمناً تصویر یکی از این اتوبوس‌ها در شکل ۲-۵۶ نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۲- مشخصات اتوبوس مدل Orion VII

نوع هیبرید: سری

موتور احتراقی	مدل Cummins ISB, ULSD توان ۱۹۴کیلووات (۲۶۰ اسب بخار) حجم موتور ۵/۹ لیتری
پیشرانه هیبریدی	BAE Systems HybriDrive
موتور الکتریکی	القایی توان دائمی ۱۸۶ کیلووات؛ توان حداکثر ۲۳۸ کیلووات
ذخیره‌ساز انرژی	باتری لیتیم یون



شکل ۲-۵۶- تصویر اتوبوس Orion VII

۲ ۴ ۴ اتوبوس Lion's City

این محصول شرکت MAN یک اتوبوس هیبریدی از نوع سری است. شکل ۲-۵۷ جانمایی بخش‌های مهم پیشرانه این اتوبوس را نشان می‌دهد. این بخش‌ها، بر اساس شماره آن‌ها در جدول ۲-۱۳ شرح داده شده‌اند. ضمناً تصویر یکی از این اتوبوس‌ها نیز در شکل ۲-۵۸ نشان داده شده است.



شکل ۲-۵۷- جانمایی بخش‌های مختلف پیشرانه بکار رفته در اتوبوس هیبرید سری Lion's City



شکل ۲-۵۸- تصویر در اتوبوس هیبرید سری Lion's City شرکت MAN

جدول ۲-۱۳- شرح بخش‌های مختلف پیشرانه بکار رفته در اتوبوس هیبرید سری Lion's City

شماره در شکل	اجزاء	توضیحات
۱	ذخیره‌ساز انرژی (ابر خازن)	۶ ماژول ابرخازن خنک‌سازی شده توسط هوا حداکثر توان شارژ و تخلیه: ۲۰۰ کیلووات میزان انرژی: تقریباً ۰/۵ کیلووات ساعت ولتاژ ۴۰۰ تا ۷۵۰ ولت
۲	بخش الکترونیک قدرت	ماژول اینورتر IGBT
۳	ژنراتور	ژنراتور سرعت‌بالا، سنکرون آهنربا دائم توان خروجی ۱۵۰ کیلووات
۴	موتور دیزلی	نوع : MAN D0836 LOH CR آرایش ۶ سیلندر خطی ظرفیت (حجم موتور) ۶/۹ لیتر توان خروجی ۱۸۴کیلووات (۲۵۰ اسب بخار) در ۲۳۰۰ دور در دقیقه گشتاور ۱۰۵۰ نیوتن متر در ۱۲۰۰ تا ۱۷۵۰ دور در دقیقه دارای دو توربو شارژر استاندارد آلایندگی Euro 6
۵	موتورهای الکتریکی (محرکه)	دو موتور آسنکرون (القائی) موازی توان خروجی هر موتور ۷۵ کیلووات کوپل شده توسط یک گیربکس تجمیعی

۲ ۴ ۵ اتوبوس Citaro G BlueTec Hybrid

این مدل از محصولات شرکت مرسدس بنز آلمان، یک اتوبوس هیبرید الکتریکی نوع سری است. مشخصات فنی این اتوبوس در جدول ۲-۱۴ بیان شده است. در هنگام نزدیک شدن به ایستگاه، در حالت توقف و یا در زمان شتاب گیری از حالت توقف، Citaro G می‌تواند به‌صورت برقی کامل عمل کند. هدف‌گذاری برای طراحی این اتوبوس به‌گونه‌ای بوده که بتواند تقریباً نیمی از مسیر پیمایش درون‌شهری خود را به‌صورت الکتریکی کامل طی کند (با موتور احتراقی خاموش)[۳۲].

از سال ۲۰۱۵، یک اتوبوس Citaro به‌صورت آزمایشی در خطوط حمل‌ونقل شهر آخن آلمان قرارگرفته که به‌طور کامل با باتری کار می‌کند (برقی خالص). این نمونه آزمایشی، در سال ۲۰۱۴ با برداشتن موتور احتراقی دیزلی از اتوبوس هیبریدی Citaro G تولید شد. به جای اجزای دیزلی حذف شده، باتری با ظرفیت ۲۴۳ کیلووات ساعت در اتوبوس نصب شده است. ضمناً اتوبوس داری ۲ موتور الکتریکی درون چرخی با توان حداکثر (لحظه‌ای) ۱۲۵ کیلووات برای هر موتور است. میزان پیمایش با یک شارژ آن ۱۵۰ کیلومتر است [۳۳]. شکل ۲-۵۹ ، تصویر این نوع از اتوبوس مرسدس بنز را نشان می‌دهد.

در حال حاضر مرسدس بنز در حال آزمایش یک نمونه آزمایشی Citaro تمام برقی است. این نمونه دارای بسته باتری قابل تعویض است و از همان نوع موتورهای الکتریکی استفاده می‌کند که در Citaro G استفاده شده است (۸۰ کیلوواتی درون چرخی)[۳۴].



شکل ۲-۵۹- تصویر اتوبوس هیبریدی Citaro G BlueTec

جدول ۲-۱۴- مشخصات فنی اتوبوس هیبریدی Citaro G BlueTec

نوع هیبرید: سری	
اجزاء	**توضیحات**
موتور احتراقی	وزن ۴۵۰ کیلوگرم ۴ سیلندر حجم موتور ۴/۸ لیتر توان ۱۶۰ کیلووات (۲۱۸ اسب بخار) در دور موتور ۳۲۰۰ دور در دقیقه حداکثر گشتاور ۸۱۰ نیوتن متر در ۱۶۰۰ دور در دقیقه
باتری	محل نصب: سقف اتوبوس نوع: لیتیم یون ظرفیت: ۱۹/۴ کیلووات ساعت
موتور	۴ موتور الکتریکی نصب‌شده درون چرخ‌ها توان هر موتور ۸۰ کیلووات (دائمی)
ژنراتور	توان ۱۶۰ کیلووات

۲ ۴ ۶ اتوبوس Urbino 18 Hybrid

تولید این نوع از محصول شرکت اتوبوس‌سازی Solaris لهستان، از سال ۲۰۰۶ آغاز شد. در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ اتوبوس‌های هیبرید الکتریکی این شرکت با پیشرانه‌های شرکت Allison و Voith تولید و به بازار عرضه شدند. در جدول ۲-۱۵ به بررسی Solaris Urbino 18 DIWAhybrid (Voith) پرداخته شده است. ضمناً تصویر یکی از این اتوبوس‌ها نیز در شکل ۲-۶۰ نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۵- مشخصات فنی اتوبوس هیبریدی Urbino 18

نوع هیبرید: موازی	
موتور احتراقی	مدل Cummins ISB6.7 250H توان ۱۸۱کیلووات (۲۴۲ اسب بخار) حجم موتور ۶/۷ لیتری
پیشرانه هیبریدی	Voith DIWAhybrid
موتور الکتریکی	۸۵ کیلووات (پیوسته) و ۱۵۰ کیلووات (حداکثر توان)
درصد هیبریداسیون	٪۴۵
ذخیره‌ساز انرژی	۵ ماژول ابر خازن ۱۲۵ ولت وزن ۴۱۰ کیلوگرم



شکل ۲-۶۰- تصویر اتوبوس هیبریدی Urbino 18

۲ ۴ ۷ اتوبوس Volvo 7700 و Volvo 7900

این دو محصول شرکت Volvo، دو اتوبوس هیبرید نوع موازی هستند. مدل Volvo 7900 که از سال ۲۰۱۱ تاکنون در حال تولید است، همچنان درحال‌توسعه و به‌روزرسانی می‌باشد. در هر دوی این مدل‌ها از پیشرانه هیبریدی شرکت Volvo با نام I-SAM استفاده شده است. مشخصات این دو محصول در جدول ۲-۱۶ بیان شده است.

جدول ۲-۱۶- مشخصات فنی اتوبوس‌های هیبریدی شرکت Volvo

نوع هیبرید: موازی		
	Volvo 7700	**Volvo 7900**

موتور احتراقی	New Volvo D5E حجم موتور ۵ لیتر توان نامی ۱۵۵ کیلووات (۲۱۰ اسب بخار)	Volvo D5K ۴ سیلندر با حجم ۵ لیتر توان نامی ۱۷۹ کیلووات (۲۴۰ اسب بخار)
پیشرانه هیبریدی	I-SAM	I-SAM
موتور الکتریکی	سنکرون آهنربا دائم توان دائمی ۶۷ کیلووات- توان حداکثر ۱۲۰ کیلووات	سنکرون آهنربا دائم ۶۰۰ ولت توان دائمی ۷۰ کیلووات- توان حداکثر ۱۲۰ کیلووات
درصد هیبریداسیون	٪۴۳	٪۴۰
ذخیره‌ساز انرژی	باتری نیکل متال هیدرید	لیتیم یون ۶۰۰ ولت ظرفیت ۸/۴ کیلووات ساعت

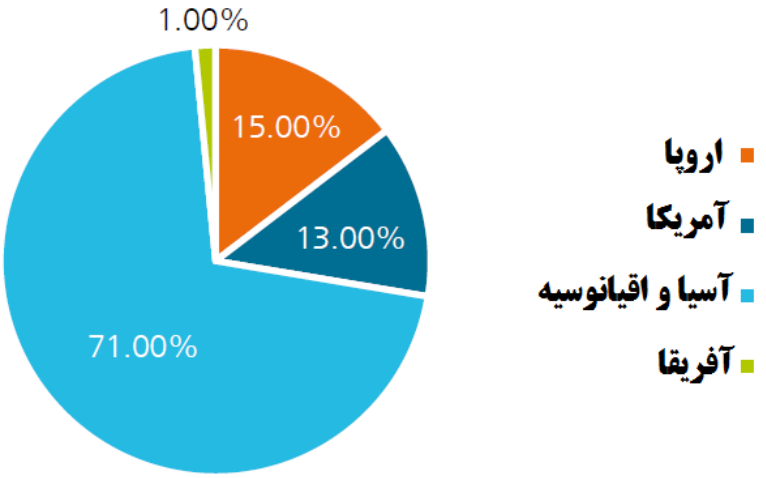
ضمناً، شرکت Volvo در سپتامبر ۲۰۱۴ نسخه هیبرید الکتریکی قابل شارژ از طریق شبکه[1] مدل ۷۹۰۰ را معرفی نمود. چند نمونه اولیه در گوتنبرگ و هامبورگ، لوکزامبورگ و استکهلم مورد آزمایش قرار گرفتند. پیشرانه این اتوبوس شامل یک موتور الکتریکی ۱۵۰ کیلوواتی است که می‌تواند حداکثر ۱۲۰۰ نیوتن متر گشتاور تولید کند. موتور احتراقی از نوع دیزلی ۴ سیلندر خطی ۲۴۰ اسب بخاری (۱۸۰ کیلوواتی) است. در بخش ذخیره ساز انرژی، این اتوبوس دارای باتری لیتیوم-یونی ۱۹ کیلووات ساعتی مجهز به سیستم خنک/ گرم‌کننده است. این ظریفت برای پیمایش مسیر ۱۰ کیلومتری به‌طور تمام الکتریکی کافی می‌باشد. این مسیر حدوداً به‌طور متوسط ۷۰٪ فاصله بین ایستگاه‌های شارژ را شامل می‌شود. ضمناً شرکت Volvo یک سیستم شارژ سریع سقفی تولید نموده که قابلیت شارژ کامل باتری ۱۹کیلووات ساعتی را در زمان ۶ دقیقه دارد. سیستم شارژ بین راهی توانایی فراهم کردن شارژ در ولتاژ ۷۵۰ ولت و جریان ۴۰۰ آمپر را دارا است. هرچند باتری این اتوبوس تنها توانایی جذب نیمی از این توان را دارد (بدان معنی که علیرغم اینکه سیستم شارژ بین راهی مذکور، توانایی تامین ولتاژ ۷۵۰ ولت و جریان ۴۰۰ آمپر را دارد (تقریبا ۳۰۰ کیلووات)، اما این باتری به دلیل محدودیتهای حرارتی نمی‌تواند با نرخی بیش از نیمی از این توان، شارژ شود).

برای این نوع اتوبوس، مشکل حداکثر پیمایش وجود ندارد چراکه قادر است به صورت تمام هیبریدی عمل کند. ضمناً یکی از مزایای مهم اتوبوس‌های هیبریدی قابل شارژ از طریق شبکه، کاهش سطح آلودگی صوتی آن‌ها است [۳۵].

[1] Plug-In

۲٫۵ تامین کننده‌های تجهیزات مرتبط با اتوبوس دارای پیشرانه نوین

بازار اروپا یکی از مناطق پیشرو در نوآوری در بخش اتوبوس است. بااین‌حال، با توجه به خروجی کلی در هر منطقه، آسیا به‌مراتب بزرگ‌ترین تولیدکننده است، زیرا بیش از دوسوم از تولیدات جهانی اتوبوس‌ها (شامل اتوبوس‌های نوین و معمولی) را به خود اختصاص داده است. سلطه آسیا عمدتاً به علت افزایش تولید OEM[1] های چینی است. در مقابل، قاره اروپا، مشابه آمریکا، حدود یک‌چهارم از کل تولید سراسر جهان را به خود اختصاص داده است (نمودار شکل ۲-۶۱) [۳۱].



شکل ۲-۶۱- سهم هر قاره از بازار اتوبوس (۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳)

در این بخش، یک بررسی کوتاه در مورد بازار اروپا برای اتوبوس های دیزلی، هیبرید الکتریکی و همچنین الکتریکی خالص ارائه می‌گردد که شامل بازار فعلی، زنجیره ارزش، نقش آفرینان کلیدی و پیشرفت‌های تکنولوژیکی خواهد بود.

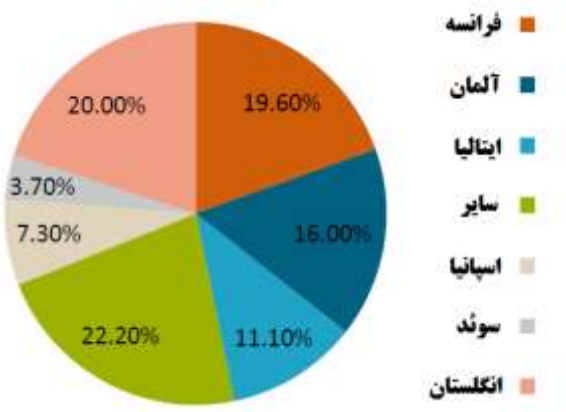
۲٫۵٫۱ وضعیت کنونی بازار

ثبت اتوبوس‌ها در اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۸ پس از افزایش پیوسته تولید در سال‌های ماقبل، به ۴۱۹۹۷ دستگاه رسید. از آن به بعد، بازار اتوبوس در اتحادیه اروپا از رکود قابل‌توجهی در تقاضا رنج می‌برد. با توجه به بحران منطقه یورو پس از بحران مالی سال ۲۰۰۹، دولت‌های اروپایی تعدادی بسته‌های محرک ایجاد کردند. این بسته‌ها، در کاهش روند نزولی تولید سالیانه OEMها تا حدودی مؤثر بود به‌طوری‌که این کاهش در سال ۲۰۰۹ به ۱۰٪ و در سال ۲۰۱۰ به ۱۸٪ میزان پیک تولید سال ۲۰۰۸ رسید. بااین‌وجود، پس‌ازآنکه بیشتر بسته‌های محرک منقضی شدند، ثبت اتوبوس‌های جدید در سال ۲۰۱۲ به ۳۰۱۸۱ واحد کاهش یافت (کاهش ۲۴/۴٪ نسبت به پیک ۲۰۰۸). باوجود افزایش فروش اتوبوس‌ها در سال ۲۰۱۳، همچنان فاصله زیادی با مقادیر قبل از سال ۲۰۰۹ وجود دارد.

[1] Original equipment manufacturer

دوسوم از کل ثبت سفارش اتوبوس‌ها در اروپا، توسط چهار اقتصاد بزرگ این قاره یعنی آلمان، فرانسه، انگلستان و ایتالیا صورت گرفته است. هزینه کردهای این چهار کشور در زمینه حمل‌ونقل عمومی، بیشترین تأثیر را در فروش اتوبوس‌ها در اروپا می‌گذارد. به‌عنوان‌مثال در سال ۲۰۰۹ رکود قابل‌توجهی که در سفارش‌های ایتالیایی رخ داد، تأثیر زیادی بر کاهش ثبت در اروپا داشته است. نمودار شکل ۲-۶۲، سهم کشورهای مختلف را در ثبت سفارش اتوبوس جدید (دارای پیشرانه نوین یا معمولی) در قاره اروپا نشان می‌دهد.

بازار اتوبوس اروپا (بدون روسیه) اشباع شده است و انتظار می‌رود تعداد ثبت سفارش در طولانی‌مدت، بین ۲۳۰۰۰ تا ۲۷۰۰۰ دستگاه در سال باشد. در این طیف، اتوبوس‌های شهری دارای سهم ۴۰٪ و اتوبوس‌های اتوبوس بین‌شهری سهم ۶۰ درصدی را به خود اختصاص می‌دهند. میزان فروش، عموماً بر اساس سیکل‌های بازار عمومی نوسان خواهد کرد. در حال حاضر اتوبوس‌های جدید تنها برای جایگزینی موارد قبلی که از سرویس خارج شده‌اند، به کار گرفته می‌شوند. بزرگ‌ترین مشتریان شرکت‌های تولیدکننده اتوبوس، شهرداری‌ها و آژانس‌های حمل‌ونقل عمومی هستند. در حال حاضر آن‌ها تمایل دارند به دلیل محدودیت‌های مالی، طول عمر مفید ناوگان خود را افزایش دهند. بااین‌وجود، پیش‌بینی می‌شود که تحرکات و قوانین رگلاتوری جدیدی در راه باشد چراکه آخرین برنامه‌های دولتی در اروپا، با هدف‌گذاری گسترش وسیع‌تر حمل‌ونقل الکتریکی صورت گرفته است.

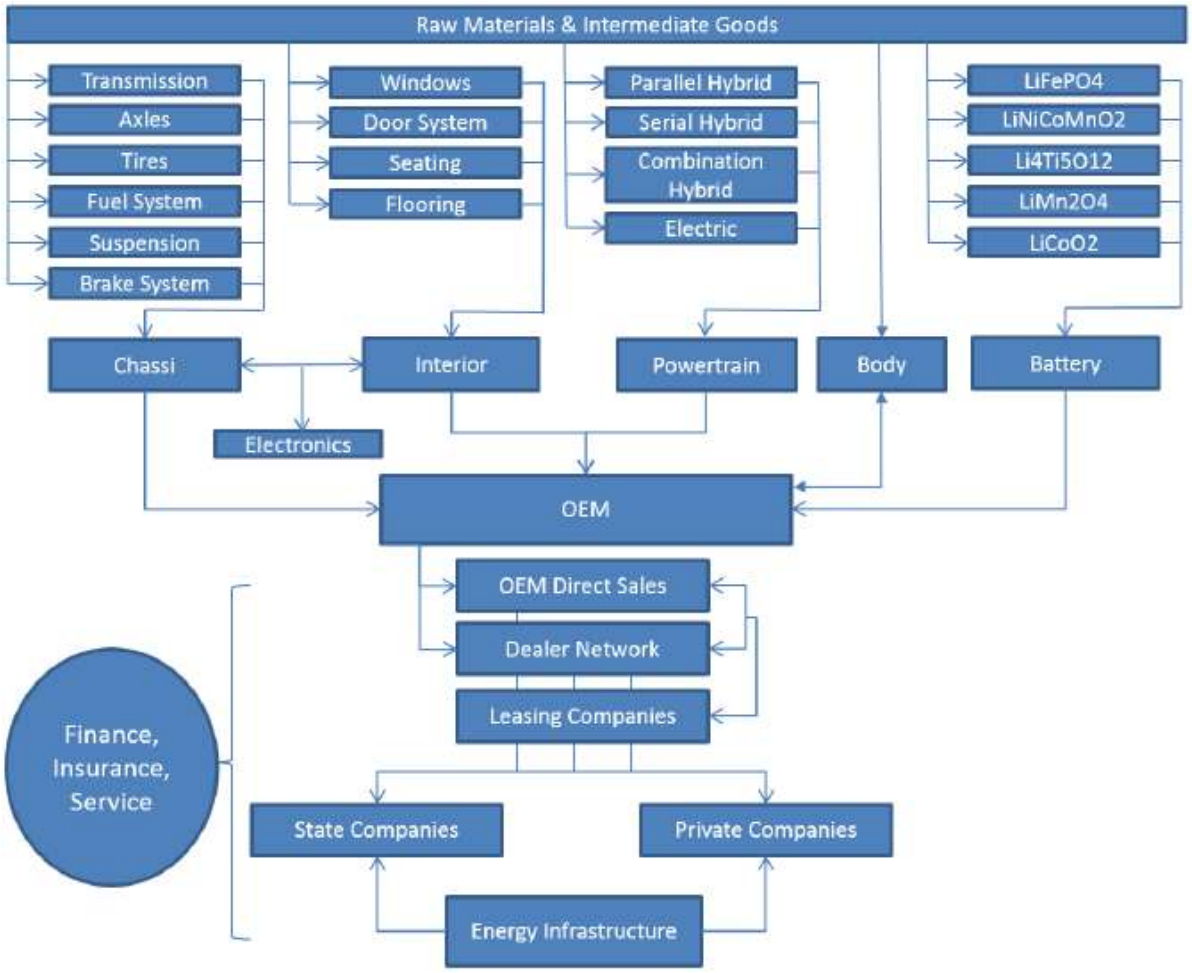


شکل ۲-۶۲- سهم کشورهای مختلف اروپایی در ثبت اتوبوس جدید در این قاره

۲ ۵ ۲ نقش آفرینان کلیدی

اروپا، یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان متنوع تجهیزات و لوازم با فنّاوری‌های نوین است چراکه صنایع خودرو و صنایع الکترونیکی نقش مهمی در کشورهایی مانند آلمان، فرانسه و دیگر کشورهای اروپایی ایفا می‌کنند. بازار پیش رو برای اتوبوس‌های دارای پیشرانه نوین مانند هیبریدی و تمام الکتریکی، فرصتی برای همکاری متقابل صنایع و

OEMهای مختلف در توسعه موتورها، باتری‌ها و سایر فناوری‌های مرتبط است. این امر نویدبخش رونق بیشتر بازار اتوبوس در این منطقه است. در این زیرفصل، خلاصه‌ای کوتاه از انواع مختلف صنایع و نقش‌آفرینان اصلی آن‌ها که در زنجیره ارزش اتوبوس‌های با پیشرانه نوین سهیم هستند، ارائه می‌گردد. این زنجیره به‌صورت طرح‌واره در شکل ۲-۶۳ نشان داده شده است.



شکل ۲-۶۳- زنجیره ارزش اتوبوس‌های دارای پیشرانه نوین

۲ ۵ ۳ تولیدکنندگان اصلی اتوبوس (OEM[1]ها)

تعداد زیادی OEM در زمینه اتوبوس‌های شهری و بین‌شهری در اروپا وجود دارد. به‌طورکلی، می‌توان آن‌ها را به دو دسته تقسیم‌بندی نمود؛ دسته اول متشکل از تولیدکنندگان بزرگ (با توجه به حجم تولید سالانه) مانند ولوو[2]،

[1] Original equipment manufacturers

[2] Volvo

اسکانیا[۱]، مان[۲]، ایویکو[۳] و دایملر[۴] است. این دسته از OEMها، همگی جزء شرکت‌های چندملیتی هستند که در حوزه‌های مختلف تولید اتوبوس فعالیت می‌کنند. این دسته از OEMها (بر اساس اطلاعات سال ۲۰۱۶) با سرعت کندتر و به‌صورت محافظه‌کارانه‌تر به سمت تولید اتوبوس‌های تمام الکتریکی بر پایه باتری حرکت می‌کنند. اما پیشرانه‌های نوین دیگری ازجمله هیبرید الکتریکی و پیشرانه‌های بر پایه پیل سوختی را با موفقیت به مرحله تجاری رسانده‌اند. این شرکت‌ها اگرچه به علت منابع مالی سرشار، توانایی سرمایه‌گذاری‌های بزرگ در تولید تکنولوژی پیشرانه‌های نوین و گسترش آن به بازارهای خارج از اروپا را دارا هستند اما به دلیل تحت‌فشار بودن از سوی علایق سهامداران و سیاست‌های کلان شرکت، قادر به تنوع‌بخشی گسترده در سیستم‌های پیشرانه به‌اندازه OEMهای دسته دوم نیستند.

دسته دوم OEMها، معمولاً شرکت‌های با مالکیت خانوادگی[۵] بوده که بسیار کوچک‌تر و محدودتر در زمینه نمونه کارهای خود هستند. از این جمله شرکت‌ها می‌توان به Van Hool، Solaris، Optare و Cobus Industries اشاره نمود. برخلاف دسته اول، این دسته از شرکت‌ها توانسته‌اند با شتاب بیشتری نمونه‌های عملی از اتوبوس‌های تمام الکتریکی را در کنار اتوبوس‌های هیبرید الکتریکی تولید نمایند. انگلستان امروزه با ۷۸٪، بزرگ‌ترین مشتری اتوبوس‌های تمام برقی اروپا است. بنابراین شرکت Optare که یک OEM انگلیسی است، اتوبوس برقی را به سبد محصولات تولیدی خود اضافه نموده‌اند.

با توجه به سهم شرکت‌ها از بازار، دایملر به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده اتوبوس‌های دیزلی شهری و بین‌شهری اروپا، سهم خود در بازار را در سال ۲۰۱۳ افزایش داده و حدوداً به یک‌سوم کل بازار رساند. به دنبال آن شرکت‌هایی ازجمله ایویکو (۱۷/۲٪)، فورد (۱۰٪)، مان (۹/۳٪) و ولوو (۶/۵٪) در رده‌های بعدی قرار دارند. فعلاً ولوو در بخش اتوبوس‌های هیبرید الکتریکی، حدود نیمی از بازار اروپا را به خود اختصاص داده است. به دنبال آن ADL[۶] (۱۷٪) و دایملر(۱۰٪) در رده‌های بعدی قرار دارند. بازار اتوبوس‌های تمام الکتریکی اروپا هنوز در گام‌های نخست خود قرار دارد.

به خاطر افزایش تقاضا و استانداردهای سخت‌گیرانه‌تر، بازار رقابت طی سال‌های اخیر دشوارتر شده و مرزها کوچک‌تر شده‌اند. به همین جهت، شرکت‌ها تولیدات خود را از کشورهای پرهزینه مانند آلمان و فرانسه و ایتالیا به کشورهایی با هزینه تولید پایین‌تر مانند ترکیه و لهستان انتقال داده‌اند.

[1] Scania
[2] Man
[3] Iveco
[4] Daimler
[5] Family-owned
[6] Alexander Dennis Limited

انتظار می‌رود که بازار اتوبوس اروپا به‌طورکلی ادغام شود. این امر به‌ویژه برای OEMهای نوع دوم ناخوشایند است، زیرا آن‌ها پشتوانه‌های حمایت مالی برای برون‌سپاری[1] تولید محصولات خود یا مقاومت در برابر کاهش موقت تقاضا را ندارند.

جدول ۲-۱۸ نشان‌دهنده OEMهای اروپا در زمینه تولید اتوبوس می‌باشد. ضمناً نوع پیشرانه‌های تولیدی هر شرکت نیز در جدول مشخص شده است.

۲ ۵ ۴ ذخیره سازهای انرژی

تجهیزات ذخیره سازی انرژی عمدتاً به دود سته باتری‌ها و ابرخازن‌ها تقسیم می شوند. هرچند ا ستفاده از چرخ تیار[2] نیز به‌عنوان ذخیره ساز انرژی مطرح ا ست اما ا ستفاده از آن در خودروها و اتوبوس‌ها رایج نمی‌با شد. ابرخازن‌ها نسبت به باتری‌ها دارای توانای ذخیره انرژی کمتری (حدود ۵٪ باتری‌ها) هستند. اما از طرفی ابرخازن‌ها سرعت شارژ بسیار بالایی دارند. این قابلیت باعث جلب توجه‌ها نسبت به آن‌ها شده به‌طوری‌که برخی تولیدکنندگان اتوبوس، مدل‌هایی را تولید کرده‌اند که تنها ذخیره‌ساز انرژی آن‌ها ابرخازن‌ها هستند [۳۶]. این علاوه بر انواع محصولات هیبریدی است که از ابرخازن‌ها استفاده می‌نمودند. سرعت بسیار بالا در شارژ شدن، این امکان را فراهم می‌سازد که اتوبوس در هر ایستگاه بتواند در زیر یک دقیقه، ذخیره‌ساز انرژی خود را شارژ کرده و مسافتی حدود ۴ تا ۵ کیلومتر را تا ایستگاه بعدی، بپیماید (سیستم شارژ بین راهی). چین، ازجمله کشورهایی است که به‌طور عملی به دنبال این فناوری است و محصولاتی را نیز تجاری نموده است. جدول ۲-۱۷ برخی شاخصه‌های مهم باتری لیتیم یونی را با یک ابر خازن نشان می‌دهد.

جدول ۲-۱۷- مقایسه باتری لیتیم یونی با ابرخازن [۳۷].

ویژگی	باتری لیتیم–یونی	ابرخازن
انرژی مخصوص (Wh/kg)	۱۰۰ - ۲۶۵	۴ - ۱۰
چگالی حجمی انرژی (Wh/L)	۲۲۰ - ۴۰۰	۴ - ۱۴
چگالی توانی (kW/Kg)	۱/۵	۳-۴۰
ولتاژ هر سلول (V)	۳/۶	۲/۷-۳
ESR (mOhm)	۵۰۰	۴۰-۳۰۰
بازدهی	۷۵-۹۰	۹۸

[1] Outsource

[2] Fly wheel

تعداد سیکل تخلیه	۵۰۰ -۱۰۰۰	۵۰۰۰۰۰ -۲۰۰۰۰۰۰۰
طول عمر مفید (سال)	۵ - ۱۰	۱۰ – ۱۵
تخلیه داخلی (٪ در ماه)	۲	۴۰ – ۵۰
دمای شارژ (^{0}C)	۰ – ۴۵	-۴۰ – ۶۵
دمای تخلیه (^{0}C)	-۲۰ – ۶۰	-۴۰-۶۵
خطر فرار حرارتی	دارد	ندارد
خطر انفجار	دارد	ندارد
شارژ یک سلول	پیچیده	ساده
شارژ سلول‌ها بطور سری	پیچیده	پیچیده
ولتاژ تخلیه	پایدار	کاهشی
هزینه (€/kWh)	۲۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰۰

۲ ۵ ۵ تولیدکنندگان باتری

بازار باتری‌ها عمدتاً توسط توسعه فناوری‌های جایگزین سوخت در بخش خودرو شخصی تعیین می‌شود. در حال حاضر باتری‌های لیتیوم-یونی (Li-ion) به‌عنوان بهترین سیستم ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی[1] برای اتوبوس‌های هیبریدی و الکتریکی در نظر گرفته می‌شوند. تولیدکنندگان اصلی باتری در آسیا، به‌ویژه ژاپن و کره واقع شده‌اند. بازار باتری لیتیوم یونی در حال حاضر تحت تأثیر پنج شرکت است که ۷۸/۵۸٪ از عرضه جهانی را تشکیل می‌دهند. شرکت پاناسونیک/سانیو ژاپن با ۴۱/۲٪ از سهم تولید جهانی، بزرگ‌ترین تولیدکننده است که به دنبال آن شرکت AESC با سهم تولید ۱۸/۴۶٪، سامسونگ با ۷/۱۳٪ و LGC کره با ۷/۱۱٪ در رده‌های بعدی قرار دارند . (با توجه به اطلاعات سال ۲۰۱۶) [۳۱]. البته در سال‌های اخیر این سهم‌ها با ورود بازیگران جدیدی مانند BYD، Exide Technologies، تسلا و ... دستخوش تغییر شده‌اند [۳۸].

شرکت LiTec از زیرمجموعه‌های گروه دایملر با سهم تولید ۴/۶۸٪ تنها تولیدکننده باتری لیتیم یونی اروپا با سهم قابل‌توجه از بازار جهانی بود. هرچند دایملر تصمیم به قطع همکاری با این شرکت گرفت. سایر شرکت‌های اروپایی که در بخش باتری مشغول فعالیت هستند عبارت‌اند از ABB (سوئیس)، Magna Steyr (اتریش)، Saft (فرانسه)، Pardo(ایتالیا). بااین‌حال، این‌ها شرکت‌های پیشرو در این حوزه نیستند، اما در بازارهای داخلی خود نقش

[1] Electrical Storage system (ESS)

مهمی ایفا می‌کنند. سایر شرکت‌های اروپایی که تحقیق و توسعه (R & D) را در این بخش انجام می‌دهند عبارت‌اند از Evonik، BASF یا Bosch از آلمان. در جدول ۲-۱۹ خلاصــه‌ای از وضــعیت تولیدکنندگان اروپایی باتری ارائه شده است [۳۱].

جدول ۲-۱۸- نمای کلی OEMهای اروپا

نام شرکت	کشور	هیبرید الکتریکی	الکتریکی کامل	ترولی	CNG
Kutsenits	اتریش	✔	✔		
Van Hool	بلژیک	✔	✔	✔	✔
Temsa Europe	بلژیک	✔			✔
VDL Bus Roselare	بلژیک	✔		✔	
Carosserie Hess AG	سوئیس	✔		✔	
SOR Libchavy	چک	✔	✔	✔	
SOR	چک		✔	✔	
COBUS INDUSTRIES GmbH	آلمان		✔		
MAN Truck & Bus AG	آلمان	✔			✔
Daimler AG	آلمان	✔			
Göppel Bus GmbH	آلمان	✔			
Vossloh Kiepe GmbH	آلمان	✔		✔	
Irizar S COOP	اسپانیا				
PVI	فرانسه		✔		
Heuliez Bus	فرانسه	✔			
Bredamenarinibus	ایتالیا		✔		✔
Solaris Bus & Coach S.A.	لهستان	✔	✔	✔	
Solbus	لهستان				✔
Aktiebolaget Volvo	سوئد	✔	✔		
Hybricon	سوئد	✔	✔		
Scania Aktioebolag	سوئد	✔			
Bozankaya	ترکیه		✔		
Otokar Otomotiv ve Savunma Sanayi A.Ş.	ترکیه				✔
Wrights Electric	انگلستان	✔	✔		
Optare	انگلستان	✔	✔		

ADL	انگلستان	✔			

جدول ۲-۱۹- نمای کلی تولیدکنندگان سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی اروپا

نام شرکت	کشور	لیتیم یون Li-ion	نیکل متال هالید NiMH	نیکل کادمیم NiCd
Magna Steyr	اتریش	✔		
Leclanché	سوئیس	✔		
Deutsche Accumotive GmbH & Co. KG	آلمان	✔		
Hoppecke	آلمان	✔		
Rockwood Lithium GmbH	آلمان	✔		
Robert Bosch GmbH	آلمان	✔		
Arts Energy	فرانسه	✔	✔	✔
Saft	فرانسه	✔		
Fiamm	ایتالیا		✔	

انتظار می‌رود که باتری‌های لیتیوم یونی در کوتاه‌مدت و میان‌مدت (حداقل در شش تا ده سال آینده و تا زمانی که جایگزین‌های مناسب به لحاظ تجاری قابل‌اجرا باشند) فناوری غالب باقی بمانند. چگالی انرژی مواد مورداستفاده فعلی می‌تواند از ۱۴۰ تا ۲۵۰ وات‌ساعت بر کیلوگرم افزایش یابد. در مورد مواد مورداستفاده در آند می‌توان گفت که گرافیت و همچنین کربن‌های غیر آهنی، در حال حاضر به‌طور گسترده‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرند. گرافیت بزرگ‌ترین سهم بازار را با توجه به مشخصات متعادلش دارا است. لیتیوم تیتانات‌ها (Lithium-titanates) در سال‌های بعد اهمیت بیش‌تری خواهند یافت چراکه زمان شارژ آن‌ها کوتاه‌تر است و قابلیت جریان دهی بالاتری دارند. به‌عنوان‌مثال، Solaris و Vossloh Kiepe شروع به استفاده از باتری‌های لیتیوم تیتانات در یک پروژه آزمایشی در Esslingen آلمان نموده‌اند. در میان‌مدت و بلندمدت، کامپوزیت‌های سیلیکون و قلع-کربن، آلیاژهای سیلیکونی و غیر سیلیکونی و لیتیم-فلز در افزایش چگالی انرژی باتری‌ها اهمیت بیش‌تری پیدا خواهند کرد.

در رابطه با مواد فعال کاتد می‌توان گفت که لازم است عملکرد ترکیب نیکل-منگنز-کبالت (NMC) بهبود یابد. این ماده در حال حاضر مهم‌ترین ماده تجاری شده برای کاتد به شمار می‌رود. این بهبود عملکرد با افزایش سهم نیکل و کاهش ۲۵ درصدی سهم کبالت و منگنز امکان‌پذیر است. این امر سبب افزایش ظرفیت مخصوص از ۱۵۰ به ۲۲۰

میلی آمپرساعت بر گرم می‌شود. همچنین در سال‌های آتی، فسفات آهنی لیتیم[1] (LFP)، اهمیت بیشتری به‌عنوان ماده مورداستفاده در کاتد پیدا خواهد کرد. علت این است که LFP تولید یون بیش‌تر و ایمنی بالاتری نسبت به اکسیدهای لایه‌ای مانند NMC دارد. فرض بر این است که محققان قادر به افزایش هدایت الکتریکی آن با کاهش اندازه ذرات LFP و همچنین استفاده از پوشش‌های کربنی هستند.

بااین‌حال، فناوری لیتیوم یونی کنونی محدود است. گام مهم بعدی، توسعه مواد جدید و همچنین سلول‌های باتری جدید خواهد بود. یک نوع سلول درحال‌توسعه و امیدوارکننده، باتری لیتیوم سولفور (li-s) است. این نوع از سلول به دلیل تراکم انرژی بالاتر، مواد ارزان‌تر و وزن کمتری که نسبت به باتری‌های لیتیوم یونی دارد، برتر است. چگالی انرژی کنونی این سلول ۳۵۰ وات‌ساعت بر کیلوگرم است اما انتظار می‌رود این عدد در آینده به ۴۰۰ تا ۶۰۰ وات‌ساعت بر کیلوگرم افزایش یابد. در این سلول، گرافیت با مقدار کوچکی از لیتیم-فلز جایگزین شده است که نقش الکترود و منبع لیتیم را دارد. همچنین اکسیدهای لایه‌ای که هم‌اکنون مورداستفاده می‌باشند، با سولفور جایگزین شده‌اند که هم ارزان‌تر و هم بهینه‌تر قادر به استفاده از لیتیم است. با این حال سلول‌های li-s نیاز به حدود ۶ تا ۱۰ سال زمان برای تجاری شدن دارند چراکه هم‌اکنون این سلول‌ها دارای مقدار سیکل شارژ پایینی (طول عمر پایین) هستند.

یکی دیگر از فناوری‌های امیدوارکننده، لیتیوم-هوا (Li-air) است که در آن اکسیدهای لیتیوم آند و اکسیدهای کاتد کاهش یافته‌اند. با توجه به ویژگی‌های امیدوارکننده‌ای که در این زمینه وجود دارد، تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است. از لحاظ تئوری، این توانایی وجود دارد که چگالی انرژی باتری بیست برابر شود. در عمل انتظار می‌رود که چگالی انرژی به حداقل ۵۰۰ وات‌ساعت بر کیلوگرم برسد. هرچند که تحقیقات در این زمینه در مراحل نخستین خود قرار دارد و به دلیل وجود برخی موانع، به‌کندی پیش رفته است.

باوجود توسعه فناوری سیستم‌های EES، بهره‌وری انرژی به‌ویژه برای اتوبوس‌های هیبریدی و تمام الکتریکی اهمیت زیادی دارد، زیرا الگوی رانندگی غیر ایستا (دینامیک) آن‌ها باتری‌ها را بیش‌تر تحت‌فشار می‌گذارد. بنابراین، سایر اجزای اتوبوس باید به طور کارآمدتری از انرژی استفاده کنند. یکی از موارد مهم توسعه فناوری، سیستم‌های ترمز بازیاب انرژی هستند که با ذخیره انرژی جنبشی در هنگام ترمز و استفاده مجدد آن در هنگام شتاب گیری، کارآمدی کل مجموعه را افزایش می‌دهند [۳۱].

۲ ۵ ۶ زیرساخت‌های شارژ

اکثر اتوبوس‌های تمام الکتریکی در اروپا هنوز در مرحله آزمایش هستند. فقط تعداد کمی از OEMهای اروپایی، راهکارهایی برای زیرساخت شارژر را توسعه داده‌اند. اکثر آن‌ها سعی می‌کنند یک راه حل مناسب برای ظرفیت پایین باتری‌های فعلی پیدا کنند. یک راه‌حل این است که روش‌های جدید شارژ توسعه داده شوند که سرمایه‌گذاری زیربنایی

[1] lithium ferrous phosphate

عمومی را ضروری می‌سازد. به‌عنوان‌مثال، شرکت‌های Arup و Mitsui، یک شرکت سرمایه‌گذاری مشترک با عنوان شرکت سرمایه‌گذار مشترک[1] MBK Arup Sustainable (MASP) تشکیل داده‌اند که در پروژه‌ای، سیستم القایی را با استفاده از کویل‌های القایی زیرزمینی، که در هر انتهای یک مسیر اتوبوس در میلتون کینز انگلستان قرار داده‌شده‌اند، آزمایش می‌کند. علاوه بر این، ABB روش شارژ سریع (Flash charging) خود را معرفی کرد که در آن اتوبوس در هر سومین یا چهارمین ایست خود در ایستگاه، یک شارژ ۱۵ثانیه‌ای از طریق سیستم شارژ سقفی (Overhead) دریافت می‌کند. در پایانه اتوبوس، باتری می‌تواند ظرف ۳ تا ۴ دقیقه به‌طور کامل شارژ شود. رویکرد دیگر استفاده از زیرساخت‌های موجود در شهرها برای شارژ است. شرکت سرمایه‌گذار مشترک Siemens و Rampini Carlo از شبکه برق موجود در تراموا برای شارژ جزئی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه‌ای باتری در پایانه استفاده می‌کند. در طول شب باتری‌ها به‌طور کامل شارژ می‌شوند. با فرض اینکه با مرور زمان و پیشرفت فناوری، وزن باتری‌ها کاهش یافته و طول عمر استفاده از باتری افزایش می‌یابند، سیستم‌های شارژی که در آن شارژرها اتوبوس را در طول شب شارژ می‌کنند، مناسب‌ترین راه‌حل خواهند بود. همچنین، متولیان ناوگان‌های اتوبوس به دلیل بیم از مواجهه با خرابکاری‌های احتمالی و اقدامات ایمنی، تمایلی به استفاده از سیستم شارژ از طریق شبکه (در طول مسیر تردد) یا فناوری شارژ سقفی (Overhead) ندارند. با توجه به قابلیت‌های فعلی سیستم‌های ذخیره کننده انرژی الکتریکی، سیستم‌های شارژ القایی مناسب‌ترین گزینه هستند، اما سرمایه‌گذاری زیربنایی لازم برای آن‌ها نسبتاً پرهزینه است. جدول ۲-۲۰ شرکت‌های توسعه‌دهنده سیستم‌های شارژ را در کشورهای مختلف اروپایی نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲۰- نمای کلی تولیدکنندگان زیرساخت‌های شارژ در اروپا

نام شرکت	کشور	القائی (بدون تماس)	با تماس (Plug-in)	بالاسری (Overhead)
ABB Ltd.	سوئیس			✔
Schunk	آلمان			✔
Brose-SEW	آلمان	✔		
Siemens	آلمان	✔	✔	✔
Schunk	آلمان			✔
Phoenix Contact	آلمان		✔	
Oprid	اسپانیا			✔
Ensto Finland Oy	فنلاند		✔	
MASP	انگلستان	✔		

[1] Joint venture

فصل ۳ بررسی چشم‌انداز و سیاست‌های کشورهای مختلف دنیا در استفاده از انواع پیشرانه در ناوگان حمل و نقل شهری

در این فصل به بررسی سیاست‌های موجود پیرامون توسعه و به‌کارگیری اتوبوس‌های دارای پیشرانه‌های نوین در ناوگان حمل‌ونقل عمومی کشورهای مختلف پرداخته شده است. هرچند عموماً کشورها سیاست‌گذاری کلی در رابطه با کاهش آلایندگی درزمینه حمل‌ونقل انجام می‌دهند و نه به‌طور خاص در رابطه با پیشرانه اتوبوس‌ها، اما در لابه‌لای سیاست‌های گسترش حمل‌ونقل پاک آن‌ها، می‌توان بخش‌هایی پیرامون اتوبوس‌ها را استخراج نمود و موردبررسی قرار داد. بعضی از این سیاست‌ها جنبه فرا منطقه‌ای دارند که از آن جمله می‌توان به عهدنامه C40[۳۹] و عهدنامه پاریس [۴۰] اشاره نمود. برخی دیگر نیز جنبه ملی دارند که می‌توان به برنامه FAME[1] کشور هندوستان اشاره نمود. در بعضی از کشورها هم شهردار شهرهای مختلف، برنامه مشخصی برای کاهش آلودگی و گسترش حمل‌ونقل سبز دارند که از آن جمله می‌توان به شهر لندن اشاره نمود. در این فصل ابتدا وضعیت کلی کشورها و پیشرفت‌های آن‌ها در به‌کارگیری اتوبوس‌های نوین بررسی شده است و در ادامه به‌طور مشخص، سیاست‌های برخی شهرها و کشورها مشروح‌تر بیان شده است.

۳ ۱ مقدمه

کشورهای مختلف از سالیان پیش کم‌وبیش، از پیشرانه‌های الکتریکی به‌عنوان جایگزینی برای پیشرانه‌های گازوئیلی و دیزلی در ناوگان اتوبوس‌رانی خود استفاده می‌کردند. ازجمله این اتوبوس‌ها می‌توان به اتوبوس‌های ترولی قدیمی که در خطوط حمل‌ونقل عمومی برخی کشورها – ازجمله ایران- فعال بودند، اشاره نمود. اما این اتوبوس‌ها مشکلاتی نیز به همراه داشتند که توسعه آن‌ها را محدود می‌نمود. نیاز به اتصال دائم به شبکه برق، مشکلات سیم‌کشی مسیر تردد اتوبوس و استفاده از موتورهای جریان مستقیم (DC) در پیشرانه این اتوبوس‌ها که نیازمند تعمیر و نگهداری زیادی است، ازجمله این مشکلات بود. لذا همواره اتوبوس‌های دیزلی و گازوئیلی، سهم غالب را در ناوگان‌های حمل‌ونقل عمومی داشته‌اند. این امر اما از زمان شدت گرفتن تلاش‌ها برای جلوگیری از افزایش گرمایش جهانی زمین و نگرانی‌های ناشی از آلودگی هوا و مضرات آن و هم‌زمان با توسعه فناوری باتری‌ها، موتورهای الکتریکی و محرکه‌های آن‌ها، روند دیگری به خود گرفت. پیشرانه‌های کم آلاینده هیبرید الکتریکی به‌عنوان گزینه‌های عملی برای جایگزینی پیشرانه‌های قدیمی و آلاینده مطرح شدند و بسیار مورد استقبال قرار گرفتند. به‌مرور با کاهش قیمت باتری و پیشرفت فناوری آن، استفاده از اتوبوس‌های تمام الکتریکی روز به روز گسترش یافته است. بسیاری از کشورها شروع به آزمایش اتوبوس‌های تمام الکتریکی در خطوط حمل‌ونقلی خود نمودند. به‌مرور کشورها با وضع قوانینی الزام‌آور، تولیدکنندگان خودرو و آژانس‌های حمل‌ونقل را ملزم به رعایت استانداردهای آلایندگی کردند تا آن‌ها را به سمت تولید و استفاده هر چه

[1] Faster Adoption and Manufacturing of Hybrid & Electric Vehicles

بیشتر از پیشرانه‌های نوین سوق دهند. این سیاست‌ها گاها با بسته‌های تشویقی شروع شده و به مرور و با گسترش استفاده از اتوبوس‌های نوین، این بسته‌ها کاهش می‌یابند و سیاست‌های اجباری و الزام آور جای آن‌ها را خواهند گرفت. در ادامه وضعیت کشورهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

۳ ۲ بررسی اجمالی سیاست‌های کشورهای جهان

در این زیرفصل، اقدامات و سیاست‌های کشورهای مختلف جهان در رابطه با گسترش استفاده از اتوبوس‌های دارای پیشرانه‌های نوین، به‌طور فشرده و اجمالی بررسی می‌گردد.

در دهه گذشته پیشرفت‌های مثبت و مداومی در فناوری اتوبوس‌های الکتریکی به وجود آمده است. این پیشرفت‌ها به‌طور عمده با پیشتازی چین و همراهی اروپا و آمریکا صورت گرفته است.

به‌کارگیری موفقیت‌آمیز نخستین اتوبوس‌های تمام الکتریکی (با ذخیره‌ساز باتری) در طول بازی‌های المپیک در پکن در سال ۲۰۰۸ و به دنبال آن راه‌اندازی یک اتوبوس تمام الکتریکی ۱۲ متری با قابلیت پیمایش ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلومتر با یک شارژ در سال ۲۰۱۰، بازار اتوبوس الکتریکی را برای تولیدکنندگان چینی گشود. تولیدکنندگان آمریکایی و اروپایی اتوبوس، به سرعت مدل‌های ساخت خود را توسعه دادند و در ابتدا تعداد یک یا دو اتوبوس از این مدل‌ها در خطوط کوچک مورد آزمایش قرار گرفتند. سپس به‌تدریج، تمام اتوبوس‌های دارای پیشرانه احتراقی آن خطوط، به نوع الکتریکی تبدیل شدند.

در سال‌های اخیر، برخی از شهرها ازجمله لندن، ناتینگهام، آیندهوون، آمستردام، پاریس و ورشو، سفارشات بزرگ‌تری درزمینه اتوبوس‌های الکتریکی ارائه داده‌اند. انتظار می‌رود که به دنبال افزایش تولید شاهد افزایش تقاضا در سایر شهرها نیز باشیم. افزایش تقاضا، این‌طور نشان می‌دهد که سایر شهرها نیز مانند شهرهای مذکور، به‌سوی اتوبوس‌های الکتریکی روی‌آورند.

درعین حال، افزایش تولید محصولات راه‌اندازی شده توسط تولیدکنندگان اتوبوس الکتریکی و ظهور تولیدکنندگان جدید، نشان‌دهنده افزایش سطح رقابت در این حوزه است. خوشبختانه اخیرا اپراتورهای حمل‌ونقل عمومی توجه بیشتری به هزینه‌های بلندمدت در مقایسه با هزینه‌های اولیه و کوتاه‌مدت دارند. این امر به لطف پشتیبانی و حمایت‌های دولت‌ها و فرصت‌های سرمایه‌گذاری مناسب محقق شده است.

انتظار می‌رود فروش جهانی اتوبوس‌های تمام الکتریکی در بازه سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۵ با نرخ ۳۳/۵٪ رشد سالانه مواجه باشد. باوجود این رشد، در انتهای سال ۲۰۲۰ تعداد ۳۳۸۵۴ دستگاه اتوبوس تمام الکتریکی به‌صورت سالانه به فروش خواهد رسید.

حجم تولید اتوبوس‌های با پیشرانه نوین از نوع تمام الکتریکی، هیبریدی قابل شارژ از شبکه و پیل سوختی، در سال ۲۰۱۶ به ۱۳۵۳۰۵ دستگاه رسید. تولیدکنندگان اصلی این نوع از اتوبوس‌ها شرکت چینی BYD، FOTON، Nanjing Golden Dragon Bus، Yinlong، Zhengzhou Yutong و Zhongtong Bus بودند.

در **اروپا** بازار اتوبوس الکتریکی به ۱۲۷۳ دستگاه در سال ۲۰۱۶ رسید (افزایش ۱۰۰ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۵). این در حالی است که این رقم برای ایالات‌متحده، ۲۰۰ دستگاه بوده است. رشد بازار در اروپا نشان‌دهنده این است که اتوبوس‌های نوین در اروپا از مرحله آزمایشی عبور کرده و در فاز تجاری سازی هستند. بر اساس پیش‌بینی‌های بازار در پروژه ZeEUS (که بررسی جهانی وضعیت اتوبوس‌های بدون آلایندگی شهری می‌پردازد)، انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰ سهم اتوبوس‌های تمام الکتریکی دارای ذخیره‌ساز باتری به ۵۰٪ برسد [۴۱].

انگلستان، هلند، فرانسه و لهستان، بازارهای اصلی اروپایی برای اتوبوس‌های الکتریکی هستند. به‌عنوان مثال اتوبوس‌رانی لندن (TfL) در ماه می ۲۰۱۵ خبر الکتریکی کردن خط ۳۱۲ خود را منتشر کرد. آزمایش‌های اولیه با استفاده از دو اتوبوس الکتریکی ساخت شرکت Optare (مدل Optare MetroCity) صورت گرفت تا مشخص گردد که آیا این فناوری می‌تواند در شرایط محیطی شهری مانند لندن مؤثر باشد یا خیر. بلافاصله بعد از دوره آزمایشی و در سال ۲۰۱۶، TfL اعلام نمود که پنج اتوبوس دوطبقه الکتریکی کامل را در خط ۹۸ که از ناحیه آلوده شهر عبور می‌کند، به کار خواهد گرفت. به‌علاوه، یک ناوگان از اتوبوس‌های تمام الکتریکی با همکاری موفق شرکت BYD (به‌عنوان تولیدکننده پیشرانه برقی برای این اتوبوس‌ها) و شرکت Alexander Dennis (به‌عنوان تأمین‌کننده بدنه و شاسی اتوبوس‌ها) ایجاد شده است. نتیجه این همکاری تولید بیش از ۵۰ دستگاه اتوبوس الکتریکی فعال در ناوگان بوده و تعدادی دیگر از این اتوبوس‌ها نیز درراه است که شامل اتوبوس‌های دوطبقه نیز می‌گردد.

به‌عنوان نمونه دیگر می‌توان به آژانس اتوبوس‌رانی RATP شهر پاریس فرانسه اشاره نمود. این آژانس اولین خط الکتریکی خود را در سال ۲۰۱۶ به بهره‌برداری رساند. هم‌اکنون نیز این شرکت در حال گسترش خطوط الکتریکی با هدف جایگزین کردن ۸۰٪ ناوگان خود (حدود ۴۰۰۰ دستگاه) با اتوبوس‌های الکتریکی تا سال ۲۰۲۵ است.

در **ایالات‌متحده امریکا**، شرکت Proterra فروش خود را در سال ۲۰۱۶ دو برابر کرد؛ بااین‌حال فروش کلی با تعداد ۳۸۰ اتوبوس الکتریکی از سال تأسیس شرکت (۲۰۰۴) تاکنون، همچنان در سطح متوسطی قرار دارد. الکتریکی سازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی به‌خصوص در ساحل غربی با افزایش تعداد آژانس‌های حمل‌ونقلی که اعلام خرید اتوبوس‌های الکتریکی جدید با هدف دستیابی به ناوگان تمام برقی در آینده نزدیک نموده‌اند، به‌سرعت در حال پیشرفت است. علاوه بر این، BYD به‌عنوان یک رقیب چینی توانسته است با دست‌یابی به موفقیت‌های نسبی، وارد بازار ایالات‌متحده شود. این شرکت در سال ۲۰۱۷ یک اتوبوس آکاردئونی ۱۸ متری تمام الکتریکی را به آژانس حمل‌ونقل AVTA در ایالت لس‌آنجلس تحویل داد. این اولین اتوبوس از ۱۳ اتوبوسی است که طبق قرارداد باید به AVTA تحویل داده شوند.

چین یکی از معدود اقتصادهای درحال‌توسعه جهان است که برای کاهش آلودگی هوا به سمت توسعه وسیع اتوبوس‌های الکتریکی حرکت کرده است. رشد بازار اتوبوس و توسعه زیر ساخت‌های شارژ از طریق سیاست‌های حمایتی مطلوبی که از سمت حاکمیت وضع می‌گردد، تقویت می‌شود. به‌عنوان‌مثال در سال ۲۰۱۶ وزارت حمل‌ونقل چین از تولیدکنندگان اتوبوس‌های نوین حمایت‌های مالیاتی و یارانه‌ای انجام داده است و به ازای فروش هر یک دستگاه اتوبوس، ۸۱۶۰۰ دلار کمک مالی پرداخت نموده است. بر اساس اعلام وزارت حمل‌ونقل چین، تعداد اتوبوس‌های الکتریکی فروخته‌شده در سال ۲۰۱۶ بیش از ۱۶۰،۰۰۰ عدد بوده است. به خاطر رشد چشمگیر صورت گرفته در بازار اتوبوس‌های نوین، دولت چین سالانه از مقدار یارانه‌های خود می‌کاهد. این روند کاهشی تا سال ۲۰۲۰ ادامه خواهد داشت. انتظار می‌رود که فروش سالانه اتوبوس‌های نوین چین تا سال ۲۰۲۰ به ۲۰۰،۰۰۰ دستگاه برسد.

شهر شنزن چین، شهر پیشرو این کشور در حوزه الکتریکی سازی ناوگان اتوبوس‌رانی است. این شهر در آستانه اتمام برقی نمودن کامل ناوگان اتوبوس‌رانی است و تا انتهای سال ۲۰۱۷ حدود ۱۶۰۰۰ اتوبوس الکتریکی در حال تردد دارد. همچنین، سیاست‌های حمایتی منطقه‌ای باعث شده است که در سال ۲۰۱۷، یارانه تعلق گرفته به زیرساخت‌های شارژ دو برابر گردند. این شهر دارای ۳۲ اپراتور شارژ، ۱۶۶ ایستگاه شارژ و ۱۸۳۲ درگاه شارژ سریع برای اتوبوس‌های الکتریکی است. پیش‌بینی می شود که تا سال ۲۰۲۰ تعداد ۸۲۴۶ درگاه شارژ سریع در این شهر وجود داشته باشد. این درگاه‌ها توانایی شارژ ۱۶۵۰۰ تا ۲۴۷۳۸ اتوبوس تمام الکتریکی را خواهند داشت. شرکت Shenzhen Bus Group یکی از سه اپراتور بزرگ اتوبوس در شهر شنزن چین است. در سال ۲۰۱۷، این شرکت توانست ناوگان اتوبوس‌رانی خود را به‌طور کامل الکتریکی نماید و در حال حاضر ۵۶۹۸ دستگاه اتوبوس تمام الکتریکی در ۳۶۴ خط خود دارد.

بر اساس پیش‌بینی‌ها و با توجه به رشد و بلوغ فناوری اتوبوس‌های نوین در چین، رشد شهرنشینی و گسترش فناوری این نوع از اتوبوس‌ها به انواع بین‌شهری و اتوبانی، انتظار می‌رود فروش اتوبوس‌های نوین در چین در سال ۲۰۲۰ از مرز ۲۵۰،۰۰۰ عبور کند.

در **سنگاپور** رگلاتور حمل‌ونقل Land Transport Authority (LTA) در سال ۲۰۱۶ پروژه‌ای را برای آزمایش سه مدل از محصولات شرکت BYD (مدل K9 که یک مدل تمام الکتریکی است) آغاز نمود [۴۱]. این پروژه توسط آژانس حمل‌ونقل Go-Ahead Singapore انجام شد که نهایتاً منجر به قراردادی بین شرکت BYD با LTA برای تحویل ۶۰ دستگاه اتوبوس تمام برقی به ارزش ۵۰ میلیون دلار شد. این اتوبوس‌ها شامل ۱۰ اتوبوس دوطبقه و ۵۰ اتوبوس معمولی می‌شوند. قبل از اتوبوس‌های تمام الکتریکی، از سال ۲۰۱۰ اتوبوس‌های هیبریدی متفاوتی نیز در آب‌وهوای مرطوب سنگاپور توسط LTA مورد آزمایش قرار گرفتند که برخی از آزمایش ها موفقیت‌آمیز نبوده است. ازجمله اتوبوس‌های هیبرید الکتریکی که مورد آزمون قرار گرفتند می‌توان به اتوبوس‌های Volvo 7900 Hybrid، Volvo B5RLE Hybrid، Volvo B5LH، Sunlong SLK6121UF14H و Zhongtong LCK6121G HEV اشاره نمود. برخی از اتوبوس‌ها ازجمله دو مورد آخر نام برده شده، دارای دوره

آزمون موفقیت‌آمیزی نبودند [۴۲]. به‌طورکلی می‌توان گفت سنگاپور هنوز در مرحله آزمودن اتوبوس‌های با پیشرانه نوین در شرایط آب و هوایی این کشور است. یکی از جدیدترین خبرها حاکی از سرمایه‌گذاری ۱۳۴میلیون دلاری LTA برای شروع یک طرح جدید برای آزمودن ناوگان اتوبوس‌های الکتریکی و هیبریدی است [۴۳].

اتوبوس‌های نوین ترولی پیمایش گسترش‌یافته (مجهز به باتری) که به اتوبوس‌های دو مودی[1] ترولی نیز شناخته می‌شوند، در شهرهای مختلف کشورهای **روسیه، بلاروس، مولداوی** و **قرقیزستان** مورد آزمایش قرارگرفته‌اند. یک نوع از اتوبوس‌ها که توانایی پیمایش بیش از ۱۵ کیلومتر به‌طور مستقل از شبکه برق را داشت در سال ۲۰۱۴ و در شهر سن‌پترزبورگ مورد آزمون قرار گرفت. از سال ۲۰۱۷ این نوع از اتوبوس در خطوط مناطق مسکونی شهر سن‌پترزبورگ به کار گرفته شده است و به‌طور هم‌زمان، آزمایش اتوبوس‌های الکتریکی در آب‌وهوای منحصربه‌فرد کشور روسیه ادامه دارد. در سال ۲۰۱۶ اپراتور حمل‌ونقل مسکو (Mosgortrans) بازه وسیعی از فناوری‌های مرتبط با اتوبوس‌های الکتریکی از تولیدکنندگان روسی، بلاروسی، چینی و فنلاندی را به‌منظور تعیین نیازمندی‌های نهایی اتوبوس‌های الکتریکی در مسکو، مورد آزمایش قرار داد. در سپتامبر ۲۰۱۷، شورای فنی توسعه حمل‌ونقل برقی مسکو، در شهر Vidnoye ملاقاتی داشتند که پیش‌نویس سند تهیه‌شده توسط Mosgortrans برای ورود اتوبوس‌های الکتریکی به مسکو را موردبحث قرار دهند. بیش از ۱۵۰ تولیدکننده، محقق و کارشناس حمل‌ونقل در مورد ویژگی‌های اتوبوس‌های الکتریکی، باتری‌ها و جنبه‌های مختلف عملیاتی سازی اتوبوس‌های الکتریکی بحث نمودند. علاوه بر این، آن‌ها الزامات خاص شهر مسکو (مرتبط با آب‌وهوای آن) و اثرگذاری آن روی بازده و عملکرد باتری‌ها را موردبررسی قراردادند. درنهایت در سال ۲۰۱۷، مناقصه‌ای برای تأمین ۳۰۰ اتوبوس الکتریکی برای مسکو برگزار شد [۴۱]. شرکت‌های روسی Kamaz و GAZ قرار است هرکدام ۱۰۰ دستگاه اتوبوس و ۶۲ نقطه شارژ سریع را برای مسکو فراهم کنند. ارزش قراردادهای منعقدشده حدود ۸۷ میلیون یورو برای هر شرکت است. فراخوان خرید ۱۰۰ اتوبوس دیگر نیز در سال ۲۰۱۹ اعلام خواهد شد. مسکو برنامه‌ریزی کرده است که در سال ۲۰۱۹، ۶۰۰ اتوبوس جدید الکتریکی داشته باشد. این تعداد حدود ۱۰٪ از اتوبوس‌های این شهر را تشکیل می‌دهند. ضمناً روسیه از سال ۲۰۲۱، خرید اتوبوس های دیزلی را متوقف خواهد نمود [۴۴]. دیگر آژانس حمل‌ونقل مسکو به نام Mostransavto خبر از آزمایش اتوبوس‌های ترولی نوین ساخت شرکت Kamaz در شهر Odintsovo داده است. آزمایش‌های دیگری نیز با اتوبوس ترولی مدل Trolza-5265 و سیستم شارژ دینامیکی، صورت گرفته است. در مسکو، اتوبوس‌های ترولی در شهرهای Khimki، Vidnoye و Podolsk مورد استفاده هستند.

در **اکراین** و در شهر Dnipro، در سال ۲۰۱۷ یک خط جدید اتوبوس ترولی راه اندازی شد که مرکز شهر را به مناطق مسکونی متصل کرده است. این اتوبوس‌ها مجهز به باتری‌های لیتیم یونی هستند که این امکان را برای آن‌ها فراهم می‌سازد که حدود ۱۵ کیلومتر را بدون اتصال به شبکه بپیمایند.

[1] Dual-mode trollybus

در **بلاروس** طبق برنامه‌ریزی دولت برای گسترش خودروهای الکتریکی و تولید ۲۴۰۰ مگاوات برق ارزان هسته‌ای، اپراتور حمل‌ونقل عمومی Minsktrans برنامه‌ای برای گسترش اتوبوس‌های برقی و ایستگاه‌های شارژ در سال ۲۰۱۷ تدوین نموده که البته نیاز به تزریق سرمایه خارجی دارد.

در **ترکیه** و در شهر استانبول، اپراتور IETT این شهر، اتوبوس‌های هیبریدی را در خطوط BRT برای آزمایش مورداستفاده قرار داده است. پیش‌تر نیز اتوبوس‌های الکتریکی را مورد آزامایش قرار داده بود. در برنامه‌های این اپراتور اعلام شده که قصد دارد تا سال ۲۰۲۰، به میزان ۲۰٪ از ناوگان تحت کنترل خود را با اتوبوس‌های دارای پیشرانه‌های نوین مانند هیبریدی، برقی و ... جایگزین نماید. در سال ۲۰۱۷، IETT تعداد ۲۰۰ اتوبوس الکتریکی خریداری نمود. در سال ۲۰۱۶، شهر Konya اولین شهر در ترکیه بود که در حمل‌ونقل عمومی آن از اتوبوس‌های الکتریکی استفاده شد. از آن زمان تاکنون، این کشور با یک روند افزایشی به سمت تولید اتوبوس‌های الکتریکی حرکت نموده است. هرچند تاکنون تعداد خودروهای الکتریکی موجود در حمل‌ونقل عمومی ترکیه زیاد نیست، اما این کشور به‌طور مداوم در حال گسترش فناوری اتوبوس‌های جدید است. بخش تولیدی ترکیه نیز درحال توسعه می‌باشد. اولین اتوبوس الکتریکی کاملاً ترکیه‌ای E-Karat نام دارد که توسط شرکت Bozankaya ساخته شده است و در نمایشگاه IAA هانوفر در سال ۲۰۱۴ به نمایش در آمد. در سال ۲۰۱۶ از این اتوبوس برای حمل مسافر در شهرهای Konya و Eskisehir بهره برداری شد. یک توافقنامه بین دو شرکت ترکیه‌ای برای تولید ۹۰۰ دستگاه اتوبوس E-Karat برای استفاده در Bursa صورت گرفته است. همانند Bozankaya، شرکت Otokar نیز یک نوع اتوبوس الکتریکی تولید نموده است.

بازار اتوبوس های الکتریکی در **هندو ستان** هنوز در مرحله نوپای خود قرار دارد؛ هر چند که فشارهای زیاد از سوی دولت برای ارتقاء حمل و نقل الکتریکی در حال ثمر دادن است. تعداد اندکی اتوبوس هیبریدی و بایوگاز در ناوگان این کشور فعال هستند و در بیشتر شهرها، در حال آزمایش اتوبوس‌های الکتریکی هستند. هرچند این طرح‌ها تاکنون به مرحله تجاری و استفاده انبوه نرسیده است. خطوط آزمایشی در شهرهای بنگلور (سال ۲۰۱۴) و دهلی (سال ۲۰۱۶) ایجاد شدند تا عملکرد اتوبوس الکتریکی مورد بررسی قرار گیرد. بعد از آزمایش اولین اتوبوس برقی هند که از چین وارد شده بود (سال ۲۰۱۴) آژانس حمل و نقل بنگلور (BMTC) اعلام نمود که تا انتهای سال ۲۰۱۷، تعداد ۱۵۰ دستگاه از این اتوبوس‌ها را خریداری خواهد نمود. بنابراین، این شهر اولین شهری در هند بوده که دارای ناوگان الکتریکی با این تعداد اتوبوس الکتریکی است. دولت هند برنامه‌ای با عنوان " به‌کارگیری و ساخت سریعتر وسایل نقلیه هیبریدی و الکتریکی[1]" (FAME) تدوین نموده است که بر اساس آن، استفاده از اتوبوس‌های الکتریکی در این کشور سرعت بیشتری گرفته است. تمرکز عمده این برنامه بر مشوق‌های مالی و مالیاتی، خرید خودروهای الکتریکی و هیبرید الکتریکی، افزایش خطوط آزمایشی اتوبوس الکتریکی در شهرها و توسعه زیرساخت‌ها است. برای بهره‌مندی از مزایای این طرح، اپراتورها اقدامات خرید را برای توسعه ناوگان اتوبوس برقی خود صورت

[1] Faster Adoption and Manufacturing of Hybrid and Electric Vehicles

دادند. برای مثال، آژانس حمل و نقل شـــهر Navi Mumbai، پنج اتوبوس Volvo 8400 هیبریدی ســـری تهیه نموده‌است. همچنین اپراتور شهر Mumbai Metropolitian تعداد ۲۵ دستگاه اتوبوس هیبریدی سری مدل Tata Starbus (ساخت هند) خریداری نموده است. شرکت Thane Municipal Transport برنامه‌ای را تایید نموده که طی آن ۱۰۰ دستگاه اتوبوس الکتریکی به یک اپراتور خصوصی برای مدت ۱۰ سال فروخته خواهد شد تا در خطوط مشخص شده توسط این شرکت فعالیت داشته باشند. این مدل همکاری با عنوان "همکاری نیمه خصوصی[1]" شناخته شده است.

در ماه جون ۲۰۱۷، شرکت Ashok Leyland که پیشرو در زمینه تولید اتوبوس و کامیون در هندوستان است، اولین اتوبوس تمام الکتریکی ســـاخته‌شـــده هند با نام Circuit را در Chennai آزمایش نمود. در جولای ۲۰۱۷، شرکت Ashok Leylan خبر از همکاری راهبردی خود با شرکت SUN Mobility برای توسعه یک سیستم تعویض باتری[2] برای اتوبوس‌های الکتریکی درون‌شـهری داد. ضـمناً شـرکت Tata Motors نیز که یکی دیگر از شـرکت‌های بزرگ خودروسازی هند است، از اولین نسخه آزمایشی اتوبوس الکتریکی خود در آوریل ۲۰۱۷ رونمایی نمود.

در ناگپور (مهاراشـترا)، شـرکت خودروسـازی Mahindra و شـرکت تاکسـیرانی اینترنتی Ola Cabs با دولت هندو ستان وارد یک همکاری م شترک برای باز سازی ۲۰۰ خودروی قدیمی (شامل تاک سی، اتوبوس و ...) و تبدیل آن‌ها به نوع الکتریکی شـدند. تعدادی دیگر از تولیدکنندگان مانند Tata Motors ، BYD و TVS نیز به این طرح ابتکاری پیوستند. پروژه آزمایشی مذکور همچنین شامل نصب بیش از ۵۰ ایستگاه شارژ در سرتاسر شهر می‌شود.

در **ایالات‌متحده آمریکا**، اتوبوس‌های الکتریکی، بخصوص در ناحیه ساحل غربی[3]، درحال‌توسعه و گسترش هستند. اهداف بلندپروازانه‌ای از جمله برقی سازی کامل ناوگان حمل‌ونقل تا سال ۲۰۳۰ اعلام شده است. آژانس حمل‌ونقل Regional Transit District (RTD) در سن خوزه کالیفرنیا، پروژه‌ای را با هدف ایجاد اولین خط BRT تمام الکتریکی آمریکا در اوت ۲۰۱۷ آغاز نموده است. قرار است تا سال ۲۰۲۵ تمام اتوبوس‌های فعال در این خط، الکتریکی کامل باشند. اتوبوس استفاده شده در این خط از نوع اتوبوس تمام الکتریکی ساخت شرکت آمریکایی Proterra است. این اتوبوس توانایی پیمایش ۶۵ کیلومتر با یک شارژ کامل را دارد و شارژ کامل آن حدود ۱۰ دقیقه به طول می‌انجامد.

اداره کل حمل‌ونقل شهری لس‌آنجلس (Metro Los Angeles) یکی از بزرگ‌ترین آژانس‌های حمل‌ونقل در ایالات‌متحده است و یکی از بزرگ‌ترین ناوگان فعال را با ۲۲۰۰ اتوبوس (با پیشرانه بر پایه CNG) داراست. این آژانس در اوت ۲۰۱۷، مجوز خرید ۹۵ اتوبوس الکتریکی (شامل ۶۰ اتوبوس ۱۲ متری BYD و ۳۵ اتوبوس ۱۸متری آکاردئونی New Flyer) را صادر نمود. با این خرید صورت گرفته، سهم اتوبوس‌های الکتریکی این ناوگان به ۵٪ خواهد رسید که

[1] Pubic-Private partnership

[2] Battery-swapping system

[3] این ناحیه شامل ایالت های مختلفی از جمله کالیفرنیا، واشنتگتن، آلاسکا و ... می‌شود.

دو برابر تعداد اتوبوس‌های الکتریکی فعال در کالیفرنیا است. ضمناً این آژانس حمل‌ونقل اعلام نموده است که تا سال ۲۰۳۰ تمام ناوگان خود را تمام الکتریکی خواهد نمود.

آژانس حمل‌ونقل Metro Transit King County در سیاتل نیز برنامه‌هایی برای گسترش اتوبوس‌های الکتریکی دارد. در مارس ۲۰۱۷، این شرکت گزارشی را منتشر کرد که طبق آن، دستیابی به یک ناوگان تمام الکتریکی تا سال ۲۰۳۴ با افزایش حداقلی هزینه امکان‌پذیر خواهد بود. ناوگان این آژانس تقریباً شامل ۱۴۰۰ اتوبوس فعال است که عمدتاً از نوع دیزلی، هیبرید الکتریکی و ترولی هستند. این شرکت اعلام نموده است که تا سال ۲۰۲۰ تعداد ۱۲۰ اتوبوس الکتریکی خریداری خواهد نمود که ۷۲ دستگاه از آن از نوع تمام الکتریکی Proterra خواهد بود. بعد از سال ۲۰۲۰، تمامی خریدها از نوع الکتریکی خواهد بود. برنامه‌های دیگر این شرکت شامل خرید ۹ اتوبوس الکتریکی پیمایش گسترده از شرکت‌های تولیدکننده مختلف به ارزش ۷ میلیون دلار است. این کار با هدف آزمایش فناوری باتری در بازه پیمایشی ۲۲۵ کیلومتری می‌باشد.

آژانس حمل‌ونقل Foothill Transit نیز برنامه‌ای برای الکتریکی سازی ناوگان خود تا سال ۲۰۳۰ دارد. این شرکت ۱۷ اتوبوس الکتریکی Catalyst E2 Proterra خریداری نموده است که از ماه جون ۲۰۱۷ در حال سرویس هستند. تا اکتبر ۲۰۱۷، حدود ۱۰٪ از اتوبوس‌های ناوگان این شرکت الکتریکی شدند. در سال ۲۰۱۶ تقریباً تعداد ۲۰۰ اتوبوس تمام الکتریکی در ایالات‌متحده آمریکا به فروش رفته است که بیشترین تعداد آن در ناوگان Foothill در لس‌آنجلس ایالت کالیفرنیا فعال هستند. در سال ۲۰۱۷ وزارت حمل‌ونقل آمریکا ۵۵ میلیون دلار کمک مالی را به صورت رقابتی برای گسترش اتوبوس‌های بدون آلایندگی در این کشور اختصاص داد.

در کالیفرنیا، قوانین ناوگان حمل‌ونقل الزام نموده است که اتوبوس‌های ناوگان آژانس‌های حمل‌ونقل، آلایندگی کمتری ایجاد نمایند و همچنین آژانس‌های بزرگ‌تر ملزم به خریداری و نمایش فناوری‌های با آلایندگی صفر هستند. ازآنجاکه طبق این قوانین، آژانس‌های حمل‌ونقل تجربه استفاده از فناوری اتوبوس‌های بدون آلایندگی را به دست می‌آورند و با پیشرفت و گسترش فناوری، انتظار می‌رود که با توجه به هدف تبدیل ناوگان اتوبوس‌رانی تا سال ۲۰۴۰، فروش اتوبوس‌های الکتریکی و فناوری‌ها و زیرساخت‌های مرتبط با آن گسترش بیشتری یابد.

در **کانادا**، آژانس حمل‌ونقل STL یک اتوبوس الکتریکی در سال ۲۰۱۲ خریداری نمود و در سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ (قبل از ورود آن به سرویس در سال ۲۰۱۵) آن را مورد آزمایش قرار داد. این پروژه، بخشی از یک گام بزرگ‌تر راهبردی است که هدف آن، رشد انرژی‌های سبز در Quebec است که در حال حاضر، بخش عمده‌ای از برق آن از نیروگاه‌های برق-آبی تأمین می‌گردد. در پروژه‌ای مشابه با عنوان Cité Mobilité، آژانس حمل‌ونقل STM سه اتوبوس تمام الکتریکی خریداری نموده است. ضمناً دو ایستگاه شارژ سریع و چهار ایستگاه شارژ کند نیز توسط شرکت راه‌اندازی شده‌اند. این پروژه در طول سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ ادامه دارد تا عملکرد این فناوری نوین در شرایط واقعی مورد ارزیابی قرار گیرد. شرکت STM از اواخر سال ۲۰۱۶ تعداد ۵۱ اتوبوس هیبرید الکتریکی-بایودیزل را مورداستفاده قرار داده است. این شرکت همچنین از ماه جون ۲۰۱۷ تاکنون، سه اتوبوس تمام برقی را در

ناوگان خود آزمایش می‌کند. این به‌عنوان گام اول برای رسیدن به هدف برقی سازی کامل ناوگان تا سال ۲۰۲۵ است. ایستگاه‌های شارژ سریع امکان شارژ اتوبوس‌های برقی به روش شارژ بین راهی را در طول روز و بین خطوط فراهم می‌سازند و ضمناً اتوبوس‌ها می‌توانند در طول شب به‌طور کامل شارژ شوند. شرکت STM عملکرد اتوبوس‌های الکتریکی در شبکه فعلی و در زمستان‌های خشن مونترال را ارزیابی کرده است و اکنون آماده است تا از آن برای جابجایی مسافران استفاده نماید. در پروژه‌ای دیگر، در ناحیه Metro Vancouver کانادا، آزمایش اتوبوس الکتریکی از آوریل ۲۰۱۷ شروع شد. مبلغ هفت میلیون دلار کانادا برای خرید چهار اتوبوس الکتریکی و دو سامانه شارژ برای آژانس حمل‌ونقل TransLink به‌عنوان یک پروژه آزمایشی، مصوب گردید. این پروژه همانند موارد مشابه به آن در York Region و شهر Brampton اجرا می‌شود. این سه پروژه تحت نظارت کنسرسیوم تحقیق و نوآوری حمل‌ونقل شهری کانادا اجرا می‌شوند تا عملکرد اتوبوس‌های الکتریکی دارای ذخیره‌ساز باتری در شرایط آب و هوایی سرد کانادا (بخصوص زمستان) مورد ارزیابی قرار گیرد.

در **استرالیا** یک سرویس اتوبوس الکتریکی- سلول خورشیدی رایگان در آدلاید راه‌اندازی شده است. شارژ این اتوبوس ۱۸ ساعت طول می‌کشد و ۶ ساعت در سرویس است. شبکه حمل‌ونقل عمومی Canberra نیز سه اتوبوس الکتریکی را در خطوط تحت پوشش خود در دست آزمایش دارد. آزمایش این اتوبوس‌ها از اوت ۲۰۱۷ آغاز شد. طی این پروژه، عملکرد این اتوبوس‌ها با انواع دیزلی موجود، از جنبه‌های اقتصادی، محیط زیستی و عملکرد فنی مقایسه خواهد شد.

در آدلاید استرالیا، شرکت Precision Buses توانسته دو میلیون دلار استرالیا کمک مالی از دولت برای ساخت دو دستگاه اتوبوس الکتریکی و دو دستگاه اتوبوس دیزلی با آلایندگی بسیار کم(دارای استاندارد یورو ۶) جذب نماید. این اتوبوس‌ها در آدلاید آزمایش خواهند شد تا عملکرد آن‌ها در شرایط آب و هوایی سخت استرالیا ارزیابی گردد.

شرکت Carbridge، تولیدکننده اتوبوس در کشور استرالیا اعلام نموده است که برنامه‌ای برای ایجاد یک ناوگان با ۴۰ دستگاه اتوبوس الکتریکی با همکاری دو شرکت BYD چین و Gemilang Coachworks مالزی دارد. اتوبوس Electric Blu Toro که دارای ۷۰ صندلی و قابلیت پیمایش ۵۰۰ کیلومتر با یک شارژ کامل است، محصول این همکاری است. این اتوبوس‌های جدید هم‌اکنون به یک ناوگان کوچک‌تر شامل شش اتوبوس ملحق شده‌اند که در فرودگاه سیدنی جایگزین اتوبوس‌های قدیمی دیزلی شده و در سرویس هستند.

در **نیوزیلند** آژانس‌های حمل‌ونقل در جستجوی راه‌های گذر بهینه از پیشرانه‌های دیزلی به انواع الکتریکی آن هستند. این موضوع از جهت اینکه حدود ۸۵٪ از برق این کشور از منابع تجدید پذیر تأمین می شود، حائز اهمیت و جذاب است. در فوریه ۲۰۱۷، شرکت NZ Bus دوره آزمایش اتوبوس الکتریکی جدید BYD را ابتدا در آکلند و سپس در ولینگتن آغاز نمود. در جولای ۲۰۱۷، شورای منطقه‌ای ولینگتون بزرگ قراردادهایی با دو آژانس Tranzit و Uzabus برای فراهم‌سازی ۹ اتوبوس الکتریکی برای ۹ خط اتوبوس‌رانی در ناوگان ولینگتن از سال ۲۰۱۸ امضا

نمود. مجموعاً ۳۲ اتوبوس دوطبقه الکتریکی به‌طور مداوم تا سال ۲۰۲۱ رونمایی خواهند شد. این در راستای هدف نهایی شورا در دست‌یابی به ناوگان تمام الکتریکی است. تا اواسط سال ۲۰۱۸ حدود ۸۰٪ از این ناوگان نوسازی شده است و اکثریت اتوبوس‌ها دارای استاندارد یورو ۶ هستند.

قیمت اولیه زیاد اتوبوس الکتریکی (که به‌طور متوسط ۳۰٪ بیش از اتوبوس CNG است) بزرگ‌ترین مانع گسترش آن در کشورهای در حال توسعه است. بخصوص که در این کشورها تمرکز عمده بر روی اتوبوس‌های کم آلاینده CNG است. انتظار می‌رود کشورهای ساحل‌عاج، اروگوئه و برزیل جزء اولین کشورها در **آفریقا و آمریکای لاتین** باشند که از اتوبوس‌های الکتریکی در ناوگان خود استفاده کنند.

برخلاف قاره های دیگر، اتوبوس های الکتریکی در قاره **آفریقا** چندان توسعه نیافته‌اند. البته چندین تجربه عملیاتی در حال اجرا است؛ به عنوان مثال یک شرکت فرانسوی از سال ۲۰۱۴، از اتوبوس‌های الکتریکی برای جابجایی دانشجویان در کامرون و ساحل عاج استفاده می‌کند. سه اتوبوس در دانشگاه Yaoundé کامرون و سه اتوبوس دیگر در دانشگاه Abidjan ساحل عاج در سرویس هستند. در اوگاندا، مهندسان موفق به ساخت یک اتوبوس دارای ۳۵ صندلی شده‌اند که انرژی آن از نور خورشید تامین می‌شود و دو مجموعه ذخیره ساز انرژی را شارژ می‌کند. این ذخیره سازهای انرژی که در سقف نصب شده‌اند قابلیت پیمایش ۸۰ کیلومتر را برای این اتوبوس که Kayoola نام دارد فراهم می‌کنند.

در **آفریقای جنوبی** شرکت BYD SA در مناقصه تهیه ۱۱ اتوبوس الکتریکی مجهز به باتری و تجهیزات جانبی آن را که در شهر Cape Town و توسط آژانس MyCiti (متولی خطوط BRT) برگزار شد، پیروز شد. طبق برنامه‌ریزی صورت گرفته این اتوبوس‌ها قرار بود از سال ۲۰۱۸ وارد سرویس شوند و اولین ناوگان BRT مجهز به اتوبوس‌های الکتریکی را در این کشور شکل دهند. از آنجا که این اتوبوس‌ها در داخل این کشور مونتاژ می‌شوند و همچنین برخی از قطعات آن از تولیدکنندگان داخلی تهیه می‌شود، فرصت‌های شغلی جدیدی نیز فراهم شده است. علاوه بر اتوبوس‌ها، قرارداد بسته شده شامل ایجاد ایستگاه‌های شارژ، سامانه‌های مدیریت داده، جایگزینی سیستم ذخیره‌ساز انرژی، پشتیبانی فنی و آموزش پرسنل و رانندگان نیز می‌گردد. این اتوبوس‌ها توانایی پیمایش حداقل ۲۵۰ کیلومتر را با یک شارژ کامل دارا هستند. برخی دیگر از کشورهای آفریقایی ازجمله موریس، برای دست‌یابی به یک ناوگان اتوبوس الکتریکی با اداره حمل‌ونقل و شهری Cape Town در حال رایزنی هستند. هدف این مذاکرات برانگیختن سمت تقاضا برای ایجاد اولین کارخانه اتوبوس الکتریکی در آفریقا است. این طرح احتمالاً در پارک صنعتی Atlantis Green Technology شهر Cape Town اجرایی خواهد شد.

در منطقه **شمال آفریقا**، شرکت سرمایه‌گذاری انرژی مراکش (SIE) قرار بود در سال ۲۰۱۷، تولید اتوبوس‌های الکتریکی را برای بازارهای منطقه‌ای و بین‌المللی آغاز نماید. آزمایش‌ها همچنان جریان دارند و اتوبوس‌های ترولی مراکشی در اکتبر ۲۰۱۷ معرفی شدند. از وضعیت فعلی پروژه و پیشرفت آن و تجاری سازی این محصولات اطلاع دقیقی وجود ندارد.

در **آمریکای لاتین** توسعه‌ها تقریباً در سطح متوسطی قرار دارد. در برزیل، آژانس حمل‌ونقل Itajaí Transportes Coletivos که یک شرکت خصوصی در Campinas است، در نوامبر ۲۰۱۵ شروع به بکار گیری ۱۱ اتوبوس الکتریکی با ذخیره‌ساز باتری نمود. بر اساس گفته شهردار Campinas، در آینده حداقل ۱۰٪ اتوبوس‌های ناوگان شهری باید الکتریکی باشند. تعداد ۱۱ اتوبوس تمام برقی تا سال ۲۰۲۰ به ۱۵۰ دستگاه افزایش خواهد یافت. در ناحیه Hortolândia شهر Campinas، از ماه مارس ۲۰۱۷، یک پروژه برای آزمایش اتوبوس تمام الکتریکی آغاز شده است. اگر نتایج مثبت باشند، تمام ناوگان اتوبوس‌رانی این ناحیه، الکتریکی خواهند شد. به‌کارگیری اتوبوس‌های الکتریکی یکی از اهداف راهبردی مدیریت جدید این ناحیه ا ست. علاوه بر شهر Campinas، در شهر Curitiba و ناحیه فدرال برزیل نیز از اتوبوس‌های الکتریکی در ناوگان حمل و نقل خود استفاده می‌کنند.

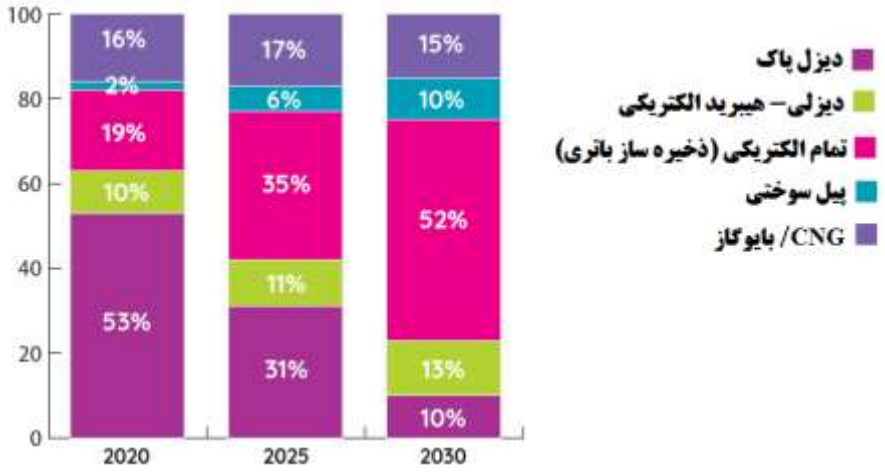
در سال ۲۰۰۹ و در شهر سائوپائولو برزیل، یک مجموعه قانون شهری برای مبارزه با آلودگی هوا تصویب شد. هدف این قانون، جایگزینی وسایط نقلیه مصرف‌کننده سوخت فسیلی با انواع مصرف‌کننده سوخت پاک‌تر تا سال ۲۰۲۰ است. پیشرانه الکتریکی به‌عنوان یکی از پر مزیت‌ترین راه‌حل‌ها در بین فناوری‌های موجود پیشنهاد شده است. شهر سائوپائولو که هم‌اکنون دارای یک ناوگان بزرگ BRT از اتوبوس‌های ترولی است، در حال سرمایه‌گذاری بر روی اتوبوس‌های ترولی هیبریدی (دارای باتری) است.

درعین‌حال، ۲۲ شهر امضاکننده اعلامیه "C-40 Clean Bus" (در سال ۲۰۱۴) در حال ارسال سیگنال‌های صریح به بازار درباره تعهدشان نسبت به انتقال به ناوگان اتوبوس‌های کم آلاینده یا بدون آلودگی هستند. بسیاری از شهرهای منطقه، ازجمله بوگوتا و سانتیاگو، در حال آماده شدن برای نوسازی بخش‌هایی از ناوگان اتوبوس‌رانی خود در سال‌های آینده هستند. این فرصتی است برای به‌کارگیری اتوبوس‌های بدون آلایندگی و یا با آلایندگی کم. هرچند، این پروسه هنوز در گام‌های اولیه خود قرار دارد و ضمناً همچنان بخش عمده‌ای از ناوگان اتوبوس‌رانی، مصرف‌کننده سوخت دیزلی باقی می‌ماند. در مقایسه با پیشروهای جهانی مانند چین، اروپا و آمریکا، سرعت پیشرفت نوسازی در این منطقه بسیار کند است. شهر سانتیاگو (پایتخت شیلی) اولین اتوبوس الکتریکی خود را در سال ۲۰۱۳ آزمایش کرد و شهر Campinas برزیل، در سال ۲۰۱۵ فقط به ۱۰ اتوبوس الکتریکی دست یافت که این بزرگ‌ترین ناوگان الکتریکی برزیل است.

از منظر تعداد اتوبوس الکتریکی، آسیا در رده اول است و به دنبال آن اروپا و آمریکا قرار دارند. در اروپا نیز کشور انگلستان در رده اول است و کشورهای هلند، لهستان، فرانسه، آلمان، ایتالیا، بلژیک، جمهوری چک، سوئد، اکراین و اسپانیا در رده‌های بعدی قرار دارند.

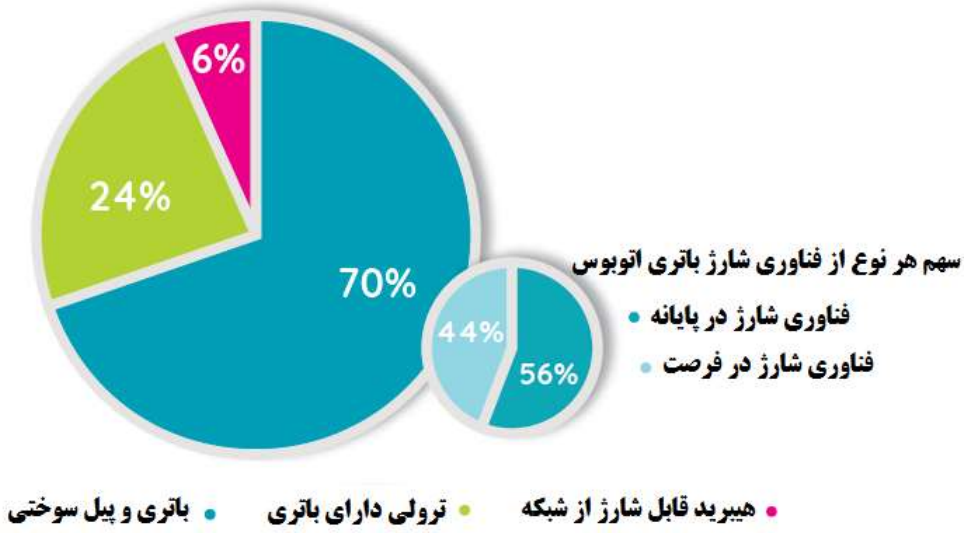
در یک مطالعه جدید [۴۱] پیش‌بینی سهم انواع پیشرانه‌های مختلف در اتوبوس‌های اروپایی تا سال ۲۰۳۰ در نمودار شکل ۳-۱ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که سهم پیشرانه‌های پیل سوختی به‌مرور افزایش پیدا کرده است. تولید این نوع پیشرانه در مطالعات مربوط به سال‌های قبل زیر ۱٪ بوده و لذا در جدول ۲-۱۸ نادیده گرفته شده بود.

ضمناً بر اساس پیش‌بینی نشان داده شده در شکل ۳-۱، حرکت بازار به سمت اتوبوس‌های تمام الکتریکی دارای ذخیره‌ساز باتری می‌باشد.



شکل ۳-۱- پیش‌بینی سهم انواع پیشرانه‌ها در بازار اروپا [۴۱]

شکل ۳-۲ نیز آمار اتوبوس‌های الکتریکی و هیبرید الکتریکی را در سال ۲۰۱۷ در اروپا نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که اتوبوس‌های تمام الکتریکی دارای ذخیره‌ساز (باتری یا پیل سوختی) سهمی ۷۰ درصدی را به خود اختصاص داده‌اند. ضمناً سهم اتوبوس‌های برقی از نوع ترولی دارای باتری نیز قابل‌توجه است. دو نمودار ارائه‌شده در شکل ۳-۱ و شکل ۳-۲ نشان‌دهنده این امر است که اتوبوس‌های هیبریدی چندان موردتوجه قرار ندارند و با مرور سیاست‌ها، این‌طور به نظر می‌رسد که به این نوع از اتوبوس‌ها، به‌عنوان پلی از اتوبوس‌های با پیشرانه سنتی به سمت اتوبوس‌های داری پیشرانه نوین نگاه می‌شود.



شکل ۳-۲- وضعیت انواع اتوبوس‌های الکتریکی و هیبریدی اروپا در سال ۲۰۱۷ [۴۱]

۳ ۳ بررسی سیاست‌های چند شهر و کشور در رابطه با توسعه پیشرانه‌های نوین در سیستم اتوبوسرانی

در این زیر فصل، به‌طور مشخص به سیاست‌های برخی شهرها و کشورها در رابطه با گسترش استفاده از اتوبوس‌های دارای پیشرانه نوین در ناوگان حمل‌ونقل عمومی اشاره می‌شود. هدف‌گذاری‌ها و سیاست‌های تشویقی مورداشاره قرارگرفته و آمار اتوبوس‌های برخی از ناوگان‌ها ارائه می‌گردد.

۳ ۳ ۳ بررسی اجمالی سیاست‌های شهر لندن انگلستان

شهرداری لندن قصد دارد حمل‌ونقل در لندن تا سال ۲۰۵۰ به‌طور کامل بدون آلاینده (Zero-emission) شود. بر اساس این هدف، حرکت این شهر به سمت خودروهای بسیار پاک افزایش یافته است. این خودروها شامل خودروهای الکتریکی دارای ذخیره‌ساز باتری، خودروهای هیبریدی قابل شارژ از شبکه، خودروهای الکتریکی پیمایش گسترده و خودروهای دارای پیل سوختی هیدروژنی می‌شود. برای خودروهای سنگین، سوخت‌های جایگزینی که منجر به کاهش آلودگی هوا و کاهش آزادسازی CO_2 می‌شوند، به‌عنوان پلی به‌سوی هدف حمل‌ونقل با آلایندگی صفر تا سال ۲۰۵۰ محسوب می‌شوند. درواقع این سوخت‌ها، گذری از نسل قدیم پیشرانه‌ها با آلایندگی زیاد به سمت پیشرانه‌های بدون آلایندگی هستند.

امروزه، تحلیل‌ها حاکی از آن است که دست‌یابی به ناوگان اتوبوس‌رانی بدون آلایندگی در لندن، تا سال ۲۰۳۷ امکان‌پذیر است. هرچند سیاست‌ها بر تسریع این روند تأکیددارند.جدول ۳-۱، سیر پیشرفت زمانی و اقدامات مقتضی را برای دست‌یابی به این هدف نشان می‌دهد. از سال ۲۰۱۸ تمام اتوبوس‌های دوطبقه خریداری‌شده باید هیبریدی،

الکتریکی و یا پیل سوختی هیدروژنی باشند. در مرکز لندن (ناحیه دارای محدودیت‌های ترافیکی) همه اتوبوس‌های دوطبقه تا سال ۲۰۱۹ باید هیبریدی و همه اتوبوس‌های یک طبقه تا سال ۲۰۲۰ باید با آلایندگی صفر باشند[۴۵]. ضمناً، آمار اتوبوس‌های این شهر به تفکیک نوع پیشرانه آن‌ها از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۸ در جدول ۳-۲ قرار داده شده است[۴۶].

جدول ۳-۱- برنامه‌ریزی شهرداری لندن برای دستیابی به ناوگان اتوبوس‌رانی بدون آلایندگی

		اکنون	۲۰۲۰	۲۰۲۵	۲۰۳۰	۲۰۳۵	۲۰۳۷
خرید و نوسازی اتوبوس		- بازسازی اتوبوس‌های دوطبقه موجود برای دستیابی به استاندارد یورو ۶ - اتوبوس‌های دوطبقه خریداری‌شده همه باید هیبرید باشند.	اتوبوس‌های یک طبقه خریداری‌شده همه باید الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی باشند.	اتوبوس‌های دوطبقه خریداری‌شده همه باید الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی باشند.			
ناوگان اتوبوس در مرکز لندن	**یک طبقه**		تماماً از نوع الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی هستند.				همه اتوبوس‌های لندن از نوع الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی هستند.
	دوطبقه		تماماً یا هیبریدی هستند و یا دارای استاندارد یورو۶			۸۰٪ از نوع الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی هستند.	
ناوگان اتوبوس در سایر نقاط لندن	**یک طبقه**			۵۰٪ آن‌ها باید الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی باشند.	۹۰٪ آن‌ها از نوع الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی هستند.	همه از نوع الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی هستند	
	دوطبقه		همگی باید حداقل استاندارد یورو۶ داشته باشند.	بیش از ۸۵٪ باید هیبریدی، الکتریکی و یا پیل سوختی هیدروژنی هستند.	۶۰٪ باید از نوع هیبریدی، ۴۰٪ الکتریکی یا پیل سوختی هیدروژنی هستند.	۲۰٪ باید از نوع هیبریدی، ۸۰٪ الکتریکی و یا پیل سوختی هیدروژنی هستند.	

جدول ۳-۲- آمار ناوگان اتوبوس‌رانی لندن

سال	تعداد اتوبوس ثبت‌شده در سال								
	دوطبقه	یک طبقه	Routemasters	New Routemasters	دیزلی	الکتریکی	پیل سوختی	هیبرید الکتریکی	مجموع
۱۹۶۰	۱	–	۱	–	–	–	–	–	۱
۱۹۶۱	۱	–	۱	–	–	–	–	–	۱
۱۹۶۲	۱	–	۱	–	–	–	–	–	۱
۱۹۶۴	۷	–	۷	–	–	–	–	–	۷
۲۰۰۱	۴	–	–	–	۴	–	–	–	۴
۲۰۰۲	۲۱	۵۶	–	–	۷۷	–	–	–	۷۷
۲۰۰۳	۷۱	۳۵	–	–	۱۰۲	–	–	۴	۱۰۶
۲۰۰۴	۱۳۲	۲	–	–	۱۳۴	–	–	–	۱۳۴
۲۰۰۵	۱۴۰	۵۱	–	–	۱۸۹	–	–	۲	۱۹۱
۲۰۰۶	۱۷۱	۵۶	–	–	۲۲۱	–	–	۶	۲۲۷
۲۰۰۷	۱۵۸	۱۱۴	–	–	۲۷۲	–	–	–	۲۷۲
۲۰۰۸	۲۳۵	۱۹۲	–	–	۴۲۰	–	–	۷	۴۲۷
۲۰۰۹	۶۶۲	۳۱۱	–	–	۹۶۱	–	–	۱۲	۹۷۳
۲۰۱۰	۴۹۴	۲۳۱	–	–	۶۸۴	–	۵	۳۶	۷۲۵
۲۰۱۱	۶۸۶	۳۷۶	–	–	۹۶۲	–	–	۱۰۰	۱۰۶۲
۲۰۱۲	۶۴۶	۲۳۲	–	۷	۷۴۰	–	–	۱۳۱	۸۷۸
۲۰۱۳	۴۷۲	۱۲۶	–	۱۰۶	۳۲۹	–	۳	۱۶۰	۵۹۸
۲۰۱۴	۵۱۳	۱۱۶	–	۲۳۶	۱۲۶	۶	–	۲۶۱	۶۲۹
۲۰۱۵	۶۱۹	۱۷۱	–	۳۱۴	۱۸۳	۹	–	۲۸۴	۷۹۰
۲۰۱۶	۸۲۴	۲۶۰	–	۲۲۷	۲۷۹	۵۶	–	۵۲۲	۱۰۸۴
۲۰۱۷	۶۹۵	۳۳۶	–	۱۱۰	۳۲۸	۱۸	۲	۵۷۳	۱۰۳۱
۲۰۱۸	۱۴۲	۳۶	–	–	۲۹	۷	–	۱۴۲	۱۷۸
مجموع	۶۶۹۵	۲۷۰۱	۱۰	۱۰۰۰	۶۰۴۰	۹۶	۱۰	۲۲۴۰	۹۳۹۶

درصد از کل	٪۷۱	٪۲۹	٪۰/۱	٪۱۰/۶	٪۶۴/۳	٪۱	٪۰/۱	٪۲۳/۸	٪۱۰۰

۳ ۳ ۴ سیاست‌های چین

به‌طورکلی درزمینه خودروهای الکتریکی، چین را می‌توان یک کشور پیشتاز در عرصه جهانی دانست. از سال ۲۰۰۹ هدف‌گذاری این کشور این بوده است که در انتهای سال ۲۰۲۰، پنج میلیون خودروی الکتریکی در جاده‌های این کشور در حال تردد باشند. هرچند هنوز چین با این هدف فاصله دارد، اما دولت این کشور گام بعدی را بلندتر برداشته و برای سال ۲۰۲۵ تعداد هفت میلیون خودروی الکتریکی را هدف‌گذاری نموده است. سیاست چین برای تقویت بازار، توجه ویژه به حمل‌ونقل عمومی الکتریکی در مناطق آزمایشی (پایلوت) است چراکه اتوبوس‌ها بیشتر در انظار عمومی قرار دارند و می‌توانند توسعه‌دهنده فرهنگ استفاده از خودروهای الکتریکی بین عموم باشند [۴۷]. در سال ۲۰۱۷ فروش انواع اتوبوس‌های الکتریکی (شامل تمام الکتریکی، پیل سوختی و هیبریدی قابل شارژ توسط شبکه) حدود یکصد هزار دستگاه بوده است. در انتهای این سال تعداد اتوبوس تمام الکتریکی و هیبریدی قابل شارژ توسط شبکه موجود در ناوگان اتوبوس‌رانی این کشور به ۳۷۰،۰۰۰ رسید [۴۸] (حدود ۳۰۰،۰۰۰ دستگاه از نوع الکتریکی کامل با ذخیره‌ساز باتری بودند [۴۱]).

فروش اتوبوس‌های الکتریکی در چین ابتدا توسط یارانه‌های ویژه حکومتی که از سال ۲۰۰۹ آغاز شد، گسترش یافت. این یارانه‌ها که به اتوبوس‌های تمام برقی، پیل سوختی و هیبریدی قابل شارژ توسط شبکه پرداخت می‌شد، به‌مرورزمان و با فراگیرتر شدن استفاده از اتوبوس‌های نوین، کاهش یافت. یارانه‌ها توسط دولت مرکزی، مستقیماً به تولیدکنندگان ارائه شده و توسط یارانه‌های منطقه‌ای و شهری تکمیل شده است. دولت چین، یارانه‌های اضافی به شهرهای پایلوت برای توسعه زیرساخت‌های شارژ از سال ۲۰۱۳ ارائه کرده است. در سال ۲۰۱۷، سیاست یارانه برای جلوگیری از برخی سوءاستفاده‌ها، به‌روز شد. حجم کلی یارانه‌ها کاهش یافت و حمایت‌ها، به یارانه‌های عملیاتی تبدیل شدند و اپراتورهای حمل‌ونقل اتوبوس‌های الکتریکی هدف طرح حمایت قرار گرفتند. به دنبال این تغییرات، یارانه و طرح‌های حمایتی موجود برای اپراتورهای استفاده‌کننده از اتوبوس‌های با پیشرانه مرسوم (دیزلی) قطع گردید.

در شهرهای شانگهای، پکن و تیانجین، یارانه‌ها به‌گونه‌ای در نظر گرفته شده بود که هزینه خرید اتوبوس‌های تمام برقی با قابلیت پیمایشی مشابه اتوبوس‌های دیزلی را پوشش دهد. بنابراین، این امر سبب کنار زدن مانع اصلی رشد اتوبوس‌های الکتریکی شد. تا انتهای سال ۲۰۱۷، شهر شنزن به‌طور کامل ناوگان اتوبوس‌رانی شهری خود با تعداد ۱۶۳۵۹ اتوبوس را به ناوگانی با اتوبوس‌های تمام الکتریکی تبدیل نمود.

علاوه بر الکتریکی شدن اتوبوس‌های ناوگان شهری شنزن، یارانه‌های محلی و اهداف فروش در شهرهای پکن و تیانجین، اهداف استانی در هبی و اهداف منطقه‌ای در ناحیه جینگ جین جی، سبب افزایش فروش اتوبوس‌های

الکتریکی از سال ۲۰۱۳ تاکنون شده است. شرایط دقیق سیاست‌های تشویقی اغلب بر اساس تغییرات اهداف محلی تنظیم می‌شود. به‌عنوان‌مثال، مشوق‌های موضوعه در شهر پکن، در ابتدا به طول اتوبوس‌ها بستگی داشت اما در سال ۲۰۱۶ این قوانین تغییر کرده و یارانه بر اساس میزان مصرف انرژی بر واحد وزن (وات‌ساعت بر کیلوگرم) تعلق می‌گیرد [۴۸]. طبق سیاست‌های سال ۲۰۱۶، اتوبوس‌های تمام الکتریکی باید کمتر از ۰/۷ وات‌ساعت بر کیلومتر کیلوگرم، انرژی (الکتریکی) مصرف نمایند و حداقل میزان پیمایش آن‌ها ۱۵۰ کیلومتر باشد تا شامل یارانه گردند. ضمناً در سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰، این مرزها سخت‌گیرانه‌تر شده و به ۰/۲۴ وات‌ساعت بر کیلومتر کیلوگرم و میزان پیمایش ۲۰۰ کیلومتر می‌رسد. همچنین تعدادی الزامات فنی نیز برای دریافت یارانه معرفی شده است. ازجمله می‌توان به این موارد اشاره نمود:

- نسبت وزن سیستم باتری به وزن خالص کل خودرو باید حداکثر ۰/۲ باشد.
- سرعت شارژ باید برای اتوبوس‌های دارای قابلیت شارژ سریع، حداقل 3C[1] باشد و حداقل چگالی انرژی باتری باید برای اتوبوس‌های بدون قابلیت شارژ سریع، ۸۵ وات‌ساعت بر کیلوگرم باشد.
- برای اتوبوس‌های هیبریدی قابل شارژ از طریق شبکه، حداقل میزان صرفه‌جویی سوخت باید ۴۰٪ باشد؛ اما برای دریافت یارانه، معیار میزان پیمایش به‌صورت الکتریکی خالص اهمیتی ندارد. ضمناً، این نوع اتوبوس‌ها باید معیارهای مصرف انرژی و نسبت وزنی سیستم باتری مشابهی با اتوبوس‌های الکتریکی خالص را رعایت نمایند.
- سیاست‌های جدید معیار اندازه‌گیری میزان پیمایش الکتریکی را نیز بازتعریف نموده‌اند. بدین ترتیب که بجای پیمایش با سرعت ثابت ۴۰ کیلومتر بر ساعت، روش پیمایش پویا (دینامیک) برای اتوبوس‌های الکتریکی تعریف شده است.
- اتوبوس‌های الکتریکی پیل سوختی باید حداقل به میزان ۳۰۰ کیلومتر توانایی پیمایش و حداقل توان نامی ۳۰ کیلووات یا ۳۰٪ از توان نامی موتور محرکه (هرکدام که بزرگ‌تر بود) را دارا باشند تا واجد شرایط دریافت یارانه باشند. این در حالی است که حداقل میزان پیمایش لازم برای دریافت یارانه در سال ۲۰۱۶ مقدار ۱۵۰ کیلومتر بود.

جدول ۳-۳ میزان مشوق‌های سال ۲۰۱۶ را به همراه میزان بهینه بودن مصرف انرژی خودرو و میزان پیمایش به‌صورت الکتریکی برای اتوبوس‌های تمام الکتریکی و هیبرید الکتریکی قابل شارژ از طریق شبکه نشان می‌دهد. مقادیر بیان‌شده، توسط یک ضریب اصلاح برحسب طول اتوبوس، اصلاح می‌گردند. به ازای هر خودروی متوسط و سنگین (مانند اتوبوس) که دارای پیشرانه پیل سوختی باشند، ۵۰۰،۰۰۰ یوان یارانه اختصاص می‌یافت [۴۹].

[1] معیار C نشان دهنده آن است که باتری نسبت به حداکثر ظرفیتش با چه نرخی تخلیه می‌شود. به عنوان مثال، نرخ 1C بیان می‌کند که جریان تخلیه، باتری را در مدت ۱ ساعت به طور کامل تخلیه می‌کند. این معادل جریان تخلیه ۱۰۰ آمپری برای یک باتری با ظرفیت ۱۰۰ آمپرساعت است.

جدول ۳-۳- مشوق‌های ملی برای اتوبوس‌های با پیشرانه نوین در چین (سال ۲۰۱۶) [۴۹]

نوع خودرو	مصرف انرژی Wh/km.kg	میزان یارانه به ازای هر خودرو (۱۰،۰۰۰ یوان)					
		۲۰>پ≥۶	۵۰>پ≥۲۰	۲۰>پ≥۶	۱۰۰>پ≥۵۰	۱۵۰>پ≥۱۰۰	پ≥۲۵۰
تمام الکتریکی (طول ۱۰ تا ۱۲ متر)	م <۰/۲۵	۲۲	۲۶	۳۰	۳۵	۴۲	۵۰
	۰/۳۵>م≥ ۰/۲۵	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۳۸	۴۶
	۰/۵>م≥ ۰/۳۵	۱۸	۲۲	۲۴	۲۸	۳۴	۴۲
	۰/۶>م≥ ۰/۵	۱۶	۱۸	۲۰	۲۵	۳۰	۳۶
	۰/۷>م≥ ۰/۶	۱۲	۱۴	۱۶	۲۰	۲۴	۳۰
هیبریدی قابل شارژ از شبکه		-	-	۲۰	۲۳	۲۵	
خودرو سنگین پیل سوختی		۵۰					

پ: میزان پیمایش الکتریکی خالص (کیلومتر)

م: مصرف انرژی

در سیاست‌های کنونی (۲۰۲۰-۲۰۱۷) میزان مشوق‌های در نظر گرفته‌شده به ازای هر خودرو برای خودروهای تمام برقی و هیبریدی قابل شارژ از طریق شبکه ابتدا بر اساس ظرفیت باتری می‌باشد که توسط ضرایب تصحیحی مرتبط با سرعت شارژ، چگالی انرژی باتری (برای خودروهای تمام الکتریکی) و میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت (برای خودروهای هیبریدی قابل شارژ از شبکه)، مقدار آن یارانه مشخص می‌گردد. این مقدار برای هر نوع وسیله نقلیه بر اساس طول آن متفاوت است. جدول ۳-۴ جزئیات این یارانه‌ها را نشان می‌دهد. برای مثال، یارانه پرداختی به یک اتوبوس الکتریکی باقابلیت شارژ سریع باتری، دارای باتری به ظرفیت ۲۰۰ کیلووات ساعت و سرعت شارژ 4C و طول ۱۲ متر بدین‌صورت محاسبه می‌گردد:

۳۰۰۰×۲۰۰×۰/۸ =۴۸۰،۰۰۰ یوان

چون این مقدار محاسبه‌شده از سقف یارانه مجاز بالاتر است (۲۰۰،۰۰۰ یوان)، این اتوبوس تنها به میزان ۲۰۰،۰۰۰ یوان یارانه از دولت ملی دریافت خواهد نمود.

میزان یارانه برای خودروهای دارای پیشرانه پیل سوختی، در سال ۲۰۱۸-۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۱۶ به‌طورکلی تغییری نکرده است (تنها یک تغییرات اندکی در رابطه با معیارهای حداقلی ایجاد شده است که پیش‌تر در این گزارش بیان شد) [۴۹].

جدول ۳-۴- مشوق‌های ملی برای اتوبوس‌های با پیشرانه نوین در چین (سال ۲۰۱۸-۲۰۱۷) [۴۹]

نوع خودرو	میزان یارانه (یوان بر کیلووات ساعت)	ضرایب تصحیح			سقف مجاز یارانه		
					۸≤ط>۶	۱۰≤ط>۸	ط<۱۰
تمام الکتریکی با شارژ سریع	۳۰۰۰	سرعت شارژ باتری‌ها (س)			۶	۱۲	۲۰
		3C ≤س<5C	5C ≤ س<15C	س≤15C			
		۰/۸	۱	۱/۴			
تمام الکتریکی بدون شارژ سریع	۱۸۰۰	چگالی انرژی باتری (چ)			۹	۲۰	۳۰
		۸۵≤چ<۹۵	۹۵≤چ<۱۱۵	چ>۱۱۵			
		۰/۸	۱	۱/۲			
هیبریدی قابل شارژ از شبکه	۳۰۰۰	درصد صرفه‌جویی مصرف سوخت (ص)			۴/۵	۹	۱۵
		۴۰<ص≤۴۵	۴۵<ص≤۶۰	ص>۶۰			
		۰/۸	۱	۱/۲			
خودرو سنگین پیل سوختی	۵۰						

ط: طول خودرو

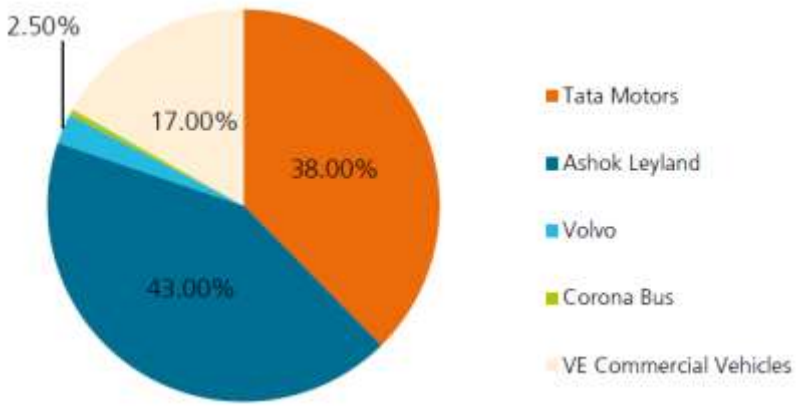
بیشتر شهرها در چین از این مزیت بهره‌مند هستند که کاملاً جدید هستند و این برنامه ریزان شهری را قادر می‌سازد که زیرساخت‌های شارژ و مسیریابی برای ناوگان اتوبوس‌های عمومی الکتریکی را از مرحله طراحی مدنظر قرار دهند [۴۸].

۳ ۳ ۵ بررسی بازار و سیاست‌های هندوستان

هند یک بازار پرسود برای OEMهای داخلی و خارجی است؛ زیرا این بازار دومین بازار بزرگ اتوبوس در جهان است که با پتانسیل بسیار بالایی رشد می‌کند. بخش زیر، مروری کوتاه در مورد وضعیت فعلی بازار و سطح فناوری را ارائه می‌دهد.

وضعیت بازار

هند به‌عنوان یک بازار اتوبوس رو به رشد محسوب می شود که میزان رقابت در آن رو به افزایش است. در حال حاضر حدود ۱/۶ میلیون اتوبوس ثبت‌شده در هند وجود دارد که از این تعداد تنها ۱۷۰،۰۰۰ دستگاه در دست آژانس‌های حمل‌ونقل عمومی (غیرخصوصی) است. تعداد ۵۰۰۰ دستگاه نیز در مالکیت نیمه‌خصوصی (خصوصی-دولتی) قرار دارند [۵۰]. دو شرکت OEM بزرگ داخلی این کشور عبارت‌اند از Tata Motors و Ashok Leyland. این دو شرکت به همراه هم ۸۱٪ بازار داخلی هند را در دست دارند. سهم Ashok Leyland از این بازار ۴۳٪ و سهم Tata Motors، ۳۸٪ است. نمودار شکل ۳-۳ سهم این شرکت‌ها به همراه سایر OEMهای فعال در کشور هندوستان را نشان می‌دهد. در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳، تعداد ۷۴۷۲۸ دستگاه اتوبوس در این کشور به فروش رفت. این رقم در سال بعد ۱۰٪ افزایش داشت که بیش از دو برابر بازار اروپا بوده است. همچنین انتظار می‌رود که حدود ۳۵۰۰۰ دستگاه اتوبوس فرسوده باید در آینده نزدیک با انواع نو، جایگزین گردند. شرکت‌های تولیدکننده خارجی مانند Volvo، Daimler AG و Scania ، خود را برای ورود به این بازار آماده می‌کنند و یا قصد دارند سهم کوچک خود را در این بازار افزایش دهند. یکی از دلایل محبوبیت بازار هندوستان، امکان تجارت بدون محدودیت‌های قابل‌توجه دولتی است که معمولاً در چین (بزرگ‌ترین بازار اتوبوس جهان) شاهد آن هستیم [۳۱].



شکل ۳-۳- سهم OEMها در بازار اتوبوس شهری هندوستان [۳۱]

اتوبوس‌های دیزلی، عمده بازار اتوبوس هند را با سهمی ۹۵ درصدی در اختیار دارند. سهم اتوبوس‌های دارای پیشرانه بر پایه گاز طبیعی (CNG) حدود ۵٪ است که توسط شرکت Tata در سال ۲۰۱۰ تولید شده و عمدتاً در دهلی‌نو به فروش رسیدند. علاوه بر این، Tata به همراه Ashok Leyland همانند سایر OEMهای خارجی، به سمت تولید اتوبوس‌هایی با پیشرانه‌های نوین ازجمله هیبرید الکتریکی و الکتریکی خالص حرکت کردند. در ژانویه ۲۰۱۵، Ashok Leyland اعلام نمود که با همکاری شرکت Optare شروع به تولید اتوبوس تمام الکتریکی نموده است. شرکت Ashok Leyland در سال‌های آتی از این اتوبوس خود رونمایی نمود [۵۱]. همچنین شرکت BYD در سال ۲۰۱۴، از اولین اتوبوس تمام الکتریکی خود در بنگالور هند رونمایی نمود. این اتوبوس به‌صورت رایگان برای آزمایش به دولت هند داده شد. بااین‌وجود می‌توان گفت همچنان اتوبوس‌های دیزلی در آینده نزدیک و میان‌مدت، اتوبوس‌های غالب در هند خواهند بود اما انتظار می‌رود که پیشرانه‌های جایگزین در چند سال آینده رشد قابل‌توجهی پیدا کنند [۳۱].

جدول ۳-۵ وضعیت برخی پروژه‌های آزمایشی شرکت‌های حمل و نقل کشور هند را مبنی بر استفاده از اتوبوس‌های الکتریکی در خطوط ناوگان خود در شهرهای مختلف نشان می‌دهد. شهرهای دیگر مانند Chandigrah، Hyderabad، Chennai و Ahmedabad در حال استفاده از اتوبوس‌های الکتریکی به‌صورت طرح آزمایشی در برخی خطوط اتوبوس‌رانی خود هستند. ضمنا، آژانس‌های حمل‌ونقلی بیان شده در جدول ۳-۶ نیز سفارش خرید اتوبوس برقی را ثبت نموده‌اند [۵۰].

جدول ۳-۵- برخی از پروژه‌های آزمایشی استفاده از اتوبوس‌های الکتریکی در هندوستان

شرکت/ آژانس	شهر، ایالت	وضعیت کنونی
Mumbai Metropolitian Region Development Authority (MMRDA)	Mumbai, Maharashtra	۲۵ اتوبوس هیبریدی خریداری شد است.
BEST Mumbai	Mumbai, Maharashtra	سفارش ۵ اتوبوس الکتریکی به Goldestone BYD
Himachal Road Transport Co.	Shimla/ Manali, Himachal Pradesh	سفارش ۲۵ اتوبوس الکتریکی به Goldestone BYD
The Hidco and Coal India Ltd.	West Bengal	سفارش ۳ اتوبوس الکتریکی به Eicher KPIT

Thane Municipal Transport (TMT)	Thane, Maharashtra	مناقصه خرید ۱۰۰ اتوبوس الکتریکی نهایی شده است.

جدول ۳-۶- برخی از سفارشات ثبت شده اخیر توسط آژانس‌های حمل و نقل هندوستان برای خرید اتوبوس الکتریکی

آژانس	نوع اتوبوس	تعداد	هزینه هر اتوبوس (روپیه)
Best Mumbal	Midi (9m) Non-AC Buses	۵	۱۶،۰۰۰،۰۰۰
HRTC Shimla	Midi (9m) Non-AC Buses	۲۵	۱۹،۰۰۰،۰۰۰

مزیت بزرگی که OEMهای داخلی در مقایسه با اروپا یا آمریکای شمالی دارند، قیمت پایین‌تر بازار برای پیشرانه‌های دیزلی معمولی و پیشرانه‌های نوین است. علاوه بر این، بازار هم‌اکنون در حال تثبیت است. سال‌ها انزوای بازار هند منجر به توسعه یک شبکه خوش ساختار معامله و خدمات برای کارخانه‌های داخلی شده است. حدود ۹۰ درصد از سهم بازار بین چند تولیدکننده هندی تقسیم شده است؛ به همین دلیل است که شرکت‌های خارجی برای ورود به بازار و رقابت با بازارهای ارزان‌قیمت داخلی دچار دشواری شده‌اند. به‌علاوه، شرکت‌های خارجی باید با قوانین پیچیده، ساختارهای دولتی و همچنین تعرفه‌های واردات مواجه شوند، که باعث کاهش قدرت رقابت آن‌ها می‌شود. درنهایت، OEMهای داخلی از مزایای همکاری قوی با آژانس‌های حمل‌ونقل دولتی (STU) برخوردار هستند. تمام پروژه‌های جدید BRT که توسط آژانس‌های حمل‌ونقل آغاز می‌شود بلافاصله توسط OEMهای داخلی مانند Tata Motors یا Ashok Leyland پشتیبانی می‌شوند.

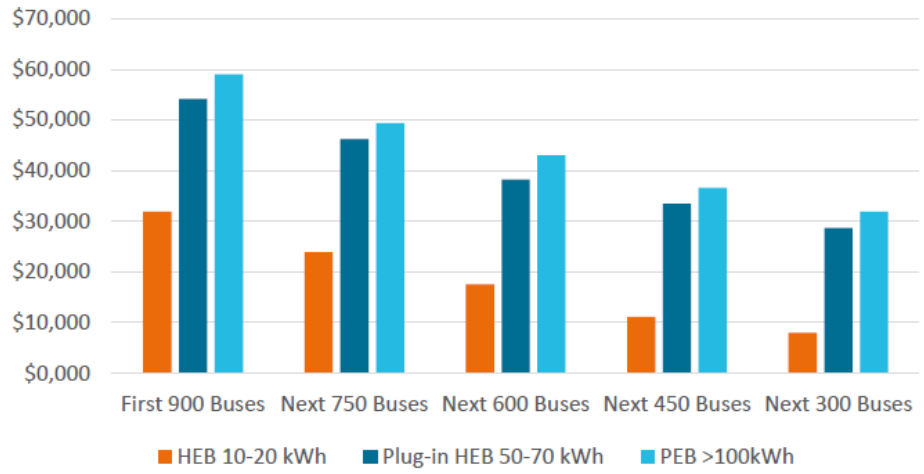
بازار اتوبوس در هندوستان، دومین بازار بزرگ در جهان است و عمدتاً بین دو تولیدکننده داخلی Tata و Ashok Leyland تقسیم شده است. هر دوی این شرکت‌ها اتوبوس‌های هیبریدی خود را معرفی نموده‌اند. محصولات این دو شرکت به مقرون‌به‌صرفه بودن و استانداردهای فنی و ایمنی ساده شناخته می‌شوند. ازاین‌رو، تفاوت قیمت بین اتوبوس‌های هند و اروپا نشان‌دهنده تفاوت در فناوری‌ای آن‌هاست (جدول ۳-۷). بااین‌حال، Tata و Ashok Leyland در حال ارتقا و توسعه کیفیت و استاندارد در زمینه اتوبوس‌های هیبریدی و تمام الکتریکی هستند. ازآنجایی‌که بازارهای هند و آسیا پتانسیل رشد چشمگیری دارند، OEMهای هندی دلیلی برای گسترش تجارت خود به بازارهایی به‌غیراز آسیا، آمریکای جنوبی یا آفریقا ندارند.

جدول ۳-۷- مقایسه قیمت‌های اتوبوس در اروپا و هندوستان

	اتوبوس دیزلی	اتوبوس هیبریدی	اتوبوس الکتریکی
اروپا	۳۰۰۰۰۰-۴۱۰۰۰۰ دلار	۴۵۰۰۰۰-۵۴۰۰۰۰ دلار	۵۹۵۰۰۰-۶۸۰۰۰۰ دلار
هندوستان	۷۵۰۰۰-۱۱۰۰۰۰ دلار	۱۷۵۰۰۰-۲۲۵۰۰۰ دلار	۳۲۵۰۰۰-۴۰۰۰۰۰ دلار
اختلاف	تقریباً ۲۵٪	تقریباً ۳۹٪ تا ۴۷٪	تقریباً ۵۵٪ تا ۵۸٪

سطح تحقیق و توسعه OEMهای داخلی و تولیدکنندگان قطعات در مورد تمام اجزاء کلیدی نسبت به سطح OEMهای خارجی پایین است. با توجه به سال‌های انزوای بازار هند و سطح پایین تحقیق و توسعه، هند از لحاظ فناوری از کشورهای دیگر، عقب‌تر مانده است. علاوه بر این، شهرهای هند هنوز از نظر سرمایه‌گذاری زیربنایی ضروری عقب هستند. بنابراین، سرمایه‌گذاری زیرساختی برای اجرای طرح‌های مرتبط با اتوبوس‌های الکتریکی بسیار مهم است، زیرا آن‌ها نیاز به زیرساخت شارژ و همچنین یک شبکه جاده‌ای کافی دارند. در حال حاضر بسیاری از شهرها و سیستم های حمل‌ونقل هند، کشش این تقاضای حمل‌ونقل در حال رشد را ندارد. این امر به‌طور مستمر باعث ترافیک سنگین و ازدحام می شود. درنتیجه، مسافرین حمل‌ونقل عمومی از مینی‌بوس‌ها استفاده می‌کنند که منجر به تراکم ترافیک می‌شوند. بازار اتوبوس هند همچنان یک بازار در حال گسترش است که نیاز به افزایش حمایت دولت دارد. دولت در اجرا سازی حمل‌ونقل الکتریکی با ورود در پنج حوزه اصلی نقش کلیدی دارد: ایجاد تقاضا، مداخلات مربوط به عرضه، زیرساخت‌های تغذیه و شارژ، تحقیق و توسعه و اعمال سیاست‌های سخت گیرانه در مصرف بهینه سوخت. تقاضا را می‌توان از طریق فرمان استفاده از اتوبوس‌های الکتریکی یا هیبریدی در حمل‌ونقل عمومی یا از طریق یارانه‌های انگیزشی نقدی یا مالیاتی تحریک کرد. همچنین نیاز به مداخلات مربوط به بازار عرضه برای تحریک تولید داخلی وجود دارد؛ مثلاً از طریق معافیت‌های مالیاتی. یارانه‌های انگیزشی پیشنهادی (نمودار شکل ۳-۴) هنوز تحقق‌نیافته‌اند، اما پس از اجرا، می‌توانند فرصتی برای OEMها باشند [۳۱].

برای تقویت سطح تحقیق و توسعه، هم سرمایه‌گذاری‌های دولتی و هم سرمایه‌گذاری‌های صنعت نیاز است. به‌منظور ایجاد قابلیت رقابت در سطح بین‌المللی، شرکت‌های هندی نیاز به بهبود تحقیق و توسعه خود در زمینه‌های تحقیقاتی مانند سلول‌های باتری یا فناوری‌های مرتبط با پیشرانه دارند. همکاری‌های راهبردی و به اشتراک‌گذاری دانش با تولیدکنندگان خارجی می‌تواند به بهبود سطح تحقیق و توسعه کمک کند. زمانی که خودروهای الکتریکی ازنظر اقتصادی به‌صرفه‌تر از امروز شدند و محبوبیت بیشتری نسبت به وضع کنونی یافتند، سیاست‌های سخت گیرانه مصرف بهینه سوخت می‌تواند ابزار مناسب برای حمایت از فروش آن‌ها باشد [۳۱].



شکل ۳-۴ – یارانه‌های انگیزشی پیشنهادی برای تحریک تقاضا در بازار هند [۳۱]

سیاست‌های گسترش استفاده از اتوبوس‌های نوین

در سال ۲۰۰۵، دولت هند، یک برنامه مدرن سازی بزرگ شهری را با نام اختصاری JNNURM[1] آغاز نمود. هدف اصلی آن بهبود کیفیت حمل‌ونقل عمومی از طریق تقویت ناوگان اتوبوس و زیرساخت‌های موجود در مناطق شهری هند با معرفی BRTS[2] بود. پیشرفته‌ترین و توسعه‌یافته‌ترین BRTS هند در حال حاضر در احمدآباد واقع شده است. این مورد موفق، شهرهای دیگر مانند چنای، کلکته، بنگلور یا اندور را برای پیاده‌سازی یا راه‌اندازی یک سیستم حمل‌ونقل مشابه هدایت کرد. تعداد ۱۱ پروژه BRTS تحت برنامه JNNURM در شهرهای جیپور، پونه، کلکته و ... در مراحل مختلف اجرا هستند. هرچند بسیاری از شهرهای با بیش از یک‌میلیون نفر سکنه در هند هنوز دارای سیستم مناسب اتوبوس‌رانی نیستند.

پیاده‌سازی BRTS و تأمین هزینه‌های خرید اتوبوس‌های شهری تحت برنامه JNNURM منجر به معرفی اتوبوس‌های مدرنی در هند شده که سبب جذاب‌تر شدن سرویس‌های اتوبوس شهری این کشور گشته است. در فاز اول برنامه JNNURM بیش از ۱۵۰۰۰ دستگاه اتوبوس خریداری شد. هدف اصلی مرحله دوم ساخت اتوبوس هیبریدی آکاردئونی بود. دو شرکت بزرگ Tata Motors و Ashok Leyland بسیار از برنامه JNNURM منتفع شدند چراکه اکثر سفارشات را آن‌ها دریافت می‌کردند. هرچند پس از چند سال موفقیت، JNNURM به‌طور گسترده موردانتقاد قرار گرفت تا جایی که دولت تصمیم گرفت تا برنامه JNNURM را منقضی اعلام کند. در عوض، دولت یک طرح

[1] Jawaharlal Nehru National Urban Renewal Mission (JNNURM)

[2] Bus rapid transit-system

جدید با عنوان «شهرهای هوشمند[1]» ارائه داد که در آن حمل‌ونقل (ازجمله حمل‌ونقل عمومی) یک عنصر مهم است [۳۱].

دولت هندوستان در سال ۲۰۱۵ توسط وزارت صنایع سنگین این کشور، از برنامه‌ای رونمایی کرد با عنوان " تولید و به‌کارگیری سریع‌تر خودروهای الکتریکی و هیبریدی[2]" که هدف آن تحریک خرید و استفاده از خودروهای الکتریکی است. دولت فاز ۱ این برنامه را تا تاریخ ۳۱ مارس ۲۰۱۸ به مدت ۶ ماه تمدید نمود. ضمناً وزارتخانه صنایع سنگین، به‌طور خاص اطلاعیه‌ای مبنی بر شرایط شمول اتوبوس‌های الکتریکی در این برنامه صادر نمود [۵۰].

برای اینکه یک اتوبوس الکتریکی بتواند از مزایای برنامه FAME بهره‌مند شود، باید حداکثر مصرف انرژی آن در ۱۰۰ کیلومتر کمتر از ۱۷۵کیلووات ساعت باشد. یارانه‌های پرداختی از سمت دولت، برای اتوبوس‌های الکتریکی به شرح زیر است:

- یارانه سطح ۱ (در صورت بومی‌سازی حداقل ۱۵٪): مقدار ۶۰٪ از بهای خرید یا ۸/۵ میلیون روپیه (هرکدام که کمتر باشد)
- یارانه سطح ۲ (در صورت بومی‌سازی حداقل ۳۵٪): مقدار ۶۰٪ از بهای خرید یا ۱۰ میلیون روپیه (هرکدام که کمتر باشد)

وزارتخانه یک بسته پیشنهادی اضافه نیز برای تجهیزات شارژ پرداخت می‌کند. این بسته تشویقی شامل پرداخت مبلغی حداکثر تا ۱۰٪ از هزینه کل یارانه اتوبوس، برای خرید تجهیزات شارژ، طی قراردادی بین خریدار و تولید/تأمین‌کننده (OEM) با شرکت‌های زیرمجموعه آژانس حل و نقل دولتی می‌گردد.

بر اساس راهنمای برنامه، خریدار باید پروسه سفارش را نهایی نماید و میزان یارانه پرداختی، نهایتاً بر اساس هزینه پرداخت‌شده برای خرید، تعیین می‌گردد. این مبلغ در سه قسط سالیانه (برابر) به خریدار تعلق می‌گیرد که اولین پرداخت آن، بعد از نهایی شدن قرارداد خرید است [۵۰].

روند فناوری اتوبوس‌ها در هندوستان

در هندوستان، سطح کنونی توجه به توسعه فناوری و استفاده از آن درزمینه حل و نقل نوین، محدود است. تقاضای اندک در حوزه خودرو برقی در گذشته، سبب سرمایه‌گذاری اندک در زمینه قطعات مختص این نوع از خودروها شده است. در هندوستان، فناوری باتری‌های سرب-اسید، سهم عمده را در زمینه باتری خودروهای برقی دارد. هرچند مؤسساتی مانند "مرکز مواد و انرژی خودرو" برنامه‌های تحقیق و توسعه را بر روی مواد و اجزای وسایل نقلیه الکتریکی و هیبریدی اجرا می‌کنند. این مؤسسات به‌ویژه در توسعه باتری‌های لیتیوم-یونی تمرکز دارند؛ چراکه بزرگ‌ترین نگرانی مربوط به توسعه حمل‌ونقل الکتریکی، فناوری باتری است.

[1] Smart Cities project

[2] FAME (Faster adoption and manufacturing of hybrid and electric vehicles)

شرکت‌های تولیدی (OEM) مانند Ashok Leyland یا Tata Motors در حال حاضر تولید اتوبوس‌های هیبریدی و الکتریکی را انجام می‌دهند و تحقیقات در زمینه توسعه پیشرانه‌های نوین و سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی (EES) را نیز در دست اجرا دارند. این OEMها به‌خصوص از مهارت‌های فناورانه و تحقیق و توسعه شرکت‌های زیرمجموعه خود (Optare یا Jaguar Land Rover Automotive) بهره می‌برند. سایر تولیدکنندگان خودرو مانند Mahindra Reva سرمایه‌گذاری درازمدت درزمینه فناوری‌های جایگزین انجام می‌دهند. بااین‌حال، اکثر فناوری‌های خودرو الکتریکی و محصولات مرتبط، هنوز باید از طریق واردات تأمین شوند. بنابراین، در زمان کنونی نگارش این گزارش، عمدتاً فعالیت‌های مونتاژ در هندوستان انجام می‌شود [۳۱].

فصل ۴ استخراج اطلاعات آماری اتوبوس‌های شهری در کشور و استخراج اطلاعات فنی پیشرانه‌های آنها

در این فصل موضوعاتی از قبیل تاریخچه سیستم اتوبوسرانی شهری و سابقه آن در ایران، وضعیت شرکت واحد در تهران، سامانه اتوبوسرانی تندرو تهران، مکاتبات و نامه‌های ارسالی و واصله از سوی آن ارگان‌ها در پاسخ به استعلام و درخواست پژوهشگاه نیرو، آمار وضعیت شرکت واحد اتوبوس‌رانی تهران در سال ۱۳۹۳، مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های درون شهری دیزلی، گاز سوز و برقی فعال در سطح شهر تهران و تعدادی از شهرهای کشور و نیز مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های شهری ایران و پیشرانه‌های آنها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۴۱ مقدمه‌ای بر سیستم اتوبوس‌رانی شهری و سابقه آن در ایران و جهان

اولین خط سرویس حمل‌ونقل عمومی در سال ۱۶۶۲ میلادی در شهر پاریس برقرار شد. وسیله نقلیه این خط کالسکه و دلیجان بود و به ترتیب در شهر لندن (۱۸۲۹م) و در شهرهانور (۱۸۲۵م) چنین سرویس‌هایی را برقرار کردند. سپس ایجاد مسیرهایی ویژه به شکل خط آهن بود که قوه محرکه آن کماکان اسب‌ها بودند. در قرن ۱۹ میلادی تعدادی از متخصصان بر آن شدند که با استفاده از نیروی مکانیکی اتوبوس تهیه کنند که به علت محدودیت فنی، اقتصادی و قانونی، نهایتاً در سال‌های ۱۹۲۰ تا ۱۹۳۰ میلادی، اتوبوس‌های جدید مکانیکی جایگزین اتوبوس‌های قبلی شدند. نخستین وسیله نقلیه عمومی که در ایران آغاز به کارکرد، واگن اسبی بود. بلژیکی‌ها پس از ایجاد راه‌آهن حضرت عبدالعظیم (ماشین‌دودی) به فکر تأسیس چند خط حمل‌ونقل مسافر در شهر تهران افتادند. به همین منظور، حدود سال ۱۲۹۸ شمسی در خیابان‌های ری، لاله‌زار، ناصریه (ناصرخسرو)، سپه و شاهپور، ریل کار گذاشته و پس از نصب ریل در این خیابان‌ها، مسافران را با واگن اسبی -که روی ریل حرکت می‌کرد- جابه‌جا می‌کردند. اولین اتوبوس در ایران توسط یک تاجر بلژیکی در شهر رشت به کار گرفته شد و پس از انقلاب مشروطه اتوبوس به تهران آورده شد. در سال۱۳۰۵ ،لایحه تأسیس شرکت‌های اتوبوس‌رانی خصوصی در ایران تصویب شد. در سال ۱۳۲۱ سهیلی نخست‌وزیر وقت مصوبه‌ای مبنی بر اجازه ایجاد شرکت‌های حمل‌ونقل شهری ارائه کرد. در سال ۱۳۲۳ یکی از بانک‌ها دستور گرفت تا تعدادی اتوبوس وارد کند. از ۵۰ دستگاه اتوبوس وارداتی مدل جدید، ۳۰ دستگاه به تهران اختصاص داده شد. این اتوبوس‌ها که بعدها تعدادشان به ۲۰۰ دستگاه رسید به‌صورت اقساط به شرکت‌های خصوصی فروخته شدند. این جریان برنامه‌ای بود که بعد از شهریور ۱۳۲۰ به‌نوعی برای ایجاد رضایت عمومی به راه افتاده بود. در سال ۱۳۳۱ قانون تأسیس شرکت‌های اتوبوس‌رانی عمومی در شهرها به تصویب مجلس شورای ملی رسید و امتیاز آن نیز به شهرداری‌ها محول گردید. در همین سال، شرکت

اتوبوسرانی تبریز تأسیس شد. نهایتاً در ۲۵ فروردین ۱۳۳۵ شرکت سهامی اتوبوسرانی تهـــران با نام "شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه" با سرمایه سیصد میلیون ریال به ثبت رســید، تا سیستم اتوبوسرانی تهران منسجم شده ، شرکت‌های خصوصی اتوبوسرانی نیز به آن ملحـــق شوند. همزمان با آن، شرکت اتوبوسرانی اهواز نیز تأسیس شد. از سال ۱۳۳۶ به بعد اقـــداماتی در جهت تحویل خطوط از بخش خصوصی، تغییر خطوط، واردات اتوبوس و افـــزایش تعـداد ناوگان و همچنین، افـزایش نـرخ بلیـت صـورت گرفـت. البتـه، تغییـر خطـوط در ابتـدا نارضایتی‌هایی را در پی داشت، لیکن مردم به آن عادت کردند. فعالیـت شرکت‌های اتوبوسرانی شهری در دهه ۴۰ با تأسیس شرکت‌هایی در مشـهد، اصفهان ،کرمان و ارومیه، ادامه یافت. در دهه ۱۳۵۰و پیش از پیروزی انقلاب، تعداد ایـن شـهرها بـه ۱۴ شهر رسید و شهرهایی مانند شیراز، بوشهر، آبادان، کرمانشاه، گرگـان و بابـل نیـز صـاحب امتیاز اتوبوسرانی شدند. بالاخره پس از پیروزی انقـلاب اسـلامی سی‌وسه اتوبوسرانی شهری دیگر به این تعداد اضافه شد. [۵۲]

۴ ۲ وضعیت شرکت واحد تهران در سال‌های مختلف

اولین قانون شـرکت اتوبوسـرانی عمومی تهران ۱۷ آبان ماه ۱۳۳۴ با سـرمایه قانونی شـرکت واحد ۳۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال و درآمد روزانه اتوبوســرانی تهران ۸۰۰/۰۰۰ ریال ، درآمد یک روز یک دســتگاه اتوبوس ۲/۰۰۰ ریال و آمار جابجایی روزانه در ســال ۱۳۳۵ برابر با ۱۵۰/۰۰۰ نفر، نرخ کرایه‌ها ۲/۱ ریال و اولین خط شــرکت واحد: خط ۱ - میدان امام حسین (شهناز)- (سبزه‌میدان)، تعداد ناوگان شرکت واحد: ۲۴۶ دستگاه اتوبوس و تعداد خطوط شبکه: ۵ خط، مبلغ درآمد اولین سـال فعالیت شـرکت واحد در سـال ۱۳۳۵ برابر با ۶۳/۳۳۹/۷۵۹ ریال، سـود سـال اولین فعالیت: ۱۲/۰۰۰/۰۰۰ ریال ، هزینه‌های استهلاک و بهره‌برداری از هر اتوبوس: ۷۳۰ ریال ، هزینه سوخت مصرفی هر اتوبوس در روز: ۲۵۰ ریال و طول اولین شــبکه خطوط: ۳۰/۸ کیلومتر تأســیس گردید. در ۳۰ خرداد ۱۳۳۸ تعداد یک‌میلیون و دویست هـزار نفـر در تهـران سـوار اتوبـوس می‌شدند. در ۲۸ شهریور ۱۳۴۰ تعداد اتوبوس‌ها ۱۵۰۰ عدد بود که یکصد دستگاه از این اتوبوس‌ها ، شـورلت بـود . در همان تاریخ ،۳۰۰ دستگاه اتوبوس از کشور انگلستان خریداری و مقرر گردید مونتاژ اتوبوس‌های مـذکور در تهران توسط کارگران شرکت واحد صورت پذیرد. در ۱۱ آذرماه ۱۳۴۴ تعـداد اتوبوس‌های شـرکت واحد ۱۸۰۰ دستگاه اتوبوس بـود.۲۰۰ دسـتگاه اتوبـوس دوطبقه از لنـدن در تــاریخ ۲۵ فــروردین ۱۳۴۵ خریداری گردید. در ۲۶ اردیبهشت ۱۳۴۵ ،۲۰۰دستگاه اتوبوس دوطبقه ،۳۰۰ دستگاه اتوبـوس بنـز و ۲۰۰ دستگاه اتوبوس کوچک خریداری گردید. در ۶ دی‌ماه ۱۳۴۵ ،۱۶ دسـتگاه اتوبـوس جدیـد کـه به‌وسیله کارخانجات ایران ناسیونال ساخته شده به شرکت واحد تحویل داده شد. در تاریخ ۱۱ فروردین ۱۳۴۷ ،سه دستگاه از اتوبوس‌های شرکت به دستگاه گازسوز مجهز شدند و مقرر شد تا چند روز آینده هفت دستگاه دیگر نیز به همین سیستم مجهز گردند. تعداد اتوبوس‌های در اختیار شرکت واحـــد در ۲۸ شـــهریور ۱۳۴۷، ۲۷۰۰ دستگاه اتوبوس یک طبقه و دو طبقه بود. در ۱ آبان ۱۳۴۸ تعداد اتوبوس‌های مجهز به سـیـــســتم گـــاز مایع به تعداد ۱۸۰دستگاه رسید. در مورخ یک خرداد ۱۳۵۰ نسبت به تهیه مقدمات خرید نزدیـک بـه ۲۰۰ دستگاه اتوبوس جدید

اقدام شد که این اتوبوس‌ها یک طبقه و دو طبقه بودند که بـــا سیـــستم جدیـــدی به‌عنوان اتوبوس‌های تندرو در خطوط اصلی و مهم شهر اســـتفاده می‌شدند. در ۲۷ آذرماه ۱۳۵۰ تعـــداد دستگاه‌های اتوبوس شرکت واحد ۲۰۰۰ دستگاه اعلام شد. تعداد اتوبوس‌های شرکت واحـد در تـاریخ ۵ اردیبهشت ۱۳۵۱، ۲۶۵۰ عدد اتوبوس بود. در تاریخ ۲ تیرماه ۱۳۵۱ تعـداد ۱۰۰ دسـتگاه اتوبـوس نـو خریداری گردید که تا آخر همان سال به ۳۰۰ دستگاه افزایش یافـــت. در تـــاریخ ۱۱ تیـــر ۱۳۵۱ تعـــداد ۲۰۰ دستگاه اتوبوس دوطبقه با لیلاند موتور ایران جهت خرید قرارداد منعقـد گردیـد کـه ده دسـتگاه از ایـن قرارداد در مورخ ۷ اسفند ۱۳۵۱ وارد ایران گردید. در مـورخ ۱۴ اردیبهـشت ۱۳۵۴ خـــط اول اتوبوس‌رانی تندرو شرکت شروع بکار نمود. تعدادی اتوبوس‌های دو کابین از کشور اسپانیا خریداری گردیـد کـه بـین ۱۵۰ تا ۱۸۰ نفر مسافر را در خود جای می‌داد. در تـاریخ ۴ دی‌ماه ۱۳۵۶، ۴۷۰ دسـتگاه اتوبـوس مـدرن اعتبار اختصاص گردید. همچنین ۱۵۰ دستگاه اتوبوس مدل ۳۰۲ مجهز به موتور(او-ام) ۳۶۰ مرسـدس بنـز ساخت کارخانجات صنعتی ایران ناسیونال و ۳۰۰دستگاه اتوبوس مدل ۳۰۵ دیزلی و ۲۰ دسـتگاه اتوبـوس مدل ۳۰۵ گازسوز از طریق انعقاد قرارداد با کارخانجات ایران ناسیونال از کارخانجات دایمبرنـــد آلمـــان را تصویب نمود .در ۷ خرداد ۱۳۵۷ تعداد اتوبوس‌های شرکت واحد ۲۱۵۰ دستگاه رسید.در مورخه ۲۹ مرداد ۱۳۵۷ تعداد ۲۰۰ اتوبوس جدید خریداری گردید که از نوع بنزهای ۳۰۵ بود. در سال ۱۳۵۸، ۳۰۰ دســـتگاه اتوبـــوس از کارخانجـــات ایـــران ناسـیونال خریـداری گردیـد و ۱۰۰ دسـتگاه اتوبوس دوطبقه از کارخانـه لیلانـد موتور خریـداری گردیـد.در سـال ۱۳۶۰، ۴۰۰ دسـتگاه اتوبـوس از کارخانجات ایران ناسیونال خریداری گردید.در سال ۱۳۶۳،خریداری ۷۵۰ دستگاه اتوبوس ۳۰۵ از کارخانه بنز آلمان و ۵۰۰ دستگاه از شرکت ایران‌خودرو صـورت گرفـت. در مهرمـاه ۱۳۶۵ تعـداد اتوبوس‌های شـرکت واحد ۲۷۰۰ دسـتگاه اعلام گردید و تعداد مینی‌بوس تحت پوشـش نیز ۴۵۰۰ دسـتگاه تعیین شـد.در سال ۱۳۶۸ تعدادی اتوبوس ۳۰۵ دسته دوم از آلمـان غربـی خریـداری گردیـد و خریـداری ۸۰۰ دسـتگاه اتوبوس از آلمان غربی که برابر قرارداد طی یک سال به شرکت تحویل شود. در همین سال یک اتوبـــوس دو کابین بطور آزمایشـی در یکی از خطوط اتوبوس‌رانی تهران شـروع بکار نمود .در تاریخ ۱ مهر ۱۳۶۹ ، تعداد ۲۳۳۷دسـتگاه اتوبوس در شرکت واحـد اتوبوسـرانی تهـران و حومـه بـوده است که نسبت به سال مشابه اش ۳۹۶ دستگاه اضـافه شـده اسـت.در تـاریخ ۳۰ آبـان ۱۳۶۹، ۱۲ دسـتگاه اتوبوس مان خریداری و به ناوگان اتوبوس‌رانی اضافه گردید. در ۱۸ مهرماه ۱۳۷۰، ۱۵۰ دســـتگاه اتوبـــوس از نوع ولوو ، ایکاروس و ۳۰۵ وارد ناوگان گردید.در تاریخ ۹ خـــرداد ۱۳۷۱ ۱۰۰ دسـتگاه اتوبـوس کـه ۵۰ عدد آن ولوو و ۵۰ عدد دو کابین بود وارد ناوگان شد که تعداد کل اتوبوس‌ها به ۲۶۰۰ دسـتگاه رسـید.در تاریخ ۲۵ تیرماه۱۳۷۱، ۱۲۰ دستگاه اتوبوس جدید خریداری و به ناوگان اضافه شد. در ۲۳ شـهریور ۱۳۷۱، ۳۰دستگاه اتوبوس برقی وارد ناوگان شد. در مهرماه ۱۳۷۱ تعداد اتوبوس‌های ناوگان اتوبوسرانی بـه ۲۸۰۰ دستگاه رسید. در ۳۰ آبان ۱۳۷۱، ۱۰۰ دستگاه اتوبوس جدید از نـوع دو کـابین وارد ناوگـان گردیـد. در ۲۶ اردیبهشت ۱۳۷۲، ۹۰ ٪ اتوبوس‌های شرکت دارای سیستم تنظیم سوخت گردیدند. در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ۱۳۷۲، ۳۰۰ دستگاه اتوبوس از نوع دو کابین وارد ناوگان گردید. در تاریخ ۳ خرداد ۱۳۷۲،نخستین اتوبوس گازی در پارک‌سوار بیهقی به کار افتاد. در تاریخ ۱۹ دی‌ماه ۱۳۷۲، ۱۰۷۲ دستگاه اتوبوس ۳۰۲ بازسازی و گازسوز شده است.

در تاریخ ۲۸ اردیبهشت ۱۳۷۳،تعداد خطوط اتوبوسرانی ۱۹۰ و چهار هزار دستگاه اتوبوس در ناوگان موجود بودند. در مهرماه ۱۳۷۳ ، ۳۵۰۰ دستگاه اتوبوس در خطوط داخلی و ۳ هزار دستگاه اتوبوس و مینی‌بوس در حومه به جابجایی مسافر مشغول می‌شود. در تاریخ ۸ آبان ۱۳۷۳ ، ۲۰ دستگاه اتوبوس ۳۵۵ تحویل شرکت واحد گردید. در مورخ ۱۸ اردیبهشت‌ماه ۱۳۷۴ ،یک دستگاه اتوبوس اتوماتیک به ناوگان افزایش یافت .در مقایسه با سال ۱۳۶۸ میزان اتوبوس‌های شرکت دو برابر گردید و به ۱۶۵۰ دستگاه به آن سال افزایش یافت.در مهرماه سال ۱۳۷۴،تعداد ناوگان عمومی اتوبوسرانی به ۴۳۰۰ دستگاه رسید و تعداد ۳۷۰۰ دستگاه اتوبوس و مینی‌بوس تحت پوشش بودند. در تاریخ ۴ دی‌ماه ۱۳۷۴،برابر اعلام روابط عمومی تعداد اتوبوس‌های فعال شرکت ۳۵۰۰ دستگاه اعلام گردید و تعداد ۲۵۰۰ دستگاه کمبود اتوبوس بیان شده است.در تاریخ ۱۲ اسفند ۱۳۷۴ برابر اعلام مدیر عامل وقت ۱۰۰ دستگاه اتوبوس تا پایان همان سال به ناوگان اضافه می‌گردد.در تاریخ ۷ شهریور ۱۳۷۵،برابر اعلام مدیرعامل وقت ، ۱۰۰ دستگاه اتوبوس شرکت واحد گازسوز گردید و تعداد اتوبوس‌های شرکت واحد ۴۳۰۰ دستگاه اعلام گردید. در مورخ ۲۲ آبان ماه ۱۳۷۵ ، ۲۰۰ دستگاه اتوبوس به ناوگان اضافه گردید.در تاریخ ۲۲ آذرماه ۱۳۷۵،تعداد ۱۱۴ دستگاه اتوبوس جدید به ناوگان اضافه گردید.

در۲۲ آذرماه ۱۳۷۵ برابر اعلام مدیرعامل شرکت بر اساس برنامه (تهران ۸۰)سالانه ۳۵۰ دستگاه اتوبوس به ناوگان شرکت واحد باید اضافه بگردد. در۲۹ آذرماه ۱۳۷۵ ، ۱۰۰ دستگاه اتوبوس گازسوز مورد بهره‌برداری قرار گرفت .در۲۳ اسفند ۱۳۷۵ ،فاز دوم اتوبوس برقی با ۳۵ دستگاه افتتاح شد .در۱۶ اسفندماه ۱۳۷۶ برابر اعلام معاونت حمل‌ونقل شهری تعداد اتوبوس موردنیاز تهران ۵۰۰۰ دستگاه اتوبوس فعال می‌باشد.در تاریخ۳۱ شهریور ۱۳۷۶ ، ۵۰۰ دستگاه اتوبوس به ناوگان حمل‌ونقل عمومی شرکت واحد پیوست .در تاریخ ۱۵ فروردین ۱۳۷۸ آغاز بکار ، واگذاری و افتتاح ۵۰۰ دستگاه اتوبوس جدید به شرکت واحد صورت گرفت .در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ۱۳۷۸ ،تعداد اتوبوس فعال شرکت ۳۵۰۰ دستگاه برابر اعلام وزارت کشور و به گفته رئیس‌جمهوری وقت برای رسیدن به وضعیت مطلوب باید سالانه ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس اضافه تا شرایط مطلوب شود . تا تیرماه ۱۳۷۸ تعداد اتوبوس فعال شرکت ۳۵۰۰ دستگاه و تعداد ۴۹۰۰ دستگاه اتوبوس و مینی‌بوس بخش خصوصی تحت نظارت شرکت می‌باشد که می‌توان گفت حدود ۸۴۰۰ دستگاه اتوبوس و مینی‌بوس کل ناوگان اتوبوسرانی تهران و حومه بوده است.[۵۲]

جدول ۴-۱- جدول اطلاعات آماری تاریخچه اتوبوسرانی شهر تهران

ردیف	سال	تعداد اتوبوس های شهر تهران (دستگاه)	توضیحات
(۱	۱۳۳۵	۲۴۶ دستگاه	
(۲	۲۸ شهریور ۱۳۴۰	۱۵۰۰ دستگاه	
(۳	شهریور ۱۳۴۰		۳۰۰ دستگاه اتوبوس از کشور انگلستان خریداری گردید.
(۴	۱۱ آذرماه ۱۳۴۴	۱۸۰۰ دستگاه	

۵)	۲۵فروردین ۱۳۴۵		خریداری ۲۰۰ دستگاه اتوبوس دوطبقه از لندن
۶)	۲۶ اردیبهشت ۱۳۴۵		۲۰۰دستگاه اتوبوس دوطبقه ،۳۰۰ دستگاه اتوبوس بنز و ۲۰۰ دستگاه اتوبوس کوچک خریداری گردید
۷)	۶ دی‌ماه ۱۳۴۵		۱۶ دستگاه اتوبوس جدید که به‌وسیله کارخانجات ایران ناسیونال ساخته شده به شرکت واحد تحویل داده شد
۸)	۱۱ فروردین ۱۳۴۷		سه دستگاه از اتوبوس‌های شرکت به دستگاه گازسوز مجهز شدند
۹)	۲۸ شهریور ۱۳۴۷	۲۷۰۰ دستگاه اتوبوس یک طبقه و دو طبقه	
۱۰)	۱ آبان ۱۳۴۸	۱۸۰دستگاه اتوبوس‌های مجهز به سیستم گاز مایع	
۱۱)	یک خرداد ۱۳۵۰		خرید نزدیک به ۲۰۰ دستگاه اتوبوس یک طبقه و دو طبقه به‌عنوان اتوبوس‌های تندرو
۱۲)	۲۷ آذرماه ۱۳۵۰	۲۰۰۰ دستگاه	
۱۳)	۵ اردیبهشت ۱۳۵۱	۲۶۵۰ دستگاه	
۱۴)	۲ تیرماه ۱۳۵۱		خریداری ۱۰۰ دستگاه اتوبوس که تا آخر همان سال به ۳۰۰ دستگاه افزایش یافت
۱۵)	۱۱ تیر ۱۳۵۱		تعداد ۲۰۰ دستگاه اتوبوس دوطبقه با لیلاند موتور ایران جهت خرید قرارداد منعقد گردید که ده دستگاه از این قرارداد در مورخ ۷ اسفند ۱۳۵۱ وارد ایران گردید.
۱۶)	۱۴ اردیبهشت ۱۳۵۴		خط اول اتوبوس‌رانی تندرو شرکت شروع بکار نمود
۱۷)	۴ دی‌ماه ۱۳۵۶		۴۷۰ دستگاه اتوبوس مدرن اعتبار اختصاص گردید. همچنین ۱۵۰ دستگاه اتوبوس مدل ۳۰۲ مجهز به موتور(او-ام)۳۶۰ مرسدس بنز ساخت کارخانجات صنعتی ایران ناسیونال و ۳۰۰دستگاه اتوبوس مدل ۳۰۵ دیزلی و ۲۰ دستگاه اتوبوس مدل ۳۰۵ گازسوز از طریق انعقاد قرارداد با کارخانجات ایران ناسیونال از کارخانجات دایمبرند آلمان را تصویب نمود

(۱۸	۷ خرداد ۱۳۵۷	۲۱۵۰ دستگاه	
(۱۹	۲۹ مرداد ۱۳۵۷		خریداری ۲۰۰ اتوبوس جدید از نوع بنز ۳۰۵
(۲۰	۱۳۵۸		خریداری ۳۰۰ دستگاه اتوبوس از کارخانجات ایران ناسیونال و ۱۰۰ دستگاه اتوبوس دوطبقه از کارخانه لیلاند موتور
(۲۱	۱۳۶۰		خریداری ۴۰۰ دستگاه اتوبوس از کارخانجات ایران ناسیونال
(۲۲	۱۳۶۳		خریداری ۷۵۰ دستگاه اتوبوس ۳۰۵ از کارخانه بنز آلمان و ۵۰۰ دستگاه از شرکت ایران‌خودر
(۲۳	مهرماه ۱۳۶۵	۲۷۰۰ دستگاه اتوبوس و ۴۵۰۰ دستگاه مینی بوس	
(۲۴	۱۳۶۸		خریداری تعدادی اتوبوس ۳۰۵ دسته دوم از آلمان غربی و و خریداری ۸۰۰ دستگاه اتوبوس از آلمان غربی و بکارگیری یک اتوبوس دو کابین بطور آزمایشی در تهران
(۲۵	۱ مهر ۱۳۶۹	۲۳۳۷ دستگاه	
(۲۶	۳۰ آبان ۱۳۶۹		خریداری ۱۲ دستگاه اتوبوس مان
(۲۷	۱۸ مهرماه ۱۳۷۰		خریداری ۱۵۰ دستگاه اتوبوس از نوع ولوو ، ایکاروووس و ۳۰۵
(۲۸	۹ خرداد ۱۳۷۱		خریداری ۱۰۰ دستگاه اتوبوس که ۵۰ عدد آن ولوو و ۵۰ عدد دو کابین
(۲۹	۹ خرداد ۱۳۷۱	۲۶۰۰ دستگاه	خریداری ۱۲۰ دستگاه اتوبوس جدید
(۳۰	۲۵ تیرماه۱۳۷۱		
(۳۱	۲۳ شهریور ۱۳۷۱		خریداری ۳۰دستگاه اتوبوس برقی
(۳۲	مهرماه ۱۳۷۱	۲۸۰۰ دستگاه	
(۳۳	۳۰ آبان ۱۳۷۱		خریداری ۱۰۰ دستگاه اتوبوس جدید از نوع دو کابین
(۳۴	۲۶ اردیبهشت ۱۳۷۲		۹۰ ٪ اتوبوس‌های شرکت دارای سیستم تنظیم سوخت گردیدند
(۳۵	۲۹ اردیبهشت ۱۳۷۲		خریداری ۳۰۰ دستگاه اتوبوس از نوع دو کابین

(۳۶	۳ خرداد ۱۳۷۲		بکارگیری نخستین اتوبوس گازی در پارک‌سوار بیهقی
(۳۷	۱۹ دی‌ماه ۱۳۷۲		بازسازی و گازسوز نمودن ۱۰۷۲ دستگاه اتوبوس ۳۰۲
(۳۸	۲۸ اردیبهشت ۱۳۷۳	۴۰۰۰ دستگاه اتوبوس	تعداد خطوط اتوبوسرانی ۱۹۰ خط
(۳۹	مهرماه ۱۳۷۳	۳۵۰۰ دستگاه اتوبوس در خطوط داخلی و ۳ هزار دستگاه اتوبوس و مینی‌بوس در حومه	
(۴۰	۸ آبان ۱۳۷۳		خریداری ۲۰ دستگاه اتوبوس ۳۵۵
(۴۱	۱۸ اردیبهشت‌ماه ۱۳۷۴		ورود یک دستگاه اتوبوس اتوماتیک
(۴۲	مهرماه سال ۱۳۷۴	۴۳۰۰ دستگاه	تعداد ۳۷۰۰ دستگاه اتوبوس و مینی‌بوس تحت پوشش
(۴۳	۴ دی‌ماه ۱۳۷۴	۳۵۰۰ دستگاه	تعداد ۲۵۰۰ دستگاه کمبود اتوبوس بیان گردید
(۴۴	۱۳۷۴		۱۰۰ دستگاه اتوبوس به ناوگان اضافه گردید
(۴۵	۱۳۷۵		۱۰۰ دستگاه اتوبوس شرکت واحد گازسوز گردید
(۴۶	۷ شهریور ۱۳۷۵	۴۳۰۰ دستگاه	
(۴۷	۲۲ آبان ماه ۱۳۷۵		۲۰۰ دستگاه اتوبوس به ناوگان اضافه گردید
(۴۸	۲۲ آذرماه ۱۳۷۵		۱۱۴ دستگاه اتوبوس جدید به ناوگان اضافه گردید.
(۴۹	۲۲ آذرماه ۱۳۷۵		اعلام گردید که سالانه ۳۵۰ دستگاه اتوبوس به ناوگان شرکت واحد باید اضافه گردد
(۵۰	۲۹ آذرماه ۱۳۷۵		بهره برداری از ۱۰۰ دستگاه اتوبوس گازسوز
(۵۱	۲۳ اسفند ۱۳۷۵		افتتاح فاز دوم اتوبوس برقی با ۳۵ دستگاه
(۵۲	۱۶ اسفندماه ۱۳۷۶		اعلام نیاز تعداد اتوبوس موردنیاز تهران ۵۰۰۰ دستگاه اتوبوس

(۵۳	۳۱ شهریور ۱۳۷۶		۵۰۰ دستگاه اتوبوس به ناوگان اضافه گردید
(۵۴	۱۵ فروردین ۱۳۷۸		۵۰۰ دستگاه اتوبوس جدید به ناوگان اضافه گردید
(۵۵	۲۹ اردیبهشت ۱۳۷۸	۳۵۰۰ دستگاه	
(۵۶	تیرماه ۱۳۷۸		۳۵۰۰ دستگاه اتوبوس و تعداد ۴۹۰۰ دستگاه اتوبوس و مینی‌بوس بخش خصوصی تحت نظارت شرکت که می‌توان گفت حدود ۸۴۰۰ دستگاه اتوبوس و مینی‌بوس کل ناوگان اتوبوسرانی تهران و حومه بوده است
(۵۷	۱۳۹۸	۳۵۰۰ دستگاه اتوبوس دیزلی ۲۵۷۴ دستگاه اتوبوس گازسوز ۶۳ دستگاه اتوبوس برقی	

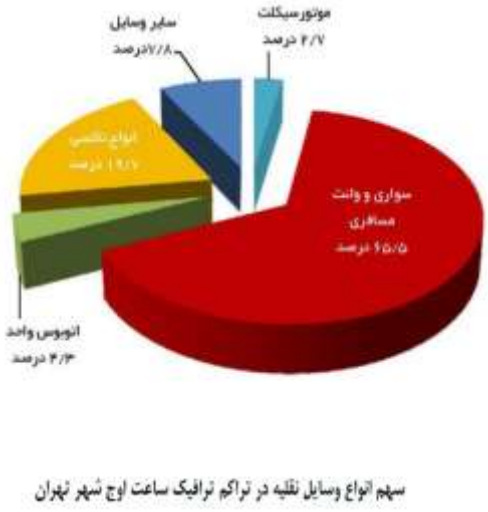
همانطور که در نمودار شکل ۴-۱ مشاهده می گردد در سال ۱۳۹۳ سهم شبکه اتوبوسرانی و مینی بوسرانی در جابجایی مسافر در داخل شهر تهران برابر با ۲۰٪، مترو برابر با ۱۴٪، تاکسی و ون برابر با ۱۲٪ و وسایل شخصی و سایر برابر با ۴۴٪ هست. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سهم اتوبوس‌های شرکت واحد تهران در جابجایی مسافر در سطح شهر تهران نسبتاً بالا است.



شکل ۴-۱: سهم وسایل نقلیه در جابجایی روزانه شهری تهران[۲]

در نمودار شکل ۴-۲ مشاهده می گردد که در سال ۱۳۹۳ سهم شبکه اتوبوسرانی در تراکم ترافیک ساعات اوج شهر تهران برابر با ۴/۳٪، سواری و وانت مسافری برابر ۶۵/۵ ٪، موتورسیکلت برابر با ۲/۷٪، انواع تاکسی برابر با

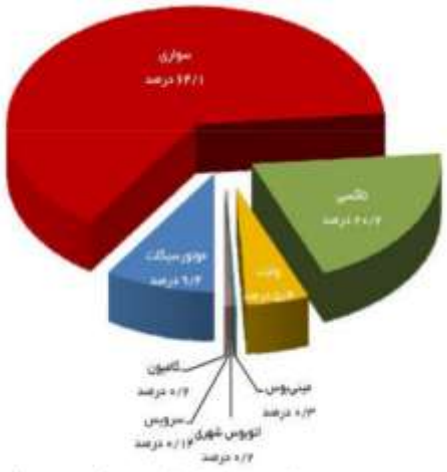
۱۹/۷٪ و سایر وسایل نقلیه برابر با ۷/۸ درصد می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود اتوبوس های شرکت واحد دارای سهم کمی در ایجاد ترافیک در تراکم ساعات اوج ترافیک شهر تهران هستند.



سهم انواع وسایل نقلیه در تراکم ترافیک ساعت اوج شهر تهران

شکل ۴-۲: سهم وسایل نقلیه در تراکم ترافیک روزانه شهری تهران[۲]

همانطور که در شکل ۴-۳ مشاهده می نماییم در سال ۱۳۹۳سهم اتوبوس‌های درون‌شهری تهران در تولید آلایندگی شهر تهران برابر با ۰/۲٪ ، مینی‌بوس ۰/۳٪، کامیون برابر با ۰/۲٪، سرویس ادارات ۰/۱۴٪، وانت‌بار ۵/۴٪ ، موتور سیکلت ۹/۴٪، تاکسی ۲۰/۲ ٪و سهم و سایل نقلیه سواری برابر با ۶۴/۱٪ است که در نتیجه می‌توان گفت که سهم اتوبوس‌های درون شهری در میزان آلایندگی شهر تهران دارای کمترین سهم و و سایل نقلیه سواری شخصی دارای بیشترین سهم در تولید آلایندگی در سطح شهر تهران هستند.



سهم وسایل نقلیه در تولید آلایندگی شهر تهران (ساعت اوج صبح)

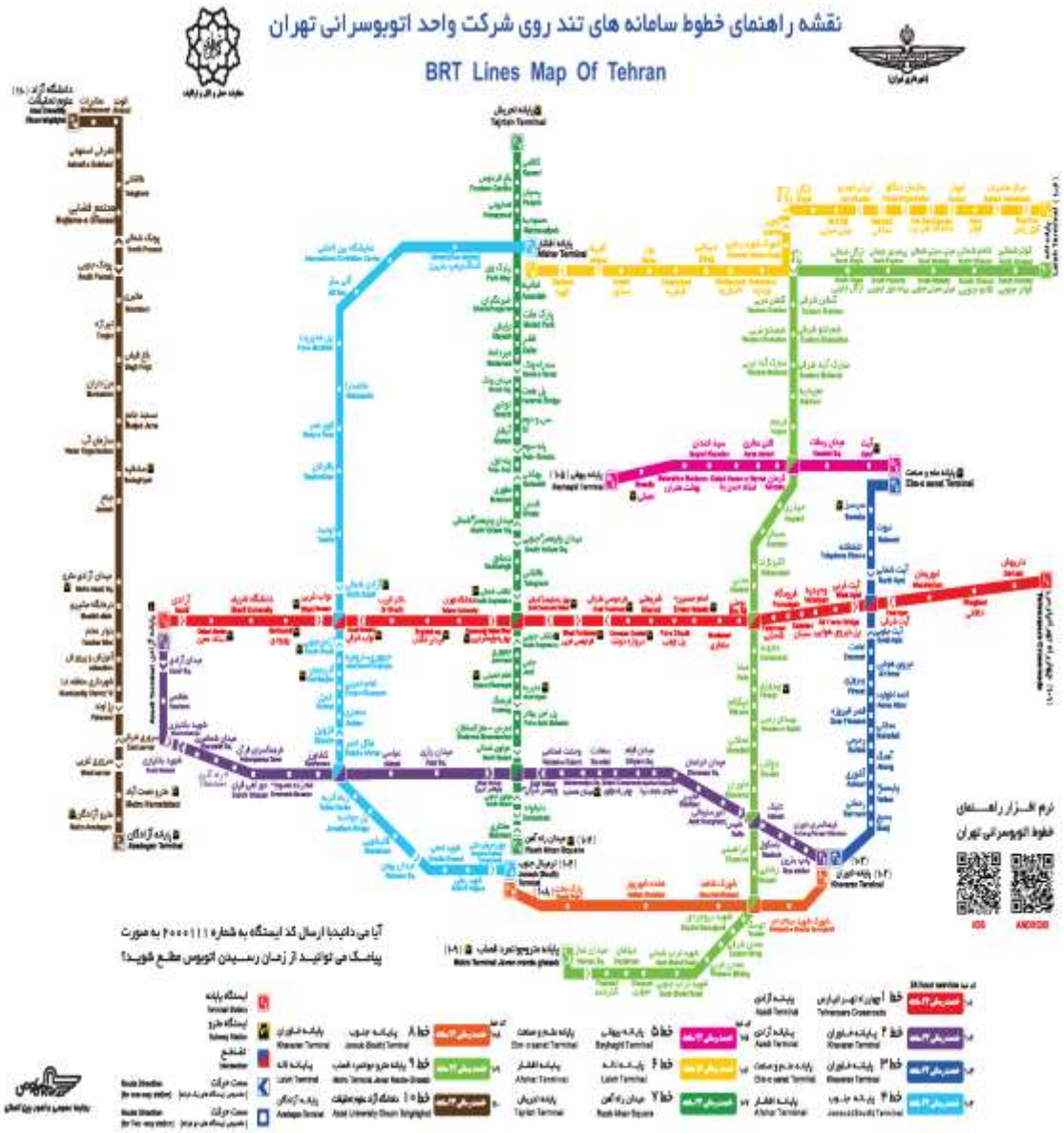
شکل ۴-۳: سهم وسایل نقلیه در تولید آلایندگی شهر تهران[۲]

۴ ۳ سامانه اتوبوس تندرو تهران

سامانه اتوبوس تندرو تهران که با نام بی‌آرتی مخفف عبارت انگلیسی (bus rapid transit) هم شناخته می‌شود، یکی از نخستین سامانه اتوبوس از این دست در ایران می‌باشد. خط ۱ این سامانه که حدفاصل چهارراه تهران‌پارس در شرق تهران تا میدان آزادی در غرب تهران می‌باشد در مرداد ۱۳۸۶ راه‌اندازی گردیده و سپس به‌تدریج کامل شد. جدول ۴-۲ مشخصات خطوط دهگانه سامانه تندرو را نشان می‌دهد. شکل ۱-۲ خطوط سامانه‌های تندرو شرکت واحد اتوبوسرانی تهران را نیز نشان می‌دهد. [۵۲]

جدول ۴-۲- مشخصات خطوط دهگانه سامانه تندرو[۱]

شماره خطوط	شمار ایستگاه	طول مسیر (کیلومتر)	پایان	آغاز	وضعیت
۱	۳۱	۱۸٫۷	چهارراه تهرانپارس	پایانه آزادی	بهره‌برداری شده است
۲	۲۶	۲۰	پایانه آزادی	پایانه خاوران	بهره‌برداری شده است
۳	۱۸	۱۴٫۳	پایانه خاوران	پایانه علم و صنعت	بهره‌برداری شده است
۴	۲۱	۲۱٫۵	پایانه جنوب	پایانه شهید افشار	بهره‌برداری شده است
۵	--	--	پایانه بیهقی	پایانه علم و صنعت	(فاز اول) بهره‌برداری شده است
۶	--	۱۹	پایانه شهید افشار	پایانه لاله	بهره‌برداری شده است
۷	۲۷	۱۷٫۵	میدان راه‌آهن	میدان تجریش	بهره‌برداری شده است
۸	--	۶٫۲	پایانه جنوب	پایانه خاوران	بهره‌برداری شده است
۹	۵۲	۳۶ کیلومتر (بلندترین خط بی‌آرتی)	پایانه جوانمرد قصاب	پایانه لاله	بهره‌برداری شده است
۱۰	۱۳	۱۲	پایانه آزادگان	دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات	بهره‌برداری شده است
۱۱	--	--	پایانه ۴ و ۶ فرودگاه بین المللی مهرآباد	پایانه خاوران	بهره‌برداری نشده است



شکل ۴-۴: خطوط سامانه‌های تندرو شرکت واحد اتوبوسرانی تهران[۱]

مکاتبات و نامه‌های ارسالی و واصله از سوی آن ارگان‌ها در پاسخ به استعلام و درخواست پژوهشگاه نیرو

در این پروژه جهت استخراج اطلاعات آماری اتوبوس‌های شهری در کشور و استخراج اطلاعات فنی پیشرانه‌های آنها با سازمان‌ها، ارگان‌ها و اشخاصی همچون معاون محترم شهردار و رئیس سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران جناب آقای دکتر پور ســـید آقایی، مدیرکل محترم دفتر طرح‌های جامع و مدل‌های حمل‌ونقل وزارت راه و شهر سازی جناب آقای مهندس صفری مقدم و نیز مدیرکل محترم دفتر حمل‌ونقل و ترافیک و دبیر محترم شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای وزارت کشور جناب آقای مهندس محمدیان یزدی مکاتباتی انجام گرفت که نمونه‌ای

از این مکاتبات و نامه‌های ارسالی و واصله از سوی آن ارگان‌ها در پاسخ به استعلام و درخواست پژوهشگاه نیرو و نیز نتایج و اطلاعات و آمارها و گزارش‌هایی که در پاسخ استعلامات و مکاتبات به این مرکز ارسال گردیده است در پیو ست گزارش ا شاره شده ا ست. جدول ۴-۳ ا ستعلام دیتاهای خط ۴۱۹ اتوبو سرانی شهر تهران از ساعت ۸ الی ۹ بامداد را ن شان می‌دهد. ستون "زمان" نمایانگر تاریخ و ساعت حرکت اتوبوس خط ۴۱۹ می با شد. در جدول ستون " مکان" نمایانگر محل توقف اتوبوس خط ۴۱۹ است. ستون " سرعت" نمایانگر سرعت اتوبوس در زمان های اعلام شده می باشد. ستون " نوع پیغام" نمایانگر باز یا بسته بودن درب اتوبوس ا ست. ستون " خط سازمانی" نمایانگر خط ۴۱۹ اتوبو سرانی می با شد. ستون " خط مجاز" نمایانگر خط مجاز حرکت برای اتوبوس است و ستون X و Y نماینگر مختصات جغرافیایی خط ۴۱۹ می باشد.

جدول ۴-۳- دیتاهای خط ۴۱۹ اتوبوسرانی شهر تهران از ساعت ۸ الی ۹ بامداد

Y	X	خط مجاز	خطسازمانی	نوع پیغام	سرعت	مکان	زمان
35.6484	51.44453	419	419	درب باز	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - رفت ٥٨٤٥ - انتهای هفده شهریور	1397-12-05 08:00:10
35.6484	51.44453	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - رفت ٥٨٤٥ - انتهای هفده شهریور	1397-12-05 08:00:33
35.6484	51.44453	419	419	نرمال ٢ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - رفت ٥٨٤٥ - انتهای هفده شهریور	1397-12-05 08:00:36
35.65026	51.44448	419	419	درب باز	13	خط ٤١٩ - ایستگاه ٢ - رفت ٥٨٤١ - منصو	1397-12-05 08:01:37
35.65044	51.44448	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٢ - رفت ٥٨٤١ - منصو	1397-12-05 08:01:57
35.65113	51.44455	419	419	نرمال ٢ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٢ به ٣ - رفت - منصور به بهزیستی	1397-12-05 08:02:36
35.65412	51.4448	419	419	درب باز	14	خط ٤١٩ - ایستگاه ٣ - رفت ٥٨٣٥ - بهزیستی	1397-12-05 08:04:33
35.65421	51.44481	419	419	نرمال ٢ دقیقه	10	خط ٤١٩ - ایستگاه ٣ - رفت ٥٨٣٥ - بهزیستی	1397-12-05 08:04:36
35.65425	51.44482	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٣ - رفت ٥٨٣٥ - بهزیستی	1397-12-05 08:04:45
35.65728	51.44502	419	419	درب باز	15	خط ٤١٩ - ایستگاه ٤ - رفت ٥٨٣٣ - نسیه	1397-12-05 08:06:06
35.6574	51.44502	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٤ - رفت ٥٨٣٣ - نسیه	1397-12-05 08:06:17
35.65799	51.44506	419	419	نرمال ٢ دقیقه	23	خط ٤١٩ - ایستگاه ٤ - رفت ٥٨٣٣ - نسیه	1397-12-05 08:06:36
35.6601	51.44523	419	419	درب باز	14	خط ٤١٩ - ایستگاه ٥ - رفت ٥٨٢٧ - افشار	1397-12-05 08:07:11
35.66022	51.44522	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٥ - رفت ٥٨٢٧ - افشار	1397-12-05 08:07:25
35.66109	51.44532	419	419	نرمال ٢ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٥ به ٦ - رفت - افشار به بانک مسکن	1397-12-05 08:08:36

35.66287	51.44542	419	419	درب باز	11	خط ٤١٩ - ایستگاه ٦ - رفت ٤٩٤٥ - بانک مسکن	1397-12-05 08:09:15
35.66296	51.44542	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٦ - رفت ٤٩٤٥ - بانک مسکن	1397-12-05 08:09:23
35.66559	51.4458	419	419	نرمال ۲ دقیقه	11	خط ٤١٩ - ایستگاه ٧ - رفت ٤٩٣٥ - فروشگاه قدس	1397-12-05 08:10:36
35.66573	51.44577	419	419	درب باز	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٧ - رفت ٤٩٣٥ - فروشگاه قدس	1397-12-05 08:10:42
35.66575	51.44576	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٧ - رفت ٤٩٣٥ - فروشگاه قدس	1397-12-05 08:11:29
35.66799	51.44578	419	419	نرمال ۲ دقیقه	24	خط ٤١٩ - ایستگاه ٧ به ٨ - رفت - فروشگاه قدس به آیت‌الله سعیدی	1397-12-05 08:12:36
35.66886	51.44586	419	419	درب باز	10	خط ٤١٩ - ایستگاه ٨ - رفت ٥٠٣٠ - آیت‌الله سعیدی	1397-12-05 08:13:24
35.66893	51.44587	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٨ - رفت ٥٠٣٠ - آیت‌الله سعیدی	1397-12-05 08:13:31
35.67296	51.44611	419	419	نرمال ۲ دقیقه	24	خط ٤١٩ - ایستگاه ٨ به ٩ - رفت - آیت‌الله سعیدی به پل آهنگ	1397-12-05 08:14:36
35.67363	51.44618	419	419	درب باز	11	خط ٤١٩ - ایستگاه ٩ - رفت ٤٩٢٧ - پل آهنگ	1397-12-05 08:14:49
35.67369	51.44619	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٩ - رفت ٤٩٢٧ - پل آهنگ	1397-12-05 08:15:34
35.67702	51.44641	419	419	نرمال ۲ دقیقه	22	خط ٤١٩ - ایستگاه ١٠ - رفت ٤٩٦٠ - یاسر	1397-12-05 08:16:36
35.67736	51.44642	419	419	درب باز	13	خط ٤١٩ - ایستگاه ١٠ - رفت ٤٩٦٠ - یاسر	1397-12-05 08:16:43
35.67747	51.44642	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١٠ - رفت ٤٩٦٠ - یاسر	1397-12-05 08:16:52
35.68092	51.44669	419	419	درب باز	10	خط ٤١٩ - ایستگاه ١١ - رفت ٤٩٢٣ - دروازه دولاب	1397-12-05 08:18:09
35.68094	51.44671	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١١ - رفت ٤٩٢٣ - دروازه دولاب	1397-12-05 08:18:18
35.68156	51.44674	419	419	نرمال ۲ دقیقه	14	خط ٤١٩ - ایستگاه ١١ - رفت ٤٩٢٣ - دروازه دولاب	1397-12-05 08:18:34
35.68423	51.44694	419	419	درب باز	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١٢ - رفت ٤٩١٩ - ورزشگاه سادات موسوی	1397-12-05 08:19:22
35.68424	51.44695	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١٢ - رفت ٤٩١٩ - ورزشگاه سادات موسوی	1397-12-05 08:19:36
35.6858	51.44704	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١٢ به ١٣ - رفت - ورزشگاه سادات موسوی به شهدا	1397-12-05 08:20:34
35.6888	51.44726	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٢ - برگشت ٤٩١٧ - کفش ملی	1397-12-05 08:22:34
35.68881	51.44732	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٢ - برگشت ٤٩١٧ - کفش ملی	1397-12-05 08:24:35
35.68973	51.448	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ به ٢ - برگشت - میدان شهدا به کفش ملی	1397-12-05 08:26:35

35.69009	51.4501	419	419	نرمال ۲ دقیقه	18	ایران: تهران، خیابان پیروزي	1397-12-05 08:27:15
35.69241	51.45127	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	ایران: تهران، خیابان پیروزي، خیابان افروز، خیابان شهبازي	1397-12-05 08:29:16
35.69188	51.44743	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:31:16
35.69136	51.44738	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:33:16
35.69136	51.44738	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:33:16
35.69136	51.44738	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:35:16
35.69136	51.44738	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:37:16
35.69119	51.44745	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:39:16
35.69119	51.44745	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:41:16
35.69119	51.44745	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:43:16
35.69119	51.44745	419	419	درب باز	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:43:27
35.69119	51.44745	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:45:16
35.69119	51.44745	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ - برگشت ٤٩٧٩ - میدان شهدا	1397-12-05 08:45:30
35.68971	51.44735	419	419	نرمال ۲ دقیقه	10	خط ٤١٩ - ایستگاه ١ به ٢ - برگشت - میدان شهدا به کفش ملی	1397-12-05 08:47:16
35.68875	51.4473	419	419	درب باز	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٢ - برگشت ٤٩١٧ - کفش ملی	1397-12-05 08:48:04
35.68875	51.4473	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٢ - برگشت ٤٩١٧ - کفش ملی	1397-12-05 08:48:25
35.68775	51.44718	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٢ به ٣ - برگشت - کفش ملی به ناصری	1397-12-05 08:49:16
35.68415	51.44694	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٣ - برگشت ٤٩٢١ - ناصری	1397-12-05 08:51:16
35.68223	51.44678	419	419	نرمال ۲ دقیقه	19	خط ٤١٩ - ایستگاه ٣ به ٤ - برگشت - ناصری به بیمه ایران	1397-12-05 08:53:16
35.68033	51.44662	419	419	درب باز	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٤ - برگشت ٤٩٢٥ - بیمه ایران	1397-12-05 08:54:05
35.68022	51.44661	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٤ - برگشت ٤٩٢٥ - بیمه ایران	1397-12-05 08:54:17
35.67859	51.44653	419	419	نرمال ۲ دقیقه	16	خط ٤١٩ - ایستگاه ٤ به ٥ - برگشت - بیمه ایران به رغبتی	1397-12-05 08:55:16
35.67797	51.44647	419	419	درب باز	10	خط ٤١٩ - ایستگاه ٥ - برگشت ٤٩١٣ - رغبتی	1397-12-05 08:55:30

35.67786	51.44646	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٥ - برگشت ٤٩١٣ - رغبتی	1397-12-05 08:55:42
35.67375	51.44611	419	419	درب باز	14	خط ٤١٩ - ایستگاه ٦ - برگشت ٤٩٠١ - پل آهنگ	1397-12-05 08:57:04
35.67365	51.44611	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٦ - برگشت ٤٩٠١ - پل آهنگ	1397-12-05 08:57:16
35.67365	51.44611	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٦ - برگشت ٤٩٠١ - پل آهنگ	1397-12-05 08:57:18
35.66911	51.44582	419	419	درب باز	12	خط ٤١٩ - ایستگاه ٧ - برگشت ٥٠٣٢ - هنرستان کوثر	1397-12-05 08:59:02
35.66904	51.44582	419	419	نرمال ۲ دقیقه	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٧ - برگشت ٥٠٣٢ - هنرستان کوثر	1397-12-05 08:59:16
35.66904	51.44582	419	419	درب بسته	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٧ - برگشت ٥٠٣٢ - هنرستان کوثر	1397-12-05 08:59:25
35.66623	51.44566	419	419	درب باز	0	خط ٤١٩ - ایستگاه ٨ - برگشت ٤٩٣٣ - م خراسان	1397-12-05 09:01:03

۴ ۴ آمار وضعیت شرکت واحد اتوبوسرانی تهران در یک نگاه سال ۱۳۹۳

۴ ۴ ۱ وضعیت شرکت واحد اتوبوسرانی تهران- سال ۱۳۹۳

همانگونه که در جدول ۴-۴ مشاهده می‌شود در سال ۱۳۹۳ تعداد اتوبوس‌های ناوگان اتوبوسرانی در بخش‌های عمومی، خدمات و خصوصی تهران به ترتیب ۲۰۸۹، ۲۳۳ و ۴۱۰۱ دستگاه در مجموع ۶۴۲۳ دستگاه می‌باشد. نوع سوخت اتوبوس‌های در بخش عمومی ۱۷۱۵ دستگاه گازوئیل، ۵۹۷ دستگاه CNG و ۱۰ دستگاه برقی است. در بخش خصوصی نوع سوخت اتوبوس‌ها ۱۸۱۰ دستگاه گازوئیل، ۲۲۹۱ دستگاه CNG است. تعداد اتوبوس‌های اسقاط شده از ابتدای سال ۹۳ تا انتهای سال برابر ۱۷۳ دستگاه اتوبوس می‌باشد. همچنین میانگین عمر اتوبوس‌ها در بخش عمومی برابر ۷ سال و در بخش خصوصی برابر ۷/۲ سال و تعداد اتوبوس‌ها با عمر بیش از ۸ سال برابر است با ۲۰۲۳ دستگاه اتوبوس می‌باشد.

براساس جدول ۴-۴ تعداد خطوط اتوبوسرانی در شهر تهران تعداد خطوط اتوبوسرانی در شهر تهران در بخش عمومی روزانه ۶۶ خط، در بخش عمومی شبانه ۷ خط، در بخش خصوصی روزانه ۱۶۶ خط، در بخش خصوصی شبانه ۱۰۳ خط و خطوط تندرو ۱۰ خط می‌باشد. طول خطوط ناوگان اتوبوسرانی در بخش عمومی روزانه ۷۴۵ کیلومتر، عمومی شبانه ۱۰۳ کیلومتر، خصوصی روزانه ۲۰۲۳/۸ کیلومتر، خصوصی شبانه ۱۸/۳ کیلومتر ، و خطوط تندرو ۱۷۱/۸ کیلومتر می‌باشد. تعداد ایستگاه‌های عادی اتوبوس‌ها ۴۷۴۶ ایستگاه، ایستگاه‌های با سرپناه ۳۴۸۷ ایستگاه، میانگین فاصله ایستگاه‌ها ۷۳۹ متر و تعداد باجه‌های فروش بلیط و شارژ کارت ۱۵۲ باجه می‌باشد.[53]

جدول ۴-۴- وضعیت شرکت واحد اتوبوسرانی تهران- سال ۱۳۹۳ [۳]

اتوبوس	ناوگان اتوبوسرانی			بخش عمومی	۲۰۸۹	دستگاه
				خدمات	۲۳۳	
				بخش خصوصی	۴۱۰۱	
				جمع	۶۴۲۳	
				تعداد میدل باس	۱۱۰	
	نوع سوخت	بخش عمومی		گازوییل	۱۷۱۵	دستگاه
				CNG	۵۹۷	
				برقی	۱۰	
		بخش خصوصی		گازوییل	۱۸۱۰	
				CNG	۲۲۹۱	
		میدل باس		گازوییل	۱۱۰	
	اتوبوس‌های اسقاط			تعداد اتوبوس‌های اسقاط شده از ابتدای سال	۱۷۳	
	اتوبوس تحویلی (از ابتدای سال)		دولت	اتوبوس	۰	
				میدل باس	۰	
				خرید مستقیم	۱۷	
	میانگین عمر			ناوگان عمومی	۷	سال
				بخش خصوصی	۷/۲	
				تعداد بیش از هشت سال	۲۰۲۳	دستگاه
خطوط	تعداد خطوط	بخش عمومی		روزانه	۶۶	خط
				شبانه	۷	
		بخش خصوصی		روزانه	۱۶۶	
				شبانه	۱	
		خطوط تندرو			۱۰	
	طول خطوط	ناوگان عمومی		روزانه	۷۴۵	کیلومتر
				شبانه	۱۰۳	
		ناوگان خصوصی		روزانه	۲۰۲۳/۸	
				شبانه	۱۸/۳	
		خطوط تندرو			۱۷۱/۸	
ایستگاه				کل ایستگاه‌های عادی	۴۷۴۶	ایستگاه
				ایستگاه‌های با سرپناه	۳۴۸۷	
				میانگین فاصله ایستگاه‌ها	۷۳۹	متر
				تعداد باجه‌های فروش و شارژ کارت	۱۵۲	باجه
نیروی انسانی				راننده	۴۲۴۹	نفر
				عوامل فنی	۱۳۷۸	
				عوامل بهره‌برداری	۱۴۴۸	
				سایر (ستادی، خدماتی، پشتیبانی، و ...)	۱۷۴۹	
				جمع	۸۸۲۴	
مینی‌بوس	ناوگان مینی‌بوسرانی				۱۱۱۰	دستگاه
	خطوط مینی‌بوسرانی				۳۲	خط
سایر موارد	شرکت‌های بخش خصوصی				۱۶	شرکت
	پایانه شهری				۵۷	پایانه
	تعمیرگاه				۱۱	باب
	تعداد جایگاه سوخت			گازوییل	۱۰	جایگاه
				CNG	۱۰	

۴ ۴ ۲ طول عمر ناوگان اتوبوسرانی تهران

همانطور که در جدول ۴-۵ مشاهده می‌نماییم در سال ۱۳۹۳ تعداد اتوبوس‌های ناوگان اتوبوسرانی شهر تهران با عمر کمتر از یک سال برابر با ۱۶ دستگاه، بین ۱ الی ۷ سال طول عمر برابر با ۳۳۲۲ دستگاه، بین ۸ الی ۱۰ سال طول عمر برابر با ۵۹۹ دستگاه، بالاتر از ۱۵ سال برابر با ۳۷ دستگاه در مجموع ۶۴۲۳ دستگاه اتوبوس موجود است. بعبارت کلی ۲۳۲۲ دستگاه اتوبوس ناوگان بخش عمومی و خدمات دارای طول عمر ۷/۰۳ سال و ۴۱۰۱ دستگاه اتوبوس

ناوگان بخش خصوصی دارای طول عمر ۷/۱۹ سال است که بیشترین تعداد اتوبوس‌ها مربوط به طول عمر بین ۱ الی ۷ سال می‌باشد.

جدول ۴-۵- طول عمر اتوبوس‌های شرکت واحد اتوبوسرانی تهران- سال ۱۳۹۳[۳]

تعداد اتوبوس ناوگان اتوبوسرانی					
کمتر از یک سال	۱ تا ۷ سال	۸ تا ۱۰ سال	۱۱ تا ۱۵ سال	بالاتر از ۱۵ سال	جمع ناوگان
۱۶	۳،۳۲۲	۲،۴۴۹	۵۹۹	۳۷	۶،۴۲۳

عنوان	ناوگان بخش عمومی و خدمات	ناوگان بخش خصوصی
تعداد	۲،۳۲۲	۴،۱۰۱
متوسط طول عمر (سال)	۷/۰۳	۷/۱۹

ماخذ: شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه

۴ ۴ ۳ عملکرد شبکه خطوط اتوبوسرانی تندرو تهران

همانگونه که در جدول ۴-۶ مشاهده می‌نماییم تعداد خطوط شبکه تندروی اتوبوسرانی تهران برابر با ۱۰ خط بوده که در مجموع دارای طول مسیر ۱۷۱/۸ کیلومتر، تعداد ایستگاه‌ها ۳۳۷ ایستگاه، تعداد اتوبوس‌های مسیر تندرو ۱۵۱۶ دستگاه و ظرفیت جابجایی ۲،۰۲۵،۰۰۰ نفر مسافر در سال را دارد.

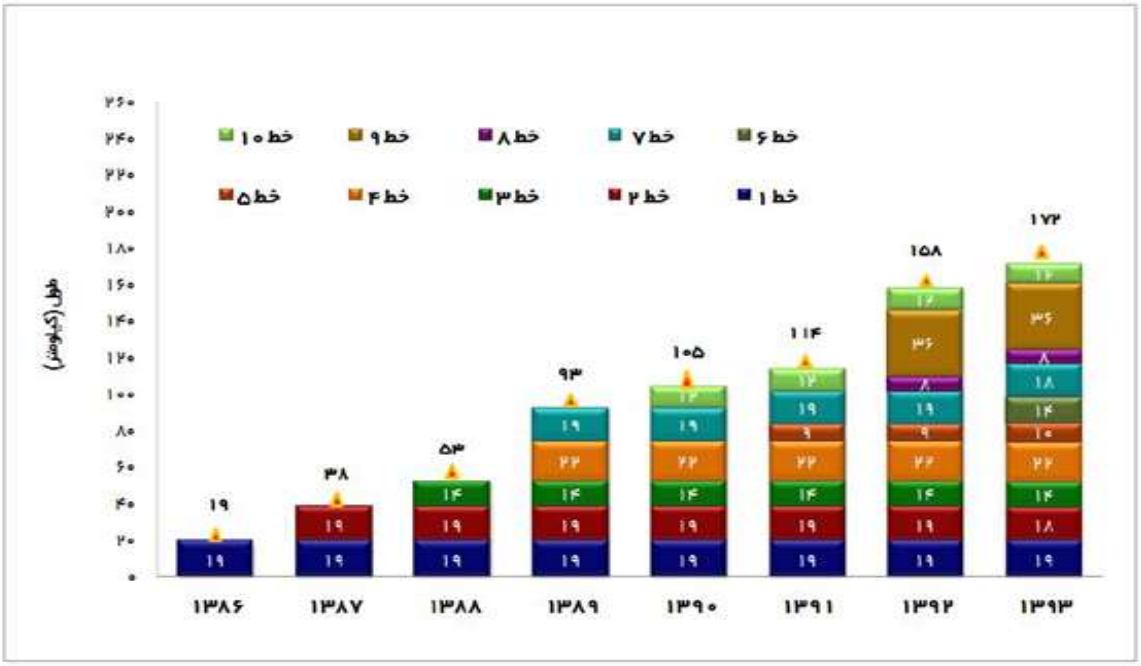
همانطور که از شکل ۴-۵ مشاهده میشود اولین خط اتوبوسرانی تندرو تهران در سال ۱۳۸۶ احداث و در سال ۱۳۹۳ به ۱۰ خط افزایش یافته است.

جدول ۴-۶-عملکرد شبکه خطوط اتوبوسرانی تندرو شرکت واحد اتوبوسرانی تهران در یک سال[۳]

عملکرد شبکه خطوط اتوبوسرانی تندرو

شماره خط	مبدا	مقصد	طول مسیر (کیلومتر)	تعداد ایستگاه	تعداد اتوبوس (دستگاه)	نرخ کرایه (ریال)	بیشینه ظرفیت جابجایی مسافر (نفر)
۱	چهارراه تهرانپارس	پایانه آزادی	۱۹	۳۱	۲۹۱	۲۹۰۰	۶۰۰.۰۰۰
۲	پایانه خاوران	پایانه آزادی	۱۸/۴	۵۴	۱۹۹	۲۹۰۰	۴۰۰.۰۰۰
۳	پایانه خاوران	پایانه علم و صنعت	۱۴/۴	۲۰	۱۲۰	۲۲۰۰	۱۶۰.۰۰۰
۴	پایانه جنوب	پایانه افشار	۲۲/۱	۳۶	۱۴۵	۲۹۰۰	۹۰.۰۰۰
۵	پایانه بیهقی	پایانه علم و صنعت	۹/۹	۱۰	۷۱	۳۶۰۰	۷۰.۰۰۰
۶	پایانه لاله	پایانه افشار	۱۴/۴	۲۲	۲۱	۴۷۰۰	۶۰.۰۰۰
۷	میدان راه‌آهن	پایانه تجریش	۱۸/۳	۷۱	۴۹۹	۳۳۰۰	۴۵۰.۰۰۰
۸	پایانه جنوب	پایانه خاوران	۷/۶	۸	۲۸	۳۶۰۰	۴۰.۰۰۰
۹	متروی جوانمرد قصاب	پایانه لاله	۳۶/۱	۶۹	۸۲	۵۸۰۰	۶۵.۰۰۰
۱۰	دانشگاه علوم و تحقیقات	پایانه آزادی	۱۱/۶	۱۶	۶۰	۴۳۰۰	۹۰.۰۰۰
جمع			۱۷۱/۸	۳۳۷	۱۰۵۱۶	-	۲.۰۲۵.۰۰۰

ماخذ: شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه



شکل ۴-۵: توسعه خطوط اتوبوس‌های تندروی شرکت واحد اتوبوسرانی تهران(۹۳-۸۶) [۳]

۴ ۵ آمار واطلاعات انواع اتوبوس‌های درون‌شهری فعال در سطح شهر تهران، اصفهان، شیراز و مشهد

۴ ۵ ۱ آمار واطلاعات انواع اتوبوس‌های درون‌شهری فعال در سطح شهر تهران

در این پروژه جهت استخراج اطلاعات آماری اتوبوس‌های شهری تهران و استخراج اطلاعات فنی پیشرانه‌های آنها با سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف همچون معاون محترم شهردار و رئیس سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران جناب آقای دکتر پور سید آقایی، ریاست پژوهش و تحقیق شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و معاون مدیرکل ارزیابی و هماهنگی شرکت واحد تهران، مدیرعامل شرکت واحد اتوبوسرانی تهران، اصفهان، شیراز و مشهد مکاتباتی و جلسات حضوری انجام گرفت که نتایج، اطلاعات، آمارها و گزارش‌هایی که در پاسخ استعلامات به این مرکز ارسال گردیده است به شرح ذیل باستحضار رسانده می‌شود. در جدول ۴-۷ الی جدول ۴-۱۱ مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های درون‌شهری گازسوز، دیزلی و برقی شهر تهران که استعلامات آنها از طریق مکاتبات انجام‌گرفته است به شرح ذیل اعلام می‌گردد.

مجموع اتوبوس های دیزلی شهر تهران برابر با ۳۵۰۰ دستگاه و مجموع اتوبوس های گاز سوز شهر تهران برابر با ۲۵۷۴ دستگاه و مجموع اتوبوس های برقی شهر تهران برابر با ۶۳ دستگاه می باشد.

جدول ۴-۷- مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های درون‌شهری دیزلی فعال در سطح شهر تهران[۴]

شرح	بنز ۳۵۵	بنز O457	مگاترانس	شهاب	شهاب BRT C2612
تعداد اتوبوس‌های شهری دیزلی	۸۵	۹۶۱	۵۴	۳۵۴	۲۴۰
نوع و مشخصات فنی اتوبوس‌های دیزلی	BENZ - OM355	BENZ-OM457 LA	BENZ-OM457 LA	RENAULT MIDR 062045 C4	RENAULT MIDR 062045 D41
میانگین سال‌های تحت بهره‌برداری	۱۳	۱۲	۱۳	۱۱	۱۳
میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (کیلومتر)	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰
حجم سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰کیلومتر هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (لیتر)	۵۰	۵۵	۷۵	۵۰	۵۱

جدول ۴-۸- ادامه مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های درون‌شهری دیزلی فعال در سطح شهر تهران[۵۴]

شرح	کینگ لانگ	یانگ من	یوتانگ	اسکانیا۳۱۱۲
تعداد اتوبوس‌های شهری دیزلی	۷۰۶	۲۰۰	۱۹۹	۳۵۰
نوع و مشخصات فنی اتوبوس‌های دیزلی	MAN D2066LOH12	MAN D2866LOH28	MAN D2066LOH 34	SCANIA DC09 115
میانگین سال‌های تحت بهره‌برداری	۷	۹	۳	۱۰
میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (کیلومتر)	۵۲۰۰	۵۲۰۰	۵۲۰۰	۳۴۰۰
حجم سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰کیلومتر هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (لیتر)	۸۵	۷۵	۷۷	۶۴

جدول ۴-۹- ادامه مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های درون‌شهری دیزلی فعال در سطح شهر تهران[۵۴]

شرح	آکیا	ژانگ تانگ	زامیاد
تعداد اتوبوس‌های شهری دیزلی	۲۱۷	۳۴	۱۰۰
نوع و مشخصات فنی اتوبوس‌های دیزلی	CUMMINS C300 20	OM 457 LA	IVECO F4AE0682H*C
میانگین سال‌های تحت بهره‌برداری	۸	۲	۷
میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (کیلومتر)	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰
حجم سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰کیلومتر هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (لیتر)	۶۵	۶۰	۵۳

جدول ۴-۱۰- مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های درون‌شهری گازسوز فعال در سطح شهر تهران[۵۴]

شرح	مان	آکیا	بنز ۴۵۷	ژانگ تانگ	شهاب
تعداد اتوبوس‌های شهری گازسوز	۹۴۹	۵۱	۵۱۳	۱۳۰	۹۳۱
نوع و مشخصات فنی اتوبوس‌های گازسوز	MAN E2866L UH01	CUMMINS CGe 280 30	BENZ - OMG457 G OSG	CUMMINS CGe 280 30	RENAULT MGDR062 045I49
میانگین سال‌های تحت بهره‌برداری	۱۳	۸	۱۱	۹	۱۲
میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه شاغل در صورت فعال‌سازی (کیلومتر)	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰	۳۴۰۰
حجم سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰کیلومتر هر دستگاه شاغل در صورت فعال‌سازی (کیلوگرم)	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰

جدول ۴-۱۱- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری برقی در سطح شهر تهران[۵۴]

شرح	اشکودا
تعداد اتوبوس‌های شهری برقی	63
نوع و مشخصات فنی اتوبوس‌های برقی	Tr15
تعداد سال‌های تحت بهره‌برداری	23
میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (کیلومتر)	600
حجم سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰کیلومتر هر دستگاه	---

۴ ۵ ۲ آمار واطلاعات انواع اتوبوس‌های درون‌شهری فعال در سطح شهر اصفهان

پس از استعلام و ارسال نامه و مکاتبات و پیگیرهای متعددی که با سازمان اتوبوسرانی شرکت واحد اصفهان انجام گرفت مشخصات آماری و فنی اتوبوس‌های شهری دیزلی و گازسوز (فعال بخش دولتی و خصوصی) اصفهان به ترتیب جدول ۴-۱۲ و جدول ۴-۱۳ ارائه می‌گردد. لازم به توضیح می‌باشد که مجموع اتوبوس‌های دیزلی اصفهان ۱۲۵۸ و مجموع اتوبوس‌های گازسوز این شهر برابر با ۱۲۳ دستگاه که درمجموع اصفهان دارای ۱۳۸۱ دستگاه اتوبوس درون‌شهری است.

جدول ۴-۱۲- مشخصات آماری و اتوبوس‌های شهری دیزلی(فعال بخش دولتی و خصوصی) اصفهان

مشخصات آماری و اتوبوس‌های شهری دیزلی(فعال بخش دولتی و خصوصی)								
شرح	GOLDEN DRAGON	اسکانیا	بنز	ژانگ تانگ	سپهر	شهاب	کینگ لانگ	مجموع
تعداد اتوبوس‌های شهری دیزلی	4	191	424	191	200	204	44	1258
نوع و مشخصات فنی اتوبوس‌های دیزلی								
میانگین سال‌های بهره‌برداری	2.0	3.2	11.5	6.7	3.9	12.6	7.4	
میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه در صورت فعال‌سازی(کیلومتر)	5650							
حجم سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰ کیلومتر هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (لیتر)	140							

جدول ۴-۱۳- مشخصات آماری و اتوبوس‌های شهری گازسوز (فعال بخش دولتی و خصوصی) اصفهان

مشخصات آماری و اتوبوس‌های شهری گازسوز(فعال بخش خصوصی)								
شرح	GOLDEN DRAGON	اسکانیا	بنز	ژانگ تانگ	سپهر	شهاب	کینگ لانگ	مجموع
تعداد اتوبوس‌های شهری گازسوز	-	-	123	-	-	-	-	123
نوع و مشخصات فنی اتوبوس‌های گازسوز								
میانگین سال‌های بهره‌برداری	-	-	9.5	-	-	-	-	-
میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه در صورت فعال‌سازی(کیلومتر)	5650							
حجم سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰ کیلومتر هر دستگاه در صورت فعال‌سازی (مترمکعب)	125							

۴ ۵ ۳ مشخصات آماری اتوبوس‌های شیراز

پس از استعلام و ارسال نامه و مکاتبات و پیگیرهای متعددی که با سازمان اتوبوسرانی شرکت واحد شیراز انجام گرفت مشخصات آماری و فنی اتوبوس‌های شهری دیزلی و گازسوز (فعال بخش دولتی و خصوصی) شیراز به ترتیب جدول ۴-۱۴ و جدول ۴-۱۵ ارائه می‌گردد. لازم به توضیح است که مجموع اتوبوس‌های دیزلی شیراز ۹۷۴ دستگاه و مجموع اتوبوس‌های گازسوز این شهر برابر با صفر دستگاه و در مجموع شیراز دارای ۹۷۴ دستگاه اتوبوس درون‌شهری (فعال ۸۸۰ دستگاه و غیرفعال۹۴ دستگاه) است.

جدول ۴-۱۴- مشخصات آماری اتوبوس‌های شیراز

مدل	1382	1383	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1392	1395	قبل از ۱۳۸۰	جمع
غیرفعال	6	10	2	47							29	94
دیزل (تبدیلی)				2								2
بنز OMG457				2								2
دیزل	6	10									29	45
ایکاروس تک کابین											4	4
ایکاروس دو کابین											1	1
بنز ۳۰۲											17	17
بنز ۳۵۵	1										2	3
بنز O457	1											1
شهاب											1	1
کمنز											4	4
مگاترانس	4	10										14
گازسوز			2	45								47
بنز OMG457			2	45								47
فعال	29	10	11	10	80	130	112	159	60	279		**880**
دیزل	29	10	11	10	80	65		139	60	279		683
اسکانیا دیزل								75				75
بنز ۳۵۷									10			10
بنز O457	29		11		80	65						185
مگاترانس		10		10								20
هیوندای کروز								64				64
یوتونگ									50	279		329

گازسوز											197
اسکانیا گازسوز											197
جمع	35	20	13	57	80	130	112	159	60	279	29	**974**

جدول ۴-۱۵- مشخصات آماری سوخت و پیمایش اتوبوس‌های شیراز

عنوان	دیزلی	گازسوز
میانگین پیمایش تخمینی هر دستگاه در ماه (کیلومتر)	۶۹۱۲	۶۹۱۲
میزان سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰ کیلومتر هر دستگاه	۵۹،۸ لیتر	۵۵ کیلوگرم

۴ ۵ ۴ مشخصات آماری اتوبوس‌های مشهد

پس از استعلام و ارسال نامه و مکاتبات و پیگیرهای متعددی که با سازمان اتوبوسرانی شرکت واحد مشهد انجام گرفت مشخصات آماری و فنی اتوبوس‌های شهری دیزلی و گازسوز (فعال بخش دولتی و خصوصی) مشهد به ترتیب در جدول ۴-۱۶ و جدول ۴-۱۷ ارائه می‌گردد. لازم به تو ضیح می‌با شد که مجموع اتوبوس‌های دیزلی م شهد ۱۸۲۹ د ستگاه و مجموع اتوبوس‌های گاز سوز مشهد برابر با ۳۹۶ د ستگاه و در مجموع مشهد دارای ۲۲۲۵ د ستگاه اتوبوس درون‌شهری (فعال ۲۰۷۵ دستگاه و غیرفعال ۱۵۰ دستگاه) می‌باشد.

جدول ۴-۱۶- مشخصات آماری اتوبوس‌های مشهد

نوع خودرو	سیستم خودرو (نوع)	تیپ خودرو	متوسط سن ناوگان (سال)	نوع سوخت	تعداد	وضعیت
مینی‌بوس	هیوندای کروزD4AL	کروز	7	گازوئیلی	101	فعال
مینی‌بوس	آریا	XML6701J	1.5	گازوئیلی	101	فعال
اتوبوس	اسکانیا ۳ محور(BRT)	آرین	5.5	گازوئیلی	201	فعال
اتوبوس	اسکانیا	3112	8.5	گازوئیلی	529	فعال
اتوبوس	ایکاروس تک کابین	260A	17	گازوئیلی	1	فعال
اتوبوس	بنز پنج‌تن	302	42.5	گازوئیلی	2	فعال
اتوبوس	بنز لیلاندی	302	35	گازوئیلی	1	فعال
اتوبوس	بنز مدیفاید ۳۵۵	O355	16	گازوئیلی	110	فعال
اتوبوس	بنز مدیفاید ۴۵۷	O457	10	گازوئیلی		فعال
اتوبوس	بنز مدیفاید ۴۵۷(گازی)	OMG457	11	گازسوز(تبدیلی)	107	فعال
اتوبوس	بنز۳۵۵-موتوراسکانیا	OSG355	9	گازی	254	فعال
اتوبوس	بنز۳۵۵-موتوراسکانیا	OSG355	9	گازی	254	فعال

اتوبوس	شهاب موتور بنز	C1711	23	گازوئیلی	1	فعال
اتوبوس	شهاب موتور رنو	C1911	16	گازوئیلی	1	فعال
اتوبوس	مان۳۵۵ (گازی)	OMG355	13	گازی	150	فرسوده و رده خارج
اتوبوس	مگاترانس ۴۵۷	O457III	8	گازوئیلی	71	فعال
اتوبوس	اسکانیا	پارسی ن	1	گازوئیلی	155	فعال
مجموع اتوبوس‌ها	۲۲۲۵					
مجموع مینی‌بوس‌ها	۲۹۰					

جدول ۴-۱۷- مشخصات متوسط مصرف روزانه اتوبوس‌های شهر مشهد

متوسط مصرف روزانه بر اساس نوع			
نوع خودرو	درصد مصرف	میزان مصرف روزانه	میزان مصرف در هر کیلومتر
اتوبوس ۳ محور	54%	135	0.5
مگاترانس ۴۵۷	50%	125	0.5
اسکانیا	46%	115	0.5
بنز ۴۵۷	46%	115	0.5
بنز ۳۵۵	30%	75	0.3
بنز ۳۰۲	30%	75	0.3
مینی‌بوس	20%	50	0.2
گازی	70%	175	0.7
میانگین میزان پیمایش روزانه هر ناوگان= ۲۵۰ کیلومتر			

۴۶ بررسی جامعه آماری خودروهای در حال حرکت در سطح کشور

بطور کلی در کشور در سال ۱۳۸۰ حدوداً ۳۳۰ هزار دستگاه در سال ۱۳۹۰ یک‌میلیون و ۶۶۰ هزار دستگاه از انواع خودرو شماره‌گذاری شده است که به‌طور متوسط رشد سالانه ۱۷/۶۴ درصد را در آن نشان می‌دهد. در طی این مدت، ناوگان خودروی کشور از حدود ۴ میلیون و ۳۵۰ هزار دستگاه با متوسط رشد سالانه ۱۲/۴ درصد به ۱۳ میلیون و ۹۸۰ هزار دستگاه افزایش‌یافته و آمار تعداد خودروها به ازاء هر هزار نفر از ۶۷/۳ دستگاه به ۱۸۶/۰ دستگاه افزایش یافته است.

برای بررسی دقیق‌تر و اطلاعات جامع‌تر از آمار اتوبوس‌های شهری در حال حرکت در سطح کل کشور، آدرس وب‌سایت‌های اتوبوسرانی، آدرس وب‌سایت‌های مرتبط با حمل‌ونقل، آدرس وب‌سایت‌های مرتبط با شرکت‌های سازنده خودرو و اتوبوس‌ها و مشخصات سازمان‌های اتوبوسرانی کشور به ترتیب در جدول ۴-۱۸ و جدول ۴-۱۹ و

جدول ۴-۲۰ آورده شده است.

جدول ۴-۱۸- آدرس وب‌سایت اتوبوسرانی های کشور [۵۴]

ردیف	نام	آدرس
	سازمان اتوبوسرانی الوند و حومه	http://www.alvandbus.ir
	سازمان اتوبوسرانی اهواز و حومه	http://ahwazbus.com/
	سازمان اتوبوسرانی تبریز و حومه	http://www.bus.tabriz.ir/
	سازمان اتوبوسرانی رشت و حومه	http://www.rashtbus.org
	سازمان اتوبوسرانی شهر ملارد	http://www.malardbus.ir
	سازمان اتوبوسرانی شهرداری ارومی ه	http://www.bdo.urmiafava.org
	سازمان اتوبوسرانی شهرداری اندیشه و حومه	http://www.andishehbus.ir
	سازمان اتوبوسرانی شهرداری بیرجند	http://www.bus.birjand.ir
	سازمان اتوبوسرانی شهرداری کرمانشاه	http://bus-ksh.ir
	سازمان اتوبوسرانی شهرکرد و حومه	http://www.shahrekordbus.ir
	سازمان اتوبوسرانی شیراز و حومه	http://www.bus.shirazcity.org
	سازمان اتوبوسرانی قزوین	http://www.qazvinbus.ir
	سازمان اتوبوسرانی مراغه و حومه	http://www.maraghehbus.ir
	سازمان اتوبوسرانی همدان و حومه	
	سازمان اتوبوسرانی مشهد	http://www.mashhadbus.ir
	سازمان اتوبوسرانی نجف آباد و حومه	http://www.najafabad-bus.ir
	سازمان اتوبوسرانی نظرآباد و حومه	http://www.nbo.ir
	سازمان اتوبوسرانی یزد و حومه	http://yazd-bus.ir
	سازمان اتوبوسرانی کرج و حومه	http://karaj-bus.com/
	شرکت واحد اتوبوسرانی تهران و حومه	http://bus.tehran.ir

جدول ۴-۱۹- آدرس وب‌سایت‌های مرتبط با حمل‌ونقل[۵۲]

ردیف	نام	آدرس
۱	سازمان حمل‌ونقل و پایانه‌های کشور	www.tto.ir
۲	وزارت راه و ترابری	www.mrt.ir
۳	مرکز اطلاعات علمی و تخصصی حمل‌ونقل و ترافیک	http://www.ttic.ir/

جدول ۴-۲۰- **آدرس وب‌سایت شرکت‌های سازنده اتوبوس[۵۲]**

نام شرکت	نام شرکت	وب‌سایت
ایران‌خودرو دیزل	IranKhodro Diesel	www.ikd-co.com
سایپادیزل	Saipa Diesel	www.saipadiesel.com
رانیران	Runiran	www.runiran.com
شهاب خودرو	Shahab Khodro	www.shahabkhodro.com
عقاب افشان	Oghab Afshan	www.oghabafshan.com
زامیاد	Zamyad	ww.zamyadco.com

تعداد ناوگان شناسایی‌شده عمومی مسافری در سال ۱۳۹۵ در حدود ۸۳ هزار دستگاه می‌باشد. از این تعداد ۱۶ هزار د ستگاه اتوبوس (۱۹/۳ در صد)، ۲۷/۷ هزار د ستگاه مینی‌بوس (۳۳/۳ در صد) و ۳۹/۴ هزار د ستگاه سواری کرایه (۴۷/۴ درصد) بوده‌اند. در این راستا تعداد اتوبوس، مینی بوس و سواری کرایه نسبت به سال قبل تغییری ندا شته ا ست. متو سط عمر ناوگان م سافری در سال ۱۳۹۵ در حدود ۱۴/۳ سال بوده ا ست. متو سط عمر اتوبوس، مینی‌بوس و سواری کرایه به ترتیب ۱۰/۲، ۲۳/۲، ۹/۶ سال بوده که ن سبت به سال ۱۳۹۴ به ترتیب در حدود ۰/۱، ۱/۳ و ۷/۸ درصد افزایش داشته است.

از این تعداد وسیله نقلیه عمومی مسافری در سطح کشور در حدود ۳/۳ هزار دستگاه ملکی شرکت یا مو سسه، ۳۰ هزار د ستگاه ملکی راننده، و ۱/۶ هزار د ستگاه ملکی شراکتی و ۶/۲ هزار د ستگاه ملکی شخص دیگر می‌با شد . سهم و سایل نقلیه عمومی م سافری در سال ۱۳۹۵ برح سب نوع مالکیت اعم از ملکی شرکت، ملکی راننده، ملکی شراکتی و ملکی شخص دیگر نیز به ترتیب ۴، ۸۶/۶، ۲ و ۷/۵ درصد می‌باشد .همچنین در سال ۱۳۹۵ در میان تعداد و سایل نقلیه عمومی م سافری ک شور برح سب ک شور سازنده، ایران با ۹۱/۸ در صد بی‌شتری سهم را دا شته و کشورهای آلمان با ۳ درصد و چین با ۱/۱ درصد در مراتب بعدی قرار دارند.

همانطور که در جدول ۴-۲۱ مشاهده می‌شود تا پایان سال ۱۳۹۶ تعداد اتوبوس‌های مسافری درون‌شهری کشور برابر ۲۴۲۵۶ د ستگاه ا ست که ۷۷٪ این اتوبوس ها معادل ۱۸۶۷۷ د ستگاه گازوئیل سوز و ۲۳٪ اتوبوس ها معادل ۵۵۷۹ دستگاه گازسوز می باشند.

جدول ۴-۲۱-وضعیت ناوگان اتوبوس رانی شهری کشور [۵۵]

وضعیت ناوگان در بخش اتوبوس، مدیبوس و مینی بوس رانی شهری و حومه ای کشور

شاخص	میزان
تعداد کل اتوبوس درون شهری خطی در کشور	۲٤۲٥٦ دستگاه
نسبت تعداد اتوبوس فعال در کلانشهرها به نسبت کل ناوگان شهرها	٪٦۰
نسبت تعداد اتوبوس های واگذار شده به بخش خصوصی به کل ناوگان	٪٥٥
وضعیت مصرف سوخت در ناوگان اتوبوسرانی	٪۷۷ گازوئیل سوز ٪۲۳ گاز سوز
تعداد کل مدیبوس و مینی بوس تحت نظارت در کشور	۱۱۰٦٦ دستگاه
تعداد کل اتوبوس شهری و حومه ای غیرخطی نظارت نشده در کشور	۲٤۲٥٦ دستگاه
تعداد کل مدیبوس و **مینی بوس** شهری و حومه ای غیرخطی نظارت نشده در کشور	۲٤۲٥٦ دستگاه
ضریب متوسط فعالیت ناوگان	٪۹٥
میزان پیمایش روزانه ناوگان اتوبوس، مدیبوس و مینی بوس فعال کشور	حدود ۹ میلیون کیلومتر
میزان مسافر جابجا شده روزانه با اتوبوس، مدیبوس و مینی بوس فعال در کشور	حدود ۱۸ میلیون مسافر
میزان کل مصرف روزانه گازوئیل اتوبوس، **مدیبوس** و مینی بوس های فعال کشور	حدود ۲/٥ میلیون لیتر
میزان گاز مصرفی روزانه اتوبوس های فعال در کشور	حدود ۰/۹ میلیون کیلوگرم

فصل ۵ مشخصات فنی اتوبوس ها و پیشرانه ها

۵ ۱ مقدمه

در این فصل مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های فعال درون شهری مسافربری در سطح استان تهران و در سطح کشور شامل تولیدات شرکت های ایران‌خودرو دیزل ، عقاب نشان ، پیشرو دیزل آسیا ، آکیا دویچ ، زرین خودرو ، شهاب خودرو ، ستاره نیک آسیا (اسنا) ، سبلان خودرو ، رامک خودرو ، ولوو ، اتوبوس اسکانیا ، مان ، مرسدس بنز و هیوندای یونیورس مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

در این پروژه جهت استخراج اطلاعات آماری اتوبوس‌های شهری کشور و استخراج اطلاعات فنی پیشرانه‌های آن ها با سازمان‌ها، ارگان‌های همچون معاونت محترم شهردار و رئیس سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران جناب آقای دکتر پور سید آقایی، مدیرکل دفتر طرح‌های جامع و مدل‌های حمل‌ونقل وزارت راه و شهر سازی جناب آقای مهندس صفری مقدم و نیز مدیرکل دفتر حمل‌ونقل و ترافیک و دبیر محترم شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای وزارت کشور جناب آقای مهندس محمدیان یزدی مکاتباتی انجام گرفت که نتایج ، اطلاعات ، آمارها و گزارش‌هایی که در پاسخ استعلامات و مکاتبات به این مرکز ارسال گردیده است به شرح ذیل به استحضار رسانده می شود.

در جدول ۵-۱ اسامی شرکت های سازنده داخلی اتوبوس های درون‌شهری کشور و بکار رفته در ناوگان اتوبوسرانی درون شهری که استعلامات آن‌ها از طریق بررسی و جستجوهای اینترنتی و نیز از طریق مکاتبات با وزارت کشور، وزارت راه و ترابری و الخصوص شهرداری تهران و شرکت واحد اتوبوس‌رانی تهران، مشهد، شیراز و اصفهان انجام‌گرفته است به شرح ذیل اعلام می‌گردد.

جدول ۵-۱- اسامی شرکت های سازنده داخلی اتوبوس های درون‌شهری [۵۲]

ردیف	عنوان شرکت	داخلی /خارجی

۱.	ایران خودرو دیزل	داخلی
۲.	عقاب افشان	داخلی
۳.	پیشرو دیزل آسیا	داخلی
٤.	آکیا دویچ	داخلی
٥.	زرین خودرو	داخلی
٦.	شهاب خودرو	داخلی
۷.	ستاره نیک آریا (اسنا)	داخلی
۸.	سبلان خودرو	داخلی
۹.	رامک خودرو	داخلی

۵ ۲ مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های شهری

۵ ۲ ۱ مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت عقاب افشان

در جدول ۵-۲ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت عقاب افشان شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است. در ادامه مشخصات فنی هر یک از این اتوبوس ها بصورت جزئی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۵-۲- مشخصات کلی فنی اتوبوس های شهری شرکت عقاب افشان

ردیف	شرکت سازنده داخلی	شرکت سازنده خارجی	مدل	مشخصات فنی
۱.	عقاب افشان	اسکانیا	DV09 115	۵ سیلندر- حجم موتور ۹/۲۹ لیتر- توان 320)231 kw hp)/1900rpm- گشتاور خروجی 550/1000Nm-1350 rpm- استاندارد آلایندگی Euro IV+DPF
			پارسین DC09 137/320 hp	۵ سیلندر- دیزلی- حجم موتور ۹۳۰۰ سی سی- توان ۳۲۰ اسب بخار(۲۳۵ کیلو وات) در ۱۹۰۰ دور بر دقیقه- گشتاور خروجی 1600Nm/1050-1300 rpm - استاندارد آلایندگی EUROIV+DPF
			پارسین OC09 106/320 hp	۵ سیلندر- گازسوز- توان ۳۲۰ اسب بخار (۲۳۵ کیلو وات) در 1900rpm – حجم موتور ۹۳۰۰ سی سی - گشتاور خروجی 1500Nm/1100-1400rpm- استاندارد آلایندگی EURO VI

			آرین سه محور DC09 137/320 hp	۵ سیلندر- دیزلی- توان ۳۲۰ اسب بخار (۲۳۵ کیلو وات) در 1900rpm- حجم موتور ۹۳۰۰ سی سی – گشتاور خروجی 1600Nm/ 1050 -1300 rpm- استاندارد آلایندگی EUROIV

مشخصات فنی اتوبوس‌شهری دیزلی عقاب-اسکانیا مدل پارسین(عقاب افشان)

در جدول ۵-۳ مشخصات فنی اتوبوس شهری دیزلی عقاب- اسکانیا مدل پارسین محصول کشورهای سوئد و مونتاژ شرکت تولید و صنعتی عقاب افشان شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۳- مشخصات فنی اتوبوس شهری دیزلی عقاب- اسکانیا مدل پارسین (عقاب افشان) [۵۶]


مشخصات فنی اتوبوس شهری عقاب- اسکانیا مدل پارسین

شاسی
• اسکانیا مدل K 320 UB4x2LB

موتور
• نوع: Scania - DC09 137/320 hp
• تعداد سیلندر: ۵ سیلندر
• قدرت: ۲۲۰ اسب بخار (۱۶۲ کیلووات) در ۱۹۰۰ دور بر دقیقه
• حجم موتور: ۹۳۰۰ سی سی
• حداکثر گشتاور: ۱۶۰۰ نیوتن‌متر در ۱۰۵۰ تا ۱۳۰۰ دور بر دقیقه
• مجهز به اینترکولر، توربوشارژ و خنک‌کن گازوئیل
• استاندارد آلایندگی: EURO 4 مجهز به سیستم SCR، فیلتر DPF و سیستم سوخت رسانی common rail
• وضعیت قرارگیری: به صورت خطی و ایستاده در استاندارد شاسی
• مجهز به حفاظ محکم و قوی انتهای شاسی و زیر موتور جهت محافظت در برابر شماندفان احتمالی
• علاوه بر فیلتر روغن قابل تعویض، فیلتر آسیابی گریز از مرکز قابل شستشو نیز دارد.

گیربکس
• ZF اتوماتیک، مدل 6AP1400B با سلکتور دنده R-N-D عمودی
• مجهز به ریتارد در هیدرولیکی ZF

سیستم خنک‌کاری
• سیستم خنک‌کاری مدار بسته با مخزن انبساطی و فن هیدرولیک اتوماتیک

سیستم تعلیق
• محور جلو: دو عدد بالشتک هوای فشرده (خرهای باد) و دو عدد کمک فنر
• محور عقب: چهار عدد بالشتک هوای فشرده (خرهای باد) و چهار عدد کمک فنر
• قابلیت تنظیم ارتفاع به صورت دستی متناسب با شرایط جاده (جهت افزایش ضریب ایمنی، وقتی سرعت از ۴۰ کیلومتر در ساعت بیشتر شود ارتفاع اتوبوس از سطح زمین به حالت عادی برمی‌گردد.)
• مجهز به سیستم زانو زدن (Kneeling) برای راحتی ورود و خروج مسافران

سیستم‌های ایمنی
• ترمز پنوماتیک برای چرخ‌های جلو و عقب با سیستم دیسکی (دارای مخزن باد جداگانه)
• ترمز EBS (سیستم ترمز الکترونیک) و ترمز ABS (ترمز ضد قفل)
• ترمز موتور اتوماتیک (ترمز الکترو)
• سیستم ضد لغزش (TC)
• سیستم Bus stop brake برای افزایش راحتی راننده و ایمنی مسافر در هنگام توقف اتوبوس و باز بودن درها، ترمزهای عقب به طور اتوماتیک و بدون نیاز به فشردن پدال ترمز درگیر می‌شوند. خودرو زمانی می‌تواند حرکت کند که درهای آن بسته شود.

سیستم برق
• دو عدد دینام ۱۵۰ آمپر ۲۴ ولت
• دو عدد باتری ۱۲ ولت ۲۱۵ آمپر ساعت MF_
• سیستم برق تجهیزات اتاق از نوع مالتی‌پلکس (CAN) به منظور کاهش سیمکشی، سهولت عیب‌یابی و کاهش خطرات احتمالی ناشی از دستکاری‌های غیرمجاز

چرخ‌ها
• لاستیک میشلن به ابعاد 275/70R22.5

مکان راننده
• فرمان هیدرولیک و سیستم تنظیم ارتفاع و زاویه غربیک فرمان (شکمپی) به صورت پنوماتیک
• برای راحتی راننده و ارگونومی مناسب، پدال‌ها بر روی پایه فرمان نصب شده‌اند.
• تاخوگراف و صفحه آمپر دیجیتال
• سیستم عیب‌یاب الکترونیکی
• صندلی راننده پنوماتیکی Sege با کمربند ایمنی سه نقطه‌ای

عایق صدا و حرارت
• قسمت محفظه موتور به طور کامل در برابر حرارت و صدای موتور و گیربکس عایق‌بندی شده است.
• سقف و دیواره‌ها در برابر محیط بیرون به طور کامل عایق‌بندی شده‌اند تا کمترین تبادل حرارت صورت گیرد.
• برای کاهش نفوذ صدا و حرارت، شیشه‌ها از نوع دو جداره هستند.

ظرفیت و ابعاد
• ظرفیت نشسته مسافر: ۴۱ نفر
• نوع صندلی مسافر: Esteban/Brusa از جنس پلی‌آمید مقاوم و ضد خش، با قابلیت شستشو و روکش‌دار
• طول کلی: ۱۲۱۹۷ میلی‌متر
• عرض کلی: ۲۵۵۰ میلی‌متر
• ارتفاع کلی: ۳۳۱۰ میلی‌متر با احتساب کولر
• حداکثر وزن مجاز بر محور جلو: ۷۵۰۰ کیلوگرم
• حداکثر وزن مجاز بر محور عقب: ۱۲۰۰۰ کیلوگرم
• حداکثر وزن مجاز با سرنشین و بار: ۱۹۵۰۰ کیلوگرم
• ظرفیت مخزن سوخت: ۴۲۰ لیتر دارای گواهی تأییدیه نوع از اتحادیه اروپا
• ظرفیت مخزن AdBlue: ۴۵ لیتر
• ۲+۲ در بادی دو تکه ساخت آلمان

ساختار اتاق
• ساختار (سازه) فلزی مستحکم و تقویت شده از جنس فولاد مخصوص مطابق با استاندارد اروپایی R 107
• جوشکاری کل سازه با دستگاه میگ/ مگ انجام شده و از کیفیت بالایی برخوردار است.
• بدنه اتوبوس با ورق‌های گالوانیزه و تایپرگلاس پوشیده شده است و برای حفاظت در مقابل خوردگی تمام سازه اتوبوس با استفاده از رنگ‌های اپوکسی پوشش داده می‌شود. قسمت زیر اتوبوس که در معرض آب است با لایه ضخیمی از روغن ضد خوردگی پوشانیده می‌شود، که به دلیل حالت ژله‌ای، در زیر بدنه لایه محافظ بسیار خوبی برای جلوگیری از خوردگی و زنگ‌زدگی اتاق به وجود می‌آورد.

سیستم تهویه مطبوع
• به منظور ایجاد فضایی مطبوع برای مسافران و راننده اتوبوس‌های شهری عقاب - اسکانیا به سامانه سرمایش و گرمایش جدید و پیشرفته مجهز شده‌اند.
• این سامانه از کولر پر قدرت Konvektra با ظرفیت سرمایش ۴۴ کیلووات و کمپرسور Bock بهره می‌برد که در حال حاضر از پیشرفته‌ترین سیستم‌های سرمایش در دنیاست.
• مجهز به کولر و بخاری راننده در داشبورد
• سامانه گرمایش شامل بخاری سقفی، کنوکتور و بخاری مخصوص راننده مجموعاً ظرفیت گرمادهی ۸۰ کیلووات را تأمین می‌کند.

سیستم صوتی - تصویری
• رادیو با قابلیت پخش فایل‌های صوتی با استفاده از Fashmemory
• آنتن فایر
• امکان استفاده از میکروفون
• مانیتور رنگی با قابلیت دو ورودی برای دوربین دنده عقب و دوربین بالای رکاب عقب
• تابلوی دیجیتال در داخل و بیرون اتوبوس

امکانات استاندارد
• پرده جانبی برای تمام شیشه‌ها
• شیشه جلو دو جداره طلقی
• شیشه‌های جانبی دو جداره از نوع سکوریت
• گاردین دردار برای راننده
• سیستم اخطار حریق در محفظه موتور
• دو عدد آینه بغل محدب مجهز به گرمکن و یک عدد آینه دید جلو
• دیوار جداسازی قسمت مردانه و زنانه
• آفتابگیر مکانیکی برای شیشه جلو سمت راننده
• سیستم ایمنی برای درهای بادی (درها در صورت قرار گرفتن مسافر بین آنها به صورت اتوماتیک باز می‌شوند.)
• گیسوا آتش‌نشانی
• سیستم دوربین مدار بسته در سالن مسافری

تجهیزات سفارشی
• قابلیت پخش انواع فایل‌های تصویری در صورت نیاز مشتری
• امکان نصب مانیتور در داخل سالن مسافری اتوبوس برای تبلیغات درون شهری

QD-7671
www.oghabafshan.com

مشخصات فنی اتوبوس‌شهری گازسوز عقاب-اسکانیا مدل پارسین(عقاب افشان)

در جدول ۵-۴ مشخصات فنی اتوبوس شهری دیزلی عقاب- اسکانیا مدل پارسین محصول کشورهای سوئد و مونتاژ شرکت تولید و صنعتی عقاب افشان شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۴- اتوبوس شهری گازسوز عقاب- اسکانیا مدل پارسین(عقاب افشان) [۵۶]



عقاب افشان

مشخصات فنی اتوبوس شهری گازسوز عقاب- اسکانیا مدل پارسین

شاسی
• اسکانیا مدل K 320 UB4x2LB

موتور
• نوع: Scania - OC09 106/320 hp
• تعداد سیلندر: ۵ سیلندر
• قدرت: ۳۲۰ اسب بخار (۲۳۵ کیلووات) در ۱۹۰۰ دور بر دقیقه
• حجم موتور: ۹۳۰۰ سی‌سی
• حداکثر گشتاور: ۱۵۰۰ نیوتن‌متر در ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ دور بر دقیقه
• مجهز به اینترکولر و توربوشارژ
• استاندارد آلایندگی: EURO 6 مجهز به سیستم سوخت‌رسانی Otto و سیستم EGR
• وضعیت قرارگیری: به صورت خطی و ایستاده در انتهاشاسی
• مجهز به حفاظ محکم و قوی انتهای شاسی و زیر موتور جهت محافظت در برابر تصادفات احتمالی
• علاوه بر فیلتر روغن قابل تعویض، فیلتر آسپایی گریز از مرکز قابل شستشو نیز دارد.

انتقال قدرت
• گیربکس اتوماتیک ZF، مدل 6AP1400B با سلکتور دنده R-N-D عمودی
• مجهز به ریتاردر هیدرولیکی ZF
• نسبت تبدیل دیفرانسیل ۴/۸۸/۱

سیستم خنک‌کاری
• سیستم خنک‌کاری مدار بسته با مخزن انبساطی و فن هیدرولیک اتوماتیک

سیستم تعلیق
• محور جلو: دو عدد بالشتک هوای فشرده (خمره‌ای باد) و دو عدد کمک فنر
• محور عقب: چهار عدد بالشتک هوای فشرده (خمره‌ای باد) و چهار عدد کمک فنر
• قابلیت تنظیم ارتفاع به صورت دستی متناسب با شرایط جاده (جهت افزایش ضریب ایمنی، وقتی سرعت از ۳۰ کیلومتر در ساعت بیشتر شود ارتفاع اتوبوس از سطح زمین به حالت عادی برمی‌گردد.)
• مجهز به سیستم زانوزدن (Kneeling) برای راحتی ورود و خروج مسافران

سیستم‌های ایمنی
• ترمز دیسکی برای چرخ‌های جلو و عقب (دارای مخزن باد جداگانه)
• ترمز EBS (سیستم ترمز الکترونیک) و ترمز ABS (ترمز ضد قفل)
• سیستم ضد لغزش (TC)
• سیستم Bus Stop Brake

سیستم برق
• دو عدد دینام ۱۵۰ آمپر ۲۴ ولت
• دو عدد باتری MF ۱۲ ولت ۲۲۰ آمپر ساعت
• سیستم برق اتاق از نوع مالتی‌پلکس (CAN) به منظور کاهش سیم‌کشی، سهولت عیب‌یابی و کاهش خطرات احتمالی ناشی از دستکاری‌های غیرمجاز

چرخ‌ها
• لاستیک میشلن به ابعاد 275/70R22.5

مکان راننده
• فرمان هیدرولیک و سیستم تنظیم ارتفاع و زاویه غربیلک فرمان (شکوپی) به صورت پنوماتیک
• برای راحتی راننده و ارگونومی مناسب، پدال‌ها بر روی پایه فرمان نصب شده‌اند.
• تاخوگراف و صفحه آمپر دیجیتال
• سیستم عیب‌یاب الکترونیکی (OBD)
• صندلی راننده پنوماتیکی Pilot با کمربند ایمنی سه نقطه‌ای

عایق صدا و حرارت
• قسمت محفظه موتور به طور کامل در برابر حرارت و صدای موتور و گیربکس عایق‌بندی شده است.
• سقف و دیواره‌ها در برابر محیط بیرون به طور کامل عایق‌بندی شده‌اند تا کمترین تبادل حرارت صورت گیرد.
• برای کاهش نفوذ صدا و حرارت، شیشه‌ها از نوع دو جداره هستند.

ظرفیت و ابعاد
• ظرفیت مسافر: ۴۱ نفر نشسته
_ ۲۲ نفر ایستاده + ۱ ویلچر
_ ۳۰ نفر ایستاده (بدون ویلچر)
• طول کلی: ۱۲۹۴۷ میلی‌متر
• عرض کلی: ۲۵۵۰ میلی‌متر
• ارتفاع کلی: ۳۴۴۷ میلی‌متر با احتساب کولر و مخازن سوخت
• فاصله محورها: ۶۵۳۲ میلی‌متر
• فاصله محورجلو تا سپر جلو: ۲۹۰۹ میلی‌متر
• فاصله محورعقب تا سپر عقب: ۲۵۰۶ میلی‌متر
• حداکثر وزن مجاز بر محور جلو: ۷۱۰۰ کیلوگرم
• حداکثر وزن مجاز بر محور عقب: ۱۲۰۰۰ کیلوگرم
• حداکثر وزن مجاز با سرنشین و بار: ۱۹۱۰۰ کیلوگرم
• مشخصات مخازن سوخت: ۶ مخزن ۱۶۲ لیتری با تکنولوژی تولید CNG-3 که مقدار پیمایش با هر بار سوخت‌گیری ۵۰۰ کیلومتر است.
• تعداد درها: دو در بادی دولته در یک سمت

ساختار اتاق
• ساختار (سازه) فلزی مستحکم و تقویت شده از جنس فولاد مطابق با استاندارد اروپایی R 107
• جوشکاری کل سازه با دستگاه میگ/ مگ انجام شده و از کیفیت بالایی برخوردار است.
• بدنه اتوبوس با ورق‌های گالوانیزه و فایبرگلاس پوشیده شده است و برای حفاظت در مقابل خوردگی تمام سازه اتوبوس با استفاده از رنگ‌های اپوکسی پوشش داده می‌شود. قسمت زیر اتوبوس که در معرض آب است با لایه ضخیمی از روغن ضد خوردگی پوشانیده می‌شود که به دلیل حالت ژله‌ای، در زیر بدنه لایه محافظ بسیار خوبی برای جلوگیری از خوردگی و زنگ‌زدگی اتاق به وجود می‌آورد.

سیستم تهویه مطبوع
• به منظور ایجاد فشایی مطبوع برای مسافران و راننده، اتوبوس‌های شهری عقاب - اسکانیا به سیستم سرمایش و گرمایش جدید و پیشرفته مجهز شده‌اند.
• این سیستم از کولر پر قدرت Konvekta با ظرفیت سرمایش ۴۴ کیلووات و کمپرسور Bock بهره می‌برد که در حال حاضر از پیشرفته‌ترین سیستم‌های سرمایش در دنیاست.
• مجهز به کولر و بخاری راننده در داشبورد.
• سیستم گرمایش شامل بخاری سقفی، کانوکتور و بخاری مخصوص راننده مجموعاً ظرفیت گرمادهی ۴۸ کیلووات را تأمین می‌کنند.

سیستم صوتی - تصویری
• رادیو با قابلیت پخش فایل‌های صوتی با استفاده از Flash memory
• آمپلی‌فایر
• امکان استفاده از میکروفون
• مانیتور رنگی با قابلیت دو ورودی برای دوربین دنده عقب و دوربین بالای رکاب عقب
• تابلوی دیجیتال در داخل و بیرون اتوبوس

امکانات استاندارد
• نوع صندلی مسافر: Esteban، از جنس پلی‌آمید مقاوم و ضد خش، با قابلیت شستشو و روکش‌دار
• پرده جانبی برای تمام شیشه‌ها
• شیشه جلو دو جداره طلقی
• شیشه‌های جانبی دو جداره از نوع سکوریت
• سیستم اخطار حریق در محفظه موتور
• دو عدد آینه بغل محدب، مجهز به گرمکن و یک عدد آینه برای دید جلو اتوبوس
• آفتابگیر مکانیکی برای شیشه جلو سمت راننده
• سیستم ایمنی برای درهای بادی (درها در صورت قرار گرفتن مسافر بین آنها به صورت اتوماتیک باز می‌شوند.)
• کپسول آتش‌نشانی
• سیستم دوربین مدار بسته در سالن مسافری

تجهیزات سفارشی
• قابلیت پخش انواع فایل‌های تصویری در صورت نیاز مشتری
• امکان نصب مانیتور در داخل سالن مسافری اتوبوس برای تبلیغات درون شهری
• دیوار جداسازی قسمت مردانه و زنانه

GD-74/01/PA

مشخصات فنی اتوبوس‌شهری دیزلی عقاب-اسکانیا مدل آرین(عقاب افشان)

در جدول ۵-۵ مشخصات فنی اتوبوس شهری دیزلی عقاب- اسکانیا مدل پارسین محصول کشورهای سوئد و مونتاژ شرکت تولید و صنعتی عقاب افشان شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۵- اتوبوس شهری عقاب- اسکانیا مدل آرین (سه محور)(عقاب افشان) [۶]


مشخصات فنی اتوبوس شهری عقاب - اسکانیا مدل آربز (سه محور)

شاسی
• اسکانیا مدل K 320 UB6x2*4LB

موتور
• نوع Scania - DC09 137/320 hp
• تعداد سیلندر: ۵ سیلندر
• قدرت: ۳۲۰ اسب بخار (۲۳۵ کیلووات) در ۱۹۰۰ دور بر دقیقه
• حجم موتور: ۹۳۰۰ سی سی
• حداکثر گشتاور: ۱۶۰۰ نیوتن‌متر در ۱۰۵۰ تا ۱۳۰۰ دور بر دقیقه
• مجهز به اینترکولر، توربوشارژ و خنک‌کن گازوئیل
• استاندارد آلایندگی: EURO 4 مجهز به سیستم SCR فیلتر DPF و سیستم سوخت رسانی common rail
• وضعیت قرارگیری به صورت خطی و ایستاده در امتداد شاسی
• مجهز به حفاظ محکم و قوی انتهای شاسی و زیر موتور جهت محافظت در برابر تصادفات احتمالی
• علاوه بر فیلتر روغن قابل تعویض، فیلتر آسیایی گریز از مرکز قابل شستشو نیز دارد.

گیربکس
• اتوماتیک، مدل 6AP1400B با سلکتور بدنه R-N-D عمودی
• مجهز به ریتاردر هیدرولیکی ZF

سیستم خنک‌کاری
• سیستم خنک‌کاری مدار بسته با مخزن انبساطی و فن هیدرولیک اتوماتیک

سیستم تعلیق
• محور جلو: دو عدد بالشتک هوای فشرده (فنرهای باد) و دو عدد کمک فنر
• محور دوم: چهار عدد بالشتک هوای فشرده (فنرهای باد) و چهار عدد کمک فنر
• محور سوم: دو عدد بالشتک هوای فشرده (فنرهای باد) و دو عدد کمک فنر
• قابلیت تنظیم ارتفاع به صورت دستی متناسب با شرایط جاده (جهت افزایش ضریب ایمنی، وقتی سرعت از ۲۰ کیلومتر در ساعت بیشتر شود ارتفاع اتوبوس از سطح زمین به حالت عادی برمی‌گردد)
• سیستم زانو زدن (Kneeling) در سمت پله‌های ورودی
• نسبت تبدیل دیفرانسیل ۱: ۴/۸۷

سیستم‌های ایمنی
• ترمز پنوماتیک برای چرخ‌های جلو و عقب با سیستم دیسکی (دارای مخزن باد جداگانه)
• ترمز EBS (سیستم ترمز الکترونیک) و ترمز ABS (ترمز ضد قفل)
• ترمز موتور (ترمز اگزوز)
• سیستم ضد لغزش (TC)
• سیستم Bus stop brake : برای افزایش راحتی راننده و ایمنی مسافر در هنگام توقف اتوبوس و باز بودن درها، ترمزهای عقب به طور اتوماتیک و بدون نیاز به فشردن پدال ترمز درگیر می‌شوند. خودرو زمانی می‌تواند حرکت کند که درهای آن بسته شود.

سیستم برق
• دو عدد دینام ۱۵۰ آمپر ۲۴ ولت
• دو عدد باتری (MF) ۱۲ ولت ۲۲۰ آمپر ساعت
• سیستم برق تجهیزات اتاق از نوع مالتی‌پلکس (CAN) به منظور کاهش سیمکشی، سهولت عیب‌یابی و کاهش خطرات احتمالی ناشی از دستکاری‌های غیرمجاز

چرخ‌ها
• لاستیک میشلن به ابعاد 275/70R22.5

مکان راننده
• فرمان هیدرولیک و سیستم تنظیم ارتفاع و زاویه غربیلک فرمان (شکویی) به صورت پنوماتیک
• برای راحتی راننده و ارگونومی مناسب پدال‌ها بر روی پایه فرمان نصب شده‌اند.
• تاخوگراف و صفحه آمپر دیجیتال
• سیستم عیب‌یاب الکترونیکی
• صندلی راننده پنوماتیکی Sege با کمربند ایمنی سه نقطه‌ای

ظرفیت و ابعاد
• ظرفیت مسافر: ۴۷ نفر نشسته و ۴۶ نفر ایستاده
• نوع صندلی مسافر: Esteban/Brusa
• وضعیت قرارگیری درها:
الف) ۱+۱+۱ (در دو لته)
ب) ۲+۲+۱
• طول کلی: ۱۲۸۸۰ میلی‌متر
• عرض کلی: ۲۵۵۰ میلی‌متر
• ارتفاع کلی: ۳۲۱۰ میلی‌متر با احتساب کولر
• فاصله محورها: ۶۹۰۰ میلی‌متر
• فاصله محور جلو تا سپر جلو: ۲۹۸۰ میلی‌متر
• فاصله محور عقب تا سپر عقب: ۲۵۰۰ میلی‌متر
• ظرفیت مخزن سوخت: ۴۲۰ لیتر دارای گواهی تأییدیه نوع از اتحادیه اروپا
• ظرفیت مخزن AdBlue: ۴۵ لیتر

ساختار اتاق
• ساختار (سازه) فلزی مستحکم و تقویت شده از جنس فولاد مخصوص مطابق با استاندارد اروپایی R 107
• جوشکاری کل سازه با دستگاه میگ/مگ انجام شده و از کیفیت بالایی برخوردار است.
• بدنه اتوبوس با ورق‌های فولادی پوشیده شده است و برای حفاظت در مقابل خوردگی تمام سازه اتوبوس با استفاده از رنگ‌های اپوکسی پوشش داده می‌شود. قسمت زیر اتوبوس که در معرض آب است با لایه ضخیمی از روغن ضد خوردگی پوشانیده می‌شود که به دلیل حالت ژله‌ای، در زیر بدنه لایه محافظ بسیار خوبی برای جلوگیری از خوردگی و زنگ‌زدگی اتاق به وجود می‌آورد.

سیستم تهویه مطبوع
• کولر Konvekta با ظرفیت سرمایش ۳۲ کیلووات و سیستم گرمایش با ظرفیت گرمایش ۲۸ کیلووات به همراه کمپرسور Bock
• کمپرسور برای سالن مسافران با ظرفیت گرمایش ۱۲ کیلووات
• سیستم سرمایش و گرمایش مجزا برای راننده با ظرفیت سرمایش ۸ کیلووات و ظرفیت گرمایش ۱۸ کیلووات

سیستم صوتی - تصویری
• رادیو FM و سیستم اعلام سیر و همچنین پخش فایل‌های صوتی با استفاده از Flash memory و کارت حافظه SD
• امکان اعلام و نمایش سیر
• آنتن‌دار
• امکان استفاده از میکروفون
• مانیتور رنگی ۱۵/۶ اینچی با قابلیت دو ورودی برای دوربین دنده عقب و دوربین بالای رکاب عقب
• تلویزیون دیجیتال در داخل و بیرون اتوبوس

امکانات استاندارد
• پرده جانبی برای تمام شیشه‌ها
• شیشه جلو دوجداره طلق
• شیشه‌های جانبی دوجداره سکوریت
• کابین دردار برای راننده
• سیستم اطفاء حریق
• دو عدد آینه بغل محدب و یک عدد آینه دید جلو
• دیوار جداسازی قسمت مردانه و زنانه
• آفتابگیر مکانیکی برای شیشه جلو سمت راننده
• سیستم ایمنی برای درهای بادی
• سیستم دوربین مدار بسته در سالن مسافری

تجهیزات سفارشی
• امکان نصب مانیتور در جلو و وسط اتوبوس برای تبلیغات درون شهری
• DVD player
• رنگ ویژه معلولان

OGHAB www.oghabafshan.com
QD-38/1

۵ ۲ ۲ مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت ایران خودرو دیزل

در جدول ۵-۸ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت ایران خورد دیزل شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است. در ادامه مشخصات فنی هر یک از این اتوبوس ها بصورت جزئی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۵-۶- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری مگاترانس

ردیف	شرکت سازنده داخلی	شرکت سازنده خارجی	مدل	مشخصات فنی
۱	ایران خودرو دیزل	مرسدس بنز	OM457 LA	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۱/۹۸ لیتر- توان 360HP/1900RPM- گشتاور خروجی 1850Nm/1900rpm- استاندارد آلایندگی EUR0V+EEV
			مگاترانس OM457 LA	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۱۹۶۷ سی سی – توان 299Hp/2000rpm- گشتاور خروجی 1250 Nm/1100rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
			C1230	۶ سیلندر- حجم موتور **۱۱۹۷۰ سی سی**- توان 300Hp/2000rpm- گشتاور خروجی 1250 Nm/1100rpm- استاندارد آلایندگی EUROII
			C1836	۶ سیلندر- حجم موتور **۱۱۹۷۰ سی سی**- توان 360Hp/2000rpm- گشتاور خروجی 1600 Nm/1100rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
			Yutong low entry	۶ سیلندر- حجم موتور 8900 **سی سی**- توان 325Hp/2200rpm- گشتاور خروجی 1350 Nm/1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
			Yutong BRT low floor	۶ سیلندر- حجم موتور 10500 **سی سی**- توان 350Hp/1900rpm- گشتاور خروجی 1750 Nm/1100- 1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII

اتوبوس درون‌شهری مگاترانس (ایران خودرو دیزل)

در جدول ۵-۷ مشخصات فنی اتوبوس شهری مگاترانس محصول ساخت شرکت ایران‌خودرو دیزل شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۷- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری مگاترانس[۵۴]

موتور

مدل	OM457 LA
قدرت موتور	۲۹۹اسب بخار در ۲۰۰۰دوردر دقیقه
حداکثر گشتاور موتور	۱۲۵۰نیوتن متر در۱۱۰۰دور بر دقیقه
تعداد سیلندرها	۶عدد خطی
حجم سیلندرها	۱۱۹۶۷ سی‌سی
استاندارد زیست‌محیطی	EUROII

سیستم انتقال قدرت

مدل گیربکس	اتوماتیک ZF-5HP592
تعداد دنده‌ها	۵دنده جلو+یک‌دنده عقب
کلاچ	(ندارد)سیستم تعویض خودکار

محورها و فرمان

محور جلو	Neo VN9/ZFRL 85/KNOR Sb7000
محور عقب	MB-HO4/01DL10
محور سوم	Neo NN7/ZFRL 85/KNOR SB 7000
نسبت محور عقب	۴۳:۱۰
فرمان	هیدرولیکZF-Servo com8098

سیستم تعلیق

محور جلو	تعلیق بادی(۲خمره‌ای)۲ عدد کمک‌فنر تلسکوپی هیدرولیک
محور عقب	تعلیق بادی(۲خمره‌ای)۴ عدد کمک‌فنر تلسکوپی هیدرولیک
محور سوم	تعلیق بادی(۲خمره‌ای)۲ عدد کمک‌فنر تلسکوپی هیدرولیک

چرخ‌ها

رینگ	۲۵/۸-۵/۲۲
تایر	22/5 R۸۰/۲۹۵

سیستم ترمز

ترمز سرویس	پنوماتیک بر روی چرخ‌های عقب و جلو (دومدار جداگانه)
ترمزدستی	(محور دوم و سوم)پنوماتیک
ترمز اضافی	ریتاردر و ترمز موتور

صندلی‌ها و ظرفیت حمل مسافر

صندلی راننده	قابل تنظیم
تعداد صندلی	۱+۴۲
جنس صندلی‌های مسافر	پلی آمید

ظرفیت‌ها (لیتر)

روغن‌موتور+فیلتر روغن	(۵/۳+۲۶)۵/۴۹
روغن گیربکس	۳۰
روغن هیدرولیک فرمان	۱۲
روغن دیفرانسیل	۱۲
مایع خنک‌کننده(اب و ضد یخ)	(۴۰+۴۰)۸۰
مخزن سوخت	۲۱۰لیتر

سیستم برق

باتری	۲عدد ۱۲ ولت ۲۰۰آمپرساعت
دینام	۲عدد۲۸ولت ۷۰-۱۴۰آمپر

اوزان (KG)

وزن خالص	۱۴۱۶۰
وزن بار مجاز بر روی محور جلو	۷۵۰۰
وزن بار مجاز بر روی محور عقب	۱۱۰۰۰
وزن بار مجاز بر روی محور سوم	۶۰۰۰
وزن ناخالص مجاز(c.v.w)	۲۴۵۰۰

ویژگیهای حرکتی

قطر دایره گردش	۲۴متر
میزان مصرف سوخت(در ۱۰۰کیلومتر)	۳۲لیتر
حداکثر سرعت(کیلومتربرساعت)	۸۵

ابعاد و فواصل(mm)

طول کل	۱۴۵۵۰
عرض کل	۲۵۰۰
فاصله دو محور	۱۶۸۰+۷۲۰۰

شاسی

ST44-2یا M22 اسکلت یکپارچه با پروفیل طولی و عرضی

اتوبوس درون شهری ایران خودرو دیزل C1230

در جدول ۵-۸ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری C1230 محصول ایران خودرو دیزل شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۸- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری C1230 ایران‌خودرو دیزل [۵۴]

نام	C1230
نام لاتین	C1230
نام کارخانه سازنده	**ایران خودرو دیزل**
نام لاتین کارخانه سازنده	iran-khodro-diesel
(نام کارخانه مونتاژ کننده(عامل	خودرو دیزل‌ایران
نوع وسیله	اتوبوس
حجم موتور	11970
حداکثر قدرت	300@2000
حداکثر گشتاور	1250@1100
تعداد سیلندر	6
دنده‌جعبه	دنده عقب‌دنده جلو + یک 6
طول	12400
عرض	2500
ارتفاع	3200
فاصله دو محور	6055
وزن خالص	
حجم مخزن سوخت	320
حداکثر سرعت	
سایر جزئیات	وزن ناخالص مجاز ۱۸۰۰۰ کیلوگرم استاندارد آلایندگی EUROIII گیربکس اتوماتیک فرمان هیدرولیک ABS + ASR ترمز پنوماتیک دو مداره مجهز به ها دیسکی‌ترمز چرخ تعداد صندلی ۳۴ +۱ باطری ۲۴ ولت ۲۰۰ آمپرساعت R22.5 سایز تایر ۸۰/۲۹۵ ارتفاع داخل اتاق ۲۰۰۰ میلیمتر

اتوبوس درون‌شهری C1836 ایران‌خودرو دیزل

در جدول ۵-۹ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری C1836 محصول ایران خودرو دیزل شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۹- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری C1836 ایران‌خودرو دیزل [۵۴]

نام	C1836
نام لاتین	C1836
نام کارخانه سازنده	ایران خودرو دیزل
نام لاتین کارخانه سازنده	iran-khodro-diesel
(نام کارخانه مونتاژ کننده(عامل	خودرو دیزل‌ایران
نوع وسیله	اتوبوس
حجم موتور	11970
حداکثر قدرت	360@2000
حداکثر گشتاور	1600@1100
تعداد سیلندر	6
دنده‌جعبه	دنده عقب‌دنده جلو + یک 6
طول	18000
عرض	2550
ارتفاع	3150
فاصله دو محور	5875
وزن خالص	
حجم مخزن سوخت	320
حداکثر سرعت	
سایر جزئیات	وزن ناخالص مجاز ۲۸۰۰۰ کیلوگرم تعداد صندلی ۴۷ + ۱ استاندارد آلایندگیEUROIII گیربکس اتوماتیک فرمان هیدرولیک ASR و ABS ترمز پنوماتیک دو مداره مجهز به ترمز چرخ ها دیسکی ارتفاع داخل اتاق ۲۰۰۰ میلیمتر قطر دایره چرخش ۲۴ متر %توانایی بالاروی از شیب ۴۵ باطری ۲۴ ولت ۲۰۰ آمپر ساعت

اتوبوس درون‌شهری یوتانگ ایران خودرو دیزل

در جدول ۵-۱۰ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری یوتانگ محصول ایران خودرو دیزل شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۱۰- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری یوتانگ ایران خودرو دیزل [۵۴]

نام	یوتانگ
نام لاتین	Yutong low entry
نام کارخانه سازنده	ایران خودرو دیزل
نام لاتین کارخانه سازنده	iran-khodro-diesel
(نام کارخانه مونتاژ کننده(عامل	ایران خودرو دیزل
نوع وسیله	اتوبوس
حجم موتور	8900
حداکثر قدرت	325@2200
حداکثر گشتاور	1350@1400
تعداد سیلندر	6
دنده‌جعبه	دنده عقب‌دنده جلو + یک 6
طول	11990
عرض	2550
ارتفاع	3150
فاصله دو محور	5875
حجم مخزن سوخت	300
حداکثر سرعت	
سایر جزئیات	وزن ناخالص مجاز ۱۸۰۰۰ کیلوگرم تعداد صندلی ۳۵ + ۲ + ۱ استاندارد آلایندگی **EURO**III گیربکس اتوماتیک فرمان هیدرولیک ABS ،ASR ،EBD ترمز پنوماتیک دو مداره مجهز به ها دیسکی‌ترمز چرخ R22.5 سایز تایر ۷۰/۲۷۵ ارتفاع داخل اتاق ۲۴۲۰ میلیمتر باتری ۲۴ ولت ۱۹۵ آمپرساعت

اتوبوس درون‌شهری یوتانگ **BRT ایران‌خودرو دیزل**

در جدول ۵-۱۱ مشخصات فنی اتوبوس درون شهری یوتانگ BRT محصول ایران خودرو دیزل شامل مشـــخصـــات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشـــتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۱۱- اتوبوس درون‌شهری یوتانگ BRT ایران‌خودرو دیزل [۵۴]

نام	یوتانگ بی آر تی
نام لاتین	Yutong BRT low floor
نام کارخانه سازنده	ایران خودرو دیزل
نام لاتین کارخانه سازنده	iran-khodro-diesel
(نام کارخانه مونتاژ کننده(عامل	خودرو دیزل‌ایران
نوع وسیله	اتوبوس
حجم موتور	10500
حداکثر قدرت	350@1900
حداکثر گشتاور	1750@1100-1400
تعداد سیلندر	6
دنده‌جعبه	دنده عقب‌دنده جلو + یک 6
طول	18000
عرض	2550
ارتفاع	3150
فاصله دو محور	5875
وزن خالص	
حجم مخزن سوخت	300
حداکثر سرعت	
سایر جزئیات	وزن ناخالص مجاز ۲۸۰۰۰ کیلوگرم تعداد صندلی ۴۲ +۲ + ۱ استاندارد آلایندگی EUROIII گیربکس اتوماتیک ASR و ABS ترمز پنوماتیک دو مداره مجهز به ها دیسکی‌ترمز چرخ ارتفاع داخل اتاق ۲۴۲۰ میلیمتر باطری ۲۴ ولت ۱۹۵ آمپرساعت

۵ ۲ ۳ مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت اسنا

در جدول ۵-۱۵ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت اسنا شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است. در ادامه مشخصات فنی هر یک از این اتوبوس ها بصورت جزئی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۵-۱۲- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری اسنا[۵۴]

ردیف	شرکت سازنده داخلی	شرکت سازنده خارجی	مدل	مشخصات فنی
۱	ستاره نیک آریا (اسنا)	مرسدس بنز	OM457 LA	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۱/۹۸ لیتر- توان 360HP/1900RPM- گشتاور خروجی 1850Nm/1900rpm- استاندارد آلایندگی EUROV+EEV
		کامینز	XMQ6127G	۶ سیلندر- دیزلی- حجم موتور ۸/۹ لیتر- توان موتور 310hp/2100rpm- گشتاور خروجی 1200Nm/1000-1700rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
		مان	XMQ6180G1	۶سیلندر- دیزلی- حجم موتور ۱۰/۵ لیتر- توان موتور 350hp/1900rpm- گشتاور خروجی 1750Nm/ 1000-1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
		کامینز BRT	XMQ6121G	۶ سیلندر – دیزلی- حجم موتور ۸/۹ لیتر- توان موتور 310hp/2100rpm- گشتاور خروجی 1200N.m/1000-1700rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
		کامینز BRT	XMQ6127G	۶ سیلندر- دیزلی حجم موتور ۸/۹ لیتر- توان موتور 310hp/2100rpm- گشتاور خروجی 1200Nm/1000-1700rpm- استانداردد آلایندگی EUROIII

		کامینز	XMQ6127G	۶ سیلندر- دیزلی حجم موتور ۸/۹ لیتر- توان موتور 310hp/2100rpm- گشتاور خروجی 1200Nm/1000-1700rpm- استانداردد آلایندگی EUROIII
		کامینز BRT	XMQ6121G	۶ سیلندر- دیزلی- حجم موتور ۸/۹ لیتر- توان موتور 310hp/2100rpm- گشتاور خروجی 1200Nm/1000-1700rpm- استانداردد آلایندگی EUROIII
		مان BRT	XMQ6180G	۶ سیلندر- گازوئیل- حجم موتور ۱۰/۵ لیتر- توان موتور 350hp/1900rpm- گشتاور خروجی 1750 Nm/1000-1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
			دو کابین XMQ6180G1	۶ سیلندر- گازوئیل- حجم موتور ۱۰/۵ لیتر- توان موتور 350hp/1900rpm- گشتاور خروجی 1600 Nm/1000-1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIV
		مرسدس بنز	دو کابین BRT AGW۶۱۲۷	۶ سیلندر- گازوئیل- حجم موتور ۷/۲ لیتر- توان موتور 326hp/2200rpm- گشتاور خروجی 1600 Nm/1200-1300rpm- استاندارد آلایندگی EUROIV + EEV

اتوبوس درون‌شهری BRT مدل XMQ6127G (خودرو اسنا)

در جدول ۵-۱۳ مشخصات فنی اتوبوس شهری BRT مدل XMQ6127G محصول شرکت خودروسازی اسنا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۱۳- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری BRT مدل XMQ6127G [۵۶]

جرم و ابعاد

طول (میلیمتر) :	11980
عرض (میلیمتر) :	2550
ارتفاع (میلیمتر) :	3490
فاصله محوری (میلیمتر) :	6100
ارتفاع داخلی اتاق (میلیمتر):	2100
حداکثر سرعت:(Km / h)	85
حداقل شعاع گردش (متر) :	12
وزن خالص (بدون سرنشین) (کیلوگرم)	11800
جرم حداکثر بار مجاز فنی GVW (کیلوگرم)	18000
جرم قابلیت شیب پیمایی(%)	30

موتور

آرایش موتور:	6سیلندر خطی، خنک شونده توسط آب، توربوشارژ- اینترکولر
مدل موتور:	Cummins ISLe310
محل قرارگیری موتور:	جلوی شاسی
حجم موتور:	lit 8.9
حداکثر قدرت موتور:	310/2100 (hp/rpm)
حداکثر گشتاور:	1200/1000-1700 (N.m/rpm)
نوع سوخت:	گازوئیل
استاندارد آلایندگی موتور :	Euro lll
سیستم سوخت‌رسانی:	High Pressure-Common Rail

گیربکس

گیربکس:	گیربکس اتوماتیکVOITH/ ZF

ریتاردر:	اینتاردر VOITH/ZF

سیستم تعلیق و فرمان

محور جلو:	اکسل Low Floor D.F Dana
محور عقب:	اکسل D.F Dana
مکانیزم فرمان:	فرمان هیدرولیک باقابلیت تنظیم زاویه فرمان
مدل جعبه‌فرمان:	ZF 8098

دیگر مشخصات

جنس رادیاتور:	مسی
نوع سیستم ترمز:	پنوماتیک مجهز به سیستم ABS/ASR
ترمز محور جلو:	دیسک
ترمز محور عقب:	کاسه‌ای
حجم مخزن سوخت:	250لیتر
جنس مخزن سوخت:	گالوانیزه دارای موج گیر
ظرفیت سرمایش:	kcal/h 32000
کمپرسور کولر:	Bockآلمان
ظرفیت حرارتی بخاری	28 kWو سیستم ضد بخار
تعداد رادیاتور بخاری:	6عدد
باتری:	باتری خشک، ۲x12 V(200Ah)
دینام	2x 28V 120 A
ساختار درخت سیم	بر اساس استانداردهای IP54 و IP 65 مقاوم در برابر عوامل بیرونی نظیر گرما، فرسایش، زنگ‌زدگی، رطوبت.ساختار درخت سیم نصب‌شده داخل اتاق و مقام در برابر نفوذ رطوبت، دارای قابلیت نصب سیستمهای جدید الکتریکی
صندلی راننده:	پنوماتیک با کنترل سه جهته، مجهز به کمربند سه نقطه ای
صندلی مسافر:	35 / 37نفر
جنس صندلی مسافر:	پلی آمید ABS/ضدخش مقاوم در برابر اشعه UV

ساختار کلی اتوبوس

طراحی اتاق:	طراحی جدید و آئرودینامیک
شیشه‌های جانی	دودی – چسبی – بازشو

خروجی اضطراری سقفی	دوعدد مجهز به فن دوطرفه تهویه هوا
کابین راننده	کابین مستقل راننده
جنس کف اتاق	ساخته شده با تخته هفت لایی پوشیده با عایق‌های حرارتی و رطوبتی و روکش سیلیس دار، مقاوم در برابر حریق
سقف اتوبوس	سقف فلزی یکپارچه
ورودی هواکش موتور	از سقف
خروجی اگزوز	از پشت اتوبوس سمت راننده
سیستم عایق بدنه	از نوع فوم تزریقی
درب خروج	دوعدد ، تاشو بادی WABCO و کنترل الکتریکی
جنس فریم درب‌ها	آلومینیوم
دیوارهای جانبی	ورق یکپارچه فولادی
پروفیل اتاق و شاسی	فولادی با سیستم جوشکاریCO_2
پ تابلوهای نمایشگرLED	سه تابلوی LED خارجی جهت نمایش مسیر خط
رینگ و تایر	تایر تیوپلس سایز ۷۰/۲۷۵ R22.5و رینگ فولادی
سیستم صوتی	Radio/MP3 Playerبه همراه بلندگوهای سرتاسری
سیستم GPS و اعلام مسیر	بصورت انتخابی
درب موتور	آلومینیومی مجهز به جک گازی
روشنایی داخل اتاق	سرتاسری
سیستم اطفای حریق محفظه موتور	سه عدد بصورت اتوماتیک
کپسول آتش نشانی	دوعدد
چکش مخصوص خروجی اضطراری	چهار عدد
سایر تجهیزات استاندارد	جعبه‌ابزار و جک، آئینه برقی، ساعت دیجیتال، پرده و آفتاب‌گیر راننده، لاستیک زاپاس،
تجهیزات انتخابی(Option)	دوربین دید درب‌ها و دید عقب، تابلوی نمایشگر داخلی، صفحه نمایش دوربین‌ها،

اتوبوس درون‌شهری BRT مدل XMQ6121G (خودرو اسنا)

در جدول ۵-۱۴ مشخصات فنی اتوبوس شهری BRT مدل XMQ6121G محصول شرکت خودروسازی اسنا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۱۴- اتوبوس درون‌شهری BRT مدلXMQ6121G [۵۴]

جرم ابعاد

طول (میلیمتر) :	11950
عرض (میلیمتر) :	2490
ارتفاع (میلیمتر) :	3190
فاصله محوری (میلیمتر) :	6100
ارتفاع داخلی اتاق (میلیمتر):	2100
حداکثر سرعت:(Km / h)	85
حداقل شعاع گردش (متر) :	12
وزن خالص (بدون سرنشین) (کیلوگرم)	11500
جرم حداکثر بار مجاز فنی GVW (کیلوگرم)	17450
جرم قابلیت شیب پیمایی(%)	30

موتور

آرایش موتور:	6سیلندر خطی، خنک شونده توسط آب، توربوشارژ- اینترکولر
مدل موتور:	Cummins ISLe310
محل قرارگیری موتور:	انتهای شاسی
حجم موتور:	lit 8.9
حداکثر قدرت موتور:	310/2100 (hp/rpm)
حداکثر گشتاور:	1200/1000-1700 (N.m/rpm)
نوع سوخت:	گازوئیل
استاندارد آلایندگی موتور :	Euro lll
سیستم سوخت‌رسانی:	High Pressure-Common Rail

گیربکس

گیربکس:	گیربکس اتوماتیکVOITH/ ZF
ریتاردر:	اینتاردرVOITH/ZF

سیستم تعلیق و فرمان

محور جلو:	اکسلLow Floor D.F Dana
محور عقب:	اکسلD.F Dana
مکانیزم فرمان:	فرمان هیدرولیک باقابلیت تنظیم زاویه فرمان
مدل جعبه‌فرمان:	ZF 8098
سیستم تعلیق:	سیستم تعلیق بادی مجهز به سیستمECAS-WABCO به همراه قابلیتKneeling

دیگر مشخصات

جنس رادیاتور:	مسی
نوع سیستم ترمز:	پنوماتیک مجهز به سیستمABS/ASR
ترمز محور جلو:	دیسک
ترمز محور عقب:	کاسه‌ای
حجم مخزن سوخت:	250لیتر
جنس مخزن سوخت:	گالوانیزه دارای موج گیر
ظرفیت سرمایش:	kcal/h 32000
کمپرسور کولر:	Bockآلمان
ظرفیت حرارتی بخاری	28 kWو سیستم ضد بخار
تعداد رادیاتور بخاری:	6عدد
باتری:	باتری خشک، ۲x12 V(200Ah)
دینام	2x 28V 120 A
ساختار درخت سیم	بر اساس استانداردهای IP54 و IP 65 مقاوم در برابر عوامل بیرونی نظیر گرما، فرسایش، زنگ‌زدگی، رطوبت.ساختار درخت سیم نصب‌شده داخل اتاق و مقام در برابر نفوذ رطوبت، دارای قابلیت نصب سیستمهای جدید الکتریکی
صندلی راننده:	پنوماتیک با کنترل سه جهته، مجهز به کمربند سه نقطه‌ای
صندلی مسافر:	37 / 35نفر
جنس صندلی مسافر:	پلی آمید ABS/ضدخش مقاوم در برابر اشعهUV

ساختار کلی اتوبوس

طراحی اتاق:	طراحی جدید و آئرودینامیک
شیشه‌های جانی	دودی – چسبی – بازشو
خروجی اضطراری سقفی	دوعدد مجهز به فن دوطرفه تهویه هوا
کابین راننده	کابین مستقل راننده
جنس کف اتاق	ساخته‌شده با تخته هفت لایی پوشیده با عایق‌های حرارتی و رطوبتی و روکش سیلیس دار، مقاوم در برابر حریق
سقف اتوبوس	سقف فلزی یکپارچه
ورودی هواکش موتور	از سقف
خروجی اگزوز	از پشت اتوبوس سمت راننده
سیستم عایق بدنه	از نوع فوم تزریقی
درب خروج	دوعدد ، تاشو بادی WABCO و کنترل الکتریکی
جنس فریم درب‌ها	آلومینیوم
دیوارهای جانبی	ورق یکپارچه فولادی
پروفیل اتاق و شاسی	فولادی با سیستم جوشکاریCO_2
پ تابلوهای نمایشگرLED	سه تابلوی LED خارجی جهت نمایش مسیر خط
رینگ و تایر	تایر تیوپلس سایز ۷۰/۲۷۵ R22.5و رینگ فولادی
سیستم صوتی	Radio/MP3 Playerبه همراه بلندگوهای سرتاسری
سیستم GPS و اعلام مسیر	بصورت انتخابی
درب موتور	آلومینیومی مجهز به جک گازی
روشنایی داخل اتاق	سرتاسری
سیستم اطفای حریق محفظه موتور	سه عدد بصورت اتوماتیک
کپسول آتش‌نشانی	دوعدد
چکش مخصوص خروجی اضطراری	چهار عدد
سایر تجهیزات استاندارد	جعبه‌ابزار و جک، آئینه برقی، ساعت دیجیتال، پرده و آفتاب‌گیر راننده، لاستیک زاپاس،
تجهیزات انتخابی(Option)	دوربین دید درب‌ها و دید عقب، تابلوی نمایشگر داخلی، صفحه نمایش دوربین‌ها،

اتوبوس درون‌شهری BRT مدل XMQ6180G1 (خودرو اسنا)

در جدول ۵-۱۵ مشخصات فنی اتوبوس شهریBRT مدل XMQ6180G محصول شرکت خودرو سازی ا سنا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۱۵- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری BRT مدلXMQ6180G1 [۵۴]

جرم ابعاد

طول (میلیمتر):	**17900**
عرض (میلیمتر):	2550
ارتفاع (میلیمتر):	3150
جرم خالص خودرو (کیلوگرم):	17180
جرم ناخالص خودرو (کیلوگرم):	28000
حداقل شعاع گردش (متر):	12
فاصله محوری (میلیمتر):	6000+5800

موتور

آرایش موتور:	**in - Line 6 Clinder**
مدل موتور:	MAN D2066LOH12
حجم موتور (لیتر):	10.5
سطح استاندارد آلایندگی:	Euro lll
حداکثر توان: (hp/rmp)	350/190
حداکثر گشتاور: (N.m/rmp)	1750(1000~1400)
نوع سوخت:	گازوئیل/Gas oil
حجم باک:	200L/250 L
حداکثر سرعت: (k/h)	80
گیربکس اتوماتیک:	Voith

شاسی

ریتاردر:	**دارد**
محور(جلو، میانی، عقب:)	ZF/Low Floor
سیستم آرتیکولیت:	Hubner

داخل کابین

جعبه‌فرمان:	**ZF**
سیستم تعلیق:	ZF/WABCO
سیستم ترمز:	WABCO/ABS
اندازه چرخ:	275/70R22.5
باتری:	24
سیستم سرمایش:	سیستم تهویه King Long با کمپرسورBock
سیستم گرمایش:	دارد
تعداد صندلی سرنشین:	35/36
دوربین مدار بسته:	دارد
سیستم صوتی:	MP3Player
قابلیت نصب جی‌پی‌اس:	دارد
بلندگو:	دارد

اتوبوس درون‌شهری مدل XMQ6127G (خودروسازی اسنا)

در جدول ۵-۱۶ مشخصات فنی اتوبوس شهری مدل XMQ6127G محصول شرکت خودروسازی اسنا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۱۶- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری مدل XMQ6127G [۵۴]

جرم ابعاد	**طول (میلیمتر) :**	**۱۱۹۸۰**
	عرض (میلیمتر) :	**۲۵۵۰**
	ارتفاع (میلیمتر) :	**۳۴۹۰**
	فاصله محوری (میلیمتر) :	**۶۱۰۰**
	ارتفاع داخلی اتاق (میلیمتر):	**۲۱۰۰**
	حداکثر سرعت (Km / h):	**۸۵**
	حداقل شعاع گردش (متر) :	**۱۲**
	وزن خالص (بدون سرنشین) (کیلوگرم)	**۱۱۸۰۰**
	جرم حداکثر بار مجاز فنی GVW (کیلوگرم)	**۱۸۰۰۰**
	جرم قابلیت شیب پیمایی(٪)	**۳۰**

موتور	**آرایش موتور :**	**۶ سیلندر خطی، خنک شونده تو سط آب، توربوشارژ- اینترکولر**
	مدل موتور :	**Cummins ISLe310**
	محل قرارگیری موتور :	**جلوی شاسی**
	حجم موتور :	**lit ۸,۹**
	حداکثر قدرت موتور :	**(hp/rpm) ۲۱۰۰/۳۱۰**
	حداکثر گشتاور :	**(N.m/rpm) ۱۷۰۰-۱۰۰۰/۱۲۰۰**
	نوع سوخت:	**گازوئیل**
	استاندارد آلایندگی موتور :	**Euro lll**
	سیستم سوخت‌رسانی :	**High Pressure-Common Rail**
مشخصات گیربکس	**گیربکس:**	**گیربکس اتوماتیک VOITH/ ZF**
	ریتاردر :	**اینتاردر VOITH/ZF**
سیستم تعلیق	**محور جلو :**	**اکسل Low Floor D.F Dana**
	محور عقب :	**اکسل D.F Dana**
	سیستم تعلیق :	**سیستم تعلیق بادی مجهز به سیستم ECAS-WABCO به همراه قابلیت Kneeling**
سیستم فرمان	**مکانیزم فرمان:**	**فرمان هیدرولیک با قابلیت تنظیم زاویه فرمان**
	مدل جعبه‌فرمان :	**ZF 8098**
سیستم خنک کننده	**جنس رادیاتور :**	**مسی**
سیستم ترمز	**نوع سیستم ترمز:**	**پنوماتیک مجهز به سیستم ABS/ASR**
	محور جلو:	**دیسک**
	محور عقب:	**کاسه‌ای**
مخزن سوخت	**حجم مخزن :**	**۲۵۰ لیتر**
	جنس مخزن	**گالوانیزه دارای موج گیر**
سیستم تهویه مطبوع	**ظرفیت سرمایش:**	**kcal/hr ۳۲۰۰۰**
	کمپرسور کولر:	**Bock آلمان**
	ظرفیت حرارتی بخاری:	**۲۸ kW و سیستم ضد بخار**
	تعداد رادیاتور بخاری:	**۶ عدد**
سیستم الکتریکی	**باتری :**	**باتری خشک، (x12 V(200Ah۲**
	دینام	**x 28V 120 A۲**

	ساختار درخت سیم	بر ا ساس ا ستانداردهای IP54 و IP 65 مقاوم در برابر عوامل بیرونی نظیر گرما، فرســـایش، زنگ‌زدگی، رطوبت.
	جعبه‌فیوز	ن صب شده داخل اتاق و مقام در برابر نفوذ رطوبت، دارای قابلیت نصب سیستمهای جدید الکتریکی
صندلی	**صندلی راننده:**	**پنوماتیک با کنترل سه جهته، مجهز به کمربند سه نقطه‌ای**
	صندلی مسافر:	**۳۷ / ۳۵ نفر**
	جنس صندلی مسافر:	**پلی آمید/ABS ضد خش مقاوم در برابر اشعه UV**
ساختار اتاق اتوبوس	**طراحی اتاق:**	**طراحی جدید و آئرودینامیک**
	شیشه‌های جانی	**دودی – چسبی - بازشو**
	خروجی اضطراری سقفی	**دوعدد مجهز به فن دوطرفه تهویه هوا**
	کابین راننده	**کابین مستقل راننده**
	جنس کف اتاق	**ساخته‌شده با تخته هفت لایی پوشیده با عایق‌های حرارتی و رطوبتی و روکش سیلیس دار، مقاوم در برابر حریق**
	سقف اتوبوس	**سقف فلزی یکپارچه**
	ورودی هواکش موتور	**از سقف**
	خروجی اگزوز	**از پشت اتوبوس سمت راننده**
	سیستم عایق بدنه	**از نوع فوم تزریقی**
	درب خروج	**دوعدد ، تاشو بادی WABCO و کنترل الکتریکی**
	جنس فریم درب‌ها	**آلومینیوم**
	دیوارهای جانبی	**ورق یکپارچه فولادی**
	پروفیل اتاق و شاسی	**فولادی با سیستم جوشکاری CO2**
	تابلوهای نمایشگر LED	**سه تابلوی LED خارجی جهت نمایش مسیر خط**
	رینگ و تایر	**تایر تیوپلس سایز R22.5۷۰/۲۷۵ و رینگ فولادی**
	سیستم صوتی	**Radio/MP3 Player به همراه بلـ ندگو های سرتاسری**
	سیستم GPS و اعلام مسیر	**بصورت انتخابی**
	درب موتور	**آلومینیومی مجهز به جک گازی**
	روشنایی داخل اتاق	**سرتاسری**
	سیستم اطفای حریق محفظه موتور	**سه عدد بصورت اتوماتیک**
	کپسول آتش‌نشانی	**دوعدد**
	چکش مخصوص خروجی اضطراری	**چهار عدد**

سایر تجهیزات استاندارد	**جعبه‌ابزار و جک، آئینه برقی، ساعت دیجیتال، پرده و آفتاب‌گیر راننده، لاستیک زاپاس،**
تجهیزات انتخابی(Option)	**دوربین دید درب‌ها و دید عقب، تابلوی نمایشگر داخلی، صفحه‌نمایش دوربین‌ها،**

اتوبوس BRT درون‌شهری مدل XMQ6180G1 (خودرو اسنا)

در جدول ۵-۱۷ مشخصات فنی اتوبوس BRT شهری مدل XMQ6180G1 محصول شرکت خودرو سازی اسنا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۱۷- مشخصات فنی اتوبوس BRT درون‌شهری مدل XMQ6180G1 [۵۴]

جرم ابعاد	**طول (میلیمتر) :**	**۱۷۹۰۰**
	عرض (میلیمتر) :	**۲۵۵۰**
	ارتفاع :	**۳۱۵۰**
	فاصله محوری (میلیمتر) :	**۵۸۰۰+۶۰۰۰**
	جرم خالص خودرو (کیلوگرم) :	**۱۷۱۸۰**
	جرم ناخالص خودرو (کیلوگرم) :	**۲۸۰۰۰**
	حداقل شعاع دور زدن (متر) :	**۱۲**
موتور	**آرایش موتور :**	**in - Line 6 Clinder**
	مدل موتور :	**MAN D2066LOH12**
	حجم موتور (لیتر) :	**۱۰,۵**
	سطح استاندارد آلایندگی :	**Euro lll**
	حداکثر توان (hp/rmp) :	**۱۹۰/۳۵۰**

حداکثر گشتاور (N.m/rmp) :	۱۷۵۰(۱۰۰۰~۱۴۰۰)
نوع سوخت :	گازوئیل/Gas oil
حجم باک :	L/250 L۲۰۰
حداکثر سرعت (k/h) :	۸۰
گیربکس اتوماتیک :	Voith
ریتاردر :	دارد
محور(جلو، میانی، عقب) :	ZF/Low Floor
سیستم آرتیکولیت :	Hubner
جعبه‌فرمان :	ZF
سیستم تعلیق :	ZF/WABCO
سیستم ترمز :	WABCO/ABS
اندازه چرخ :	R22.5۷۰/۲۷۵
باتری :	۲۴
سیستم سرمایش :	سیستم تهویه King Long با کمپرسور Bock
سیستم گرمایش :	دارد
تعداد صندلی سرنشین :	۳۶/۳۵
سیستم صوتی :	MP3Player
قابلیت نصب جی‌پی‌اس :	دارد

شاسی

اتوبوس BRT درون‌شهری مدل XMQ6121G (خودرو اسنا)

در جدول ۵-۱۸ مشخصات فنی اتوبوس شهری BRT مدل XMQ6121G محصول شرکت خودروسازی اسنا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۱۸- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری مدل XMQ6121G [۵۴]

جرم ابعاد	طول (میلیمتر) :	۱۱۹۵۰
	عرض (میلیمتر) :	۲۴۹۰
	ارتفاع (میلیمتر) :	۳۱۹۰
	فاصله محوری (میلیمتر) :	۶۱۰۰
	ارتفاع داخلی اتاق (میلیمتر):	۲۱۰۰
	حداکثر سرعت (Km / h):	۸۵
	حداقل شعاع گردش (متر) :	۱۲
	وزن خالص (بدون سرنشین) (کیلوگرم)	۱۱۵۰۰
	جرم حداکثر بار مجاز فنی GVW (کیلوگرم)	۱۷۴۵۰
	جرم قابلیت شیب پیمایی(٪)	۳۰
موتور	آرایش موتور :	۶ سیلندر خطی، خنک شونده توسط آب، توربوشارژ- اینترکولر
	مدل موتور :	Cummins ISLe310
	محل قرارگیری موتور :	انتهای شاسی
	حجم موتور :	lit ۸,۹
	حداکثر قدرت موتور :	(hp/rpm) ۲۱۰۰/۳۱۰
	حداکثر گشتاور :	(N.m/rpm) ۱۷۰۰-۱۰۰۰/۱۲۰۰
	نوع سوخت:	گازوئیل
	استاندارد آلایندگی موتور :	Euro lll
	سیستم سوخت‌رسانی :	High Pressure-Common Rail
مشخصات گیربکس	گیربکس:	گیربکس اتوماتیک VOITH/ ZF
	ریتاردر :	اینتاردر VOITH/ZF
سیستم تعلیق	محور جلو :	اکسل Low Floor D.F Dana
	محور عقب :	اکسل D.F Dana
	سیستم تعلیق :	سیستم تعلیق بادی مجهز به سیستم ECAS- WABCO به همراه قابلیت Kneeling

سیستم فرمان	مکانیزم فرمان:	فرمان هیدرولیک باقابلیت تنظیم زاویه فرمان
	مدل جعبه فرمان :	ZF 8098
سیستم خنک کننده	جنس رادیاتور :	مسی
سیستم ترمز	نوع سیستم ترمز:	پنوماتیک مجهز به سیستم ABS/ASR
	محور جلو:	دیسک
	محور عقب:	کاسه‌ای
مخزن سوخت	حجم مخزن :	۲۵۰ لیتر
	جنس مخزن	گالوانیزه دارای موجگیر
سیستم تهویه مطبوع	ظرفیت سرمایش:	kcal/hr ۳۲۰۰۰
	کمپرسور کولر:	Bock آلمان
	ظرفیت حرارتی بخاری:	kW ۲۸ و سیستم ضد بخار
	تعداد رادیاتور بخاری:	۶ عدد
سیستم الکتریکی	باتری :	باتری خشک، x12 V(200Ah۲)
	دینام	x 28V 120 A۲
	ساختار درخت سیم	بر اساس استانداردهای IP54 و IP 65 مقاوم در برابر عوامل بیرونی نظیر گرما، فرسایش، زنگ‌زدگی، رطوبت.
	جعبه‌فیوز	نصب شده داخل اتاق و مقام در برابر نفوذ رطوبت، دارای قابلیت نصب سیستمهای جدید الکتریکی
صندلی	صندلی راننده:	پنوماتیک با کنترل سه جهته، مجهز به کمربند سه‌نقطه‌ای
	صندلی مسافر:	۳۵ / ۳۷ نفر
	جنس صندلی مسافر:	پلی آمید/ABS ضد خش مقاوم در برابر اشعه UV
ساختار اتاق اتوبوس	طراحی اتاق:	طراحی جدید و آئرودینامیک
	شیشه‌های جانی	دودی – چسبی - بازشو
	خروجی اضطراری سقفی	دوعدد مجهز به فن دوطرفه تهویه هوا
	کابین راننده	کابین مستقل راننده
	جنس کف اتاق	ساخته‌شده با تخته هفت لایی پوشیده با عایق‌های حرارتی و رطوبتی و روکش سیلیس دار، مقاوم در برابر حریق
	سقف اتوبوس	سقف فلزی یکپارچه
	ورودی هواکش موتور	از سقف
	خروجی اگزوز	از پشت اتوبوس سمت راننده
	پروفیل اتاق و شاسی	فولادی با سیستم جوشکاری CO2
	تابلوهای نمایشگر LED	سه تابلوی LED خارجی جهت نمایش مسیر خط
	رینگ و تایر	تایر تیوپلس سایز R22.5۷۰/۲۷۵ و رینگ فولادی

سیستم صوتی	Radio/MP3 Player به همراه بلندگوهای سرتاسری
سیستم GPS و اعلام مسیر	بصورت انتخابی
درب موتور	آلومینیومی مجهز به جک گازی
روشنایی داخل اتاق	سرتاسری
سیستم اطفای حریق محفظه موتور	سه عدد بصورت اتوماتیک
کپسول آتش‌نشانی	دوعدد
چکش مخصوص خروجی اضطراری	چهار عدد
سایر تجهیزات استاندارد	جعبه‌ابزار و جک، آیینه برقی، ساعت دیجیتال، پرده و آفتاب‌گیر راننده، لاستیک زاپاس،

اتوبوس درون‌شهری مدل XMQ6127G (خودرو اسنا)

در جدول ۵-۱۹ مشخصات فنی اتوبوس شهری مدل XMQ6127G محصول شرکت خودروسازی اسنا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۱۹- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری مدل XMQ6127G [۵۴]

جرم ابعاد	طول (میلیمتر) :	۱۱۹۸۰
	عرض (میلیمتر) :	۲۵۵۰
	ارتفاع (میلیمتر) :	۳۴۹۰
	فاصله محوری (میلیمتر) :	۶۱۰۰
	ارتفاع داخلی اتاق (میلیمتر):	۲۱۰۰
	حداکثر سرعت (Km / h):	۸۵
	حداقل شعاع گردش (متر) :	۱۲
	وزن خالص (بدون سرنشین) (کیلوگرم)	۱۱۸۰۰
	جرم حداکثر بار مجاز فنی GVW (کیلوگرم)	۱۸۰۰۰
	جرم قابلیت شیب پیمایی(٪)	۳۰
موتور	آرایش موتور :	۶ سیلندر خطی، خنک شونده توسط آب، توربوشارژ- اینترکولر
	مدل موتور :	Cummins ISLe310
	محل قرارگیری موتور :	جلوی شاسی
	حجم موتور :	lit ۸,۹
	حداکثر قدرت موتور :	(hp/rpm) ۲۱۰۰/۳۱۰
	حداکثر گشتاور :	(N.m/rpm) ۱۷۰۰-۱۰۰۰/۱۲۰۰
	نوع سوخت:	گازوئیل
	استاندارد آلایندگی موتور :	Euro lll
	سیستم سوخت رسانی :	High Pressure-Common Rail
مشخصات گیربکس	گیربکس:	گیربکس اتوماتیک VOITH/ ZF
	ریتاردر :	اینتاردر VOITH/ZF
سیستم تعلیق	محور جلو :	اکسل Low Floor D.F Dana
	محور عقب :	اکسل D.F Dana
	سیستم تعلیق :	سیستم تعلیق بادی مجهز به سیستم ECAS-WABCO به همراه قابلیت Kneeling
سیستم فرمان	مکانیزم فرمان:	فرمان هیدرولیک با قابلیت تنظیم زاویه فرمان

	مدل جعبه‌فرمان :	ZF 8098
سیستم خنک کننده	جنس رادیاتور :	مسی
سیستم ترمز	نوع سیستم ترمز:	پنوماتیک مجهز به سیستم ABS/ASR
	محور جلو:	دیسک
	محور عقب:	کاسه‌ای
مخزن سوخت	حجم مخزن :	۲۵۰ لیتر
	جنس مخزن	گالوانیزه دارای موجگیر
سیستم تهویه مطبوع	ظرفیت سرمایش:	kcal/hr ۳۲۰۰۰
	کمپرسور کولر:	Bock آلمان
	ظرفیت حرارتی بخاری:	kW ۲۸ و سیستم ضد بخار
	تعداد رادیاتور بخاری:	۶ عدد
سیستم الکتریکی	باتری :	باتری خشک، ۲x12 V(200Ah)
	دینام	x 28V 120 A۲
	ساختار درخت سیم	بر اساس استانداردهای IP54 و IP 65 مقاوم در برابر عوامل بیرونی نظیر گرما، فرسایش، زنگ‌زدگی، رطوبت.
	جعبه‌فیوز	نصب‌شده داخل اتاق و مقام در برابر نفوذ رطوبت، دارای قابلیت نصب سیستمهای جدید الکتریکی
صندلی	صندلی راننده:	پنوماتیک با کنترل سه جهته، مجهز به کمربند سه‌نقطه‌ای
	صندلی مسافر:	۳۷ / ۳۵ نفر
	جنس صندلی مسافر:	پلی آمید/ABS ضدخش مقاوم در برابر اشعه UV
ساختار اتاق اتوبوس	طراحی اتاق:	طراحی جدید و آئرودینامیک
	شیشه‌های جانی	دودی – چسبی - بازشو
	خروجی اضطراری سقفی	دو عدد مجهز به فن دوطرفه تهویه هوا
	کابین راننده	کابین مستقل راننده
	جنس کف اتاق	ساخته‌شده با تخته هفت لایی پوشیده با عایق‌های حرارتی و رطوبتی و روکش سیلیس دار، مقاوم در برابر حریق
	سقف اتوبوس	سقف فلزی یکپارچه
	ورودی هواکش موتور	از سقف
	خروجی اگزوز	از پشت اتوبوس سمت راننده
	سیستم عایق بدنه	از نوع فوم تزریقی
	درب خروج	دو عدد ، تاشو بادی WABCO و کنترل الکتریکی
	جنس فریم درب‌ها	آلومینیوم

دیوارهای جانبی	ورق یکپارچه فولادی
پروفیل اتاق و شاسی	فولادی با سیستم جوشکاری CO2
تابلوهای نمایشگر LED	سه تابلوی LED خارجی جهت نمایش مسیر خط
رینگ و تایر	تایر تیوپلس سایز R22.570/275 و رینگ فولادی
سیستم صوتی	Radio/MP3 Player به همراه بلندگوهای سرتاسری
سیستم GPS و اعلام مسیر	بصورت انتخابی
درب موتور	آلومینیومی مجهز به جک گازی
روشنایی داخل اتاق	سرتاسری
سیستم اطفای حریق محفظه موتور	سه عدد بصورت اتوماتیک
کپسول آتش‌نشانی	دو عدد
چکش مخصوص خروجی اضطراری	چهار عدد
سایر تجهیزات استاندارد	جعبه‌ابزار و جک، آیینه برقی، ساعت دیجیتال، پرده و آفتاب‌گیر راننده، لاستیک زاپاس،
تجهیزات انتخابی(Option)	دوربین دید درب‌ها و دید عقب، تابلوی نمایشگر داخلی، صفحه‌نمایش دوربین‌ها،

اتوبوس درون‌شهری دو کابین (BRT) XMQ6180G1(شرکت اسنا)

در جدول ۵-۲۰ م شخ صات فنی **اتوبوس درون شهری دو کابین (** BRT) XMQ6180G1 مح صول ک شور چین شامل م شخ صات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گ شتاور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۲۰- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دو کابین (BRT) XMQ6180G1 [۵۴]

جرم ابعاد	طول (میلیمتر) :	۱۷۹۰۰
	عرض (میلیمتر) :	۲۵۵۰
	ارتفاع :	۳۱۵۰
	فاصله محوری (میلیمتر) :	۵۸۰۰+۶۰۰۰
	جرم خالص خودرو (کیلوگرم) :	۱۷۱۸۰
	جرم ناخالص خودرو (کیلوگرم) :	۲۸۰۰۰
	حداقل شعاع دور زدن (متر) :	۱۲
موتور	آرایش موتور :	in - Line 6 Clinder
	مدل موتور :	MAN D2066LOH38
	حجم موتور (لیتر) :	۱۰,۵
	سطح استاندارد آلایندگی :	Euro V
	حداکثر توان (hp/rmp) :	۱۹۰/۳۵۰
	حداکثر گشتاور (N.m/rmp) :	۱۶۰۰(۱۰۰۰~۱۴۰۰)
	نوع سوخت :	Gas oil/گازوئیل
	حجم باک :	L۲۵۰
	حداکثر سرعت (k/h) :	۸۰
	گیربکس اتوماتیک :	Voith
شاسی	ریتاردر :	دارد
	محور(جلو، میانی، عقب) :	ZF

سیستم آرتیکولیت :	Hubner
جعبه‌فرمان :	ZF
سیستم تعلیق :	ZF/WABCO
سیستم ترمز :	WABCO/ABS
اندازه چرخ :	R22.5۷۰/۲۷۵
باتری :	۲۴
سیستم سرمایش :	سیستم تهویه King Long با کمپرسور Bock
سیستم گرمایش :	دارد
تعداد صندلی سرنشین :	۱+۴+۳۰
سیستم صوتی :	MP3Player
قابلیت نصب جی پی اس :	دارد

اتوبوس درون‌شهری دو کابین (BRT) AGW۶۱۲۷ (شرکت اسنا)

در **جدول ۵-۲۱** مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دو کابین (BRT) اسنا AGW۶۱۲۷ محصول شرکت خودرو اسنا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۲۱ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دو کابین (BRT) اسنا AGW۶۱۲۷ [٥٤]

مشخصات		AGW۶۱۲۷
مشخصات عمومی	طول (میلی‌متر)	۱۲۰۰۰
	عرض (میلی‌متر)	۲۵۵۰
	ارتفاع (میلی‌متر)	۳۲۰۰
	فاصله محوری (میلی‌متر)	۵۸۲۰
	جرم خالص (بدون سرنشین) (کیلوگرم)	۱۲۰۰۰
	جرم ناخالص (GVW) (کیلوگرم)	۱۸۰۰۰
	حداکثر سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۹۰
	شعاع گردش (میلی‌متر)	۱۱,۵
	رینگ و تایر	Tubeless 275/70R22.5 with Steel Ring
موتور و گیربکس	آرایش موتور	Cylinder In-line with Turbo Charger – ۶ Inter Cooler
	مدل موتور	Mercedes Benz OM926 LA
	حداکثر قدرت موتور (rpm/hp)	۲۲۰۰/۳۲۶
	حداکثر گشتاور (rpm/N.m)	۱۶۰۰ ? ۱۲۰۰/۱۳۰۰
	حجم موتور (لیتر)	۷,۲
	سیستم سوخت‌رسانی	High Pressure-Common Rail
	استاندارد آلایندگی موتور	Euro V, EEV
	نوع سوخت	Diesel
	گیربکس	VOITH D864.5
	ظرفیت مخزن سوخت	۲۲۰
	محور جلو / عقب	Rear: ZF AV 132 & Front: ZF RL85A

تعلیق و ترمز	سیستم تعلیق	ZF Suspension with 6 Airbag / Hydraulic Shock Absorbers
	مکانیزم فرمان	ZF 8098
	نوع سیستم ترمز	ABS/ASR Wabco Double circuit Air Brake
	ترمز محور جلو / عقب	Disk

۵ ۲ ۴ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت اسنا

در **جدول ۵-۲۲** مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت آکیا شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است. در ادامه مشخصات فنی هر یک از این اتوبوس ها بصورت جزئی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۵-۲۲- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری اسنا[۵۴]

ردیف	شرکت سازنده داخلی	شرکت سازنده خارجی	مدل	مشخصات فنی
	آکیا	چین Anhui Ankai auto mobile co.	A nkai	دو کابین ۱۸ متری- ۶ سیلندر- حجم موتور ۱۰ لیتر- دیزلی- توان موتور 420hp/1900rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
		کامینز	KLQ 6121GQ(Low Entrance)	دیزلی- حجم موتور ۹ لیتر- توان موتور 221kw/300hp/2100rpm- گشتاور خروجی 1250Nm/1100-1600rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
			KLQ 6128GC(CNG)	۷ سیلندر- حجم موتور ۸/۳ لیتر- گاز سوز- توان موتور 209kw/284hp/2400rpm- گشتاور خروجی 1153Nm/1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
			KLQ 6128GC(CNG)	۶ سیلندر- گازسوز- حجم موتور ۶/۷ لیتر- توان موتور 221kw/2300rpm- گشتاور خروجی 1100Nm/1200-1800rpm- استاندارد آلایندگی EUROV
			KLQGC6128	۶ سیلندر- گازسوز- حجم موتو ۸/۳ لیتر- توان موتور 221kw /284hp /2400rpm- گشتاور خروجی

				۱۱۵۳Nm/1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
				۶ سیلندر- دیزلی- حجم موتو ۹ لیتر- توان موتور 221kw /300hp /2100rpm- گشتاور خروجی 1250Nm/1100-1600rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
				۶ سیلندر- دیزلی- حجم موتو ۹ لیتر- توان موتور 221kw /300hp /2100rpm- گشتاور خروجی 1250Nm/1100-1600rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
				۶ سیلندر- دیزلی- حجم موتو ۱۰/۵۱۸ لیتر- توان موتور 324kw /400hp- گشتاور خروجی 2100Nm/1000-1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIV
				۶ سیلندر- دیزلی- توان موتور 350hp/1900rpm , 400hp/2100rpm- گشتاور خروجی 1750Nm/1000-1400rpm-
				۶ سیلندر- دیزلی- حجم موتور ۶/۷ لیتر- توان موتور 221kw/2300rpm گشتاور خروجی 1100Nm/1200-1800rpm- استاندارد آلایندگی EUROV

۵ ۲ ۵ مشخصات فنی اتوبوس درون شهری (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۲۳ مشخصات فنی اتوبوس شهری مدل A nkai محصول شرکت خودروسازی چین شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۲۳- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری Ankai [۵۷]

هویت خودرو	
نوع	دو کابین ۱۸ متری
سیستم	pusher
کارخانهٔ سازنده	Anhui Ankai auto mobile co.
نام تجاری	Ankai
سال ساخت	2008
نوع کاربرد	حمل‌ونقل درون‌شهری
جنس بدنه	ورق آهن

ابعاد خودرو	
طول خودرو	۱۸۰۰۰ میلی‌متر
عرض خودرو (بدون آیینه های جانبی)	۲۵۵۰ میلی‌متر
ارتفاع خودرو	۳۱۵۰ میلی‌متر
فاصله بین دو محور جلو و وسط	۵۸۴۵ میلیمتر
فاصله محورهای وسط و عقب	۶۰۴۵ میلی‌متر

وزن خودرو

وزن خودرو	
وزن ناخالص خودرو(Total Mass)	Kg28000

کابین و بدنه

کابین و بدنه خودرو

تعداد درب ورود و خروج	دوتکه درب در جلو ، دوتکه درب وسط و دوتکه درب عقب
نوع قفل درهای جلو و جانبی	معمولی
ابعاد (ارتفاعxعرضxطول)	۳۱۵۰ * ۲۵۵۰ * ۱۸۰۰۰mm
تعداد سرنشین	۵۰+۱ نفر
تعداد مسافر قابل حمل	۱۴۸ نفر
نوع صندلی راننده	قابل تنظیم ارتفاع و زاویه پشتی و ارتفاع
جنس پانل داشبورد	پلاستیکی ABS تزریقی یکپارچه
نوع نشانگرهای پشت داشبورد	آنالوگ
جنس پوشش کف	تخته‌کوبی و کف‌پوش
جنس پوشش دیواره	سقف و دیواره‌ها پوشش PVC
تعداد تیغه‌های برف‌پاک‌کن	۲ عدد شیشه جلو
نوع کمربند ایمنی	جلو سه‌نقطه‌ای
نوع شیشه‌ها	شیشه جلو لایه‌ای، شیشه‌های جانبی دودی و عقب سخت‌شده
نوع سپر جلو و عقب	سپر جلو پلا ستیکی تزریقی به رنگ بدنه با ضربه‌گیر، سپر عقب فلزی به رنگ بدنه
نوع آفتاب‌گیر	آفتاب‌گیر از جنس پارچه ، برقی

محورها

محورهای خودرو	
سایز تایر	۲۷۵ / 70R22.5
تعداد محورها	۳
نوع اکسل جلو و عقب و وسط	ZF

سیستم تعلیق

سی‌ستم تعلیق خودرو	
نوع سیستم تعلیق	بادی ۱۰ خمره‌ای کمک‌فنر تلسکوپی دوبل
نوع فرمان	ZF8098 HYDRAULIC
قطر فرمان	500 mm
لقی فرمان	25mm

درها و پنجره‌ها

درها و پنجره‌ها	
نوع درها	درها دوتکه بافریم پنجره‌ها،

تعداد درها	۶ تکه درب – راست درب
جنس درها	قاب فلزی – شیشه‌ای

سیستم ترمز

سیستم ترمز	
نوع ترمز	پنوماتیک دومداره با ABSدیســـکی در عقب و جلو و ASR
ترمزدستی	بوستر با فعال‌کننده فنر

سیستم سرمایش

سیستم سرمایش	
نوع مولد سرمایش	R134a
مولد نیروی سرمایش	کمپرسور BOKE
نحوه انتقال نیرو	تسمه‌ای بوسیله نیروی موتور
میزان مولد سرمایش	kcal / h ۴۸۰۰۰
محل نصب	سقفی

سیستم گرمایش

سیستم گرمایش	
نوع مولد گرمایش	آب رادیاتور
مولد نیروی هوادهی	فن بخاری

سیستم سوخت‌رسانی

سیستم سوخت‌رسانی خودرو	
محل باک سوخت	دوعدد ۱۵۰ لیتری زیر ، انتهای کابین جلو

سیستم انتقال نیرو

سیستم انتقال نیرو خودرو	
موتور	ایویکو Curser 10
استاندارد آلایندگی	Euro III
مدل	دیزل
نوع و تعداد سیلندر	۶ سیلندر
قدرت موتور	420 اسب در دور ۱۹۰۰ دور در دقیقه
حجم موتور	۱۰ لیتر

وضعیت استقرار موتور نسبت به شاسی	انتهای کابین عقب

جعبه دنده

سیستم جعبه‌دنده خودرو	
مدل	ZF 5 HP 592
نوع عملکرد(دستی-اتوماتیک)	۵ دنده اتوماتیک

سایر تجهیزات و مشخصات فنی

عملکرد خودرو	
آیینه داخل کابین و بغل بدنه	دستی
سیستم صوتی	رادیوپخش
سیستم تصویری	دارد
سیستم رفاهی، بهداشتی	مثلث خطر، جعبه‌ابزار، جک، کپسول آتش‌نشانی، رمپ معلولین،رنگ آبی اطلسی متالیک

اتوبوس درون‌شهری مدل KLQ 6121GQ(Low Entrance) (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۲۴ م شخ صات فنی اتوبوس شهری مدل KLQ 6121GQ(Low Entrance) مح صول شرکت خودرو سازی کشور چین شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۲۴- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری (KLQ 6121GQ(Low Entrance [۵۶]

General data		اطلاعات کلی
Model	KLQ 6121GQ(Low Entrance)	مدل
Length / Width/ Height(mm)	12000/2480/3100	طول /عرض/ ارتفاع (میلیمتر)
Interior height(mm)	2480	ارتفاع داخلی (میلیمتر)
Entry height(F/R) (mm)	360/380	ارتفاع ورودی(عقب /جلو) (میلیمتر)
Fuel tank (L)	200	ظرفیت باک (لیتر)
Max Speed (km/h)	85	حداکثرسرعت (کیلومتربرساعت)
Front/rear over hang(mm)	2550/3300	طول دماغه جلو / عقب (میلیمتر)
Wheelbase(mm)	6100	فاصله محورها(میلیمتر)
Net weight/Gross vehicle weight(kg)	12200/18000	وزن خالص / وزن ناخالص (کیلوگرم)
Capacity passengers	46+41	ظرفیت مسافران
Engine		**موتور**
Model	Cummins Isle 300	مدل
Max. Power (kw /hp)/rpm	(221/300)/2100	حداکثرقدرت (کیلووات/اسب بخار)/دور بر دقیقه
Max. torque (Nm/rpm)	1250/1100-1600	حداکثرگشتاور(نیوتن متر/دور بر دقیقه)
Emission Standard	Euro III	استاندارد آلایندگی
Displacement (L)	9	حجم موتور (لیتر)
Gearbox	ZF 5HP595 Automatic	گیربکس
Chassis		**شاسی**
axle	ZF R85A disc,front axle	اکسل
steering	ZF 8098 Hydraulic	فرمان
brake	WABCO , ABS, front :disk , rear:drum , Dual circuit air braking system, parking brake acting on rear axle.	ترمز
suspension	Air suspension	تعلیق
Features		**امکانات**
A/C 32000 kcal/h Bock Compressor,tachograph, 2 Emergency roof exit , Fan for driver, ceiling handrail, Front window manual sun visor , digital clock*, Destination plate*,rolling display and stop announcer*,microphone, partition, powder –Coating handrail destination plate.		ظرفیت کولر ۳۲۰۰۰ کیلوکالری آلمان ،دستگاه Bockبرساعت و ثبت جاده ای، شامل ۲ خروجی سقفی اضطراری، آفتابگیر ، ساعت دیجیتالی* ، میکروفن ، تابلوی اعلام مسیر

اتوبوس درون‌شهری گازسوز مدل KLQ 6128GC(CNG) **(شرکت آکیا)**

در جدول ۵-۲۵ مشخصات فنی اتوبوس شهری مدل KLQ 6128GC(CNG) محصول شرکت خودروسازی کشور چین شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۲۵- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری گازسوز مدل KLQ 6128GC(CNG) [۵۴]

General data		اطلاعات کلی
Model	KLQ 6128GC(CNG)	مدل
Length / Width/ Height (mm)	12000 /2480/3150	طول /عرض/ ارتفاع (میلیمتر)
Entry Height (F/R) (mm)	380/380	ارتفاع ورودی(جلو /عقب) (میلیمتر)
Cylinders tank (L)	7×120	تعداد و ظرفیت سیلندرها (لیتر)
Max Speed (km/h)	85	حداکثرسرعت (کیلومتربرساعت)
Front/rear over hang(mm)	2600/3250	طول دماغه جلو / عقب (میلیمتر)
Wheelbase(mm)	6100	فاصله محورها(میلیمتر)
Net weight/Gross vehicle weight (kg)	12400/18000	وزن خالص / وزن ناخالص (کیلوگرم)
Capacity, passengers	46+41	ظرفیت مسافران
Engine		**موتور**
Model	Cummins CGe 280 30 CNG	مدل
Max. Power(kw /hp)/rpm	(209/284)/2400	حداکثرقدرت (کیلووات/اسب بخار) / دور بر دقیقه
Max. torque (Nm/rpm)	1153/1400	حداکثرگشتاور (نیوتن متر/ دور بر دقیقه)
Emission Standard	Euro III	استاندارد آلایندگی
Displacement (L)	8.3	حجم موتور (لیتر)
Gearbox	ZF 5HP592Automatic	گیربکس
Chassis		**شاسی**
axle	Rigid , 6.5T front and 13T rear	اکسل
steering	ZF 8098 Hydraulic	فرمان
brake	WABCO , ABS, Front/rear drum brake, dual circuit air braking system , parking brake acting on rear axle.	ترمز
suspension	Air suspension	تعلیق
Features		**امکانات**
A/C 32000 kcal/h Bock Compressor,tachograph, 2 Emergency roof exit , Fan for driver, ceiling handrail, Front window manual sun visor , digital clock*, microphone, , partition, powder –Coating handrail Destination plate* , reverse monitor.		ظرفیت کولر ۳۲۰۰۰ کیلوکالری برساعت آلمان ،دستگاه ثبت جاده ای، Bock با شامل ۲ خروجی سقفی اضطراری، آفتابگیر ، ساعت دیجیتالی،میکروفن، تابلوی اعلام مسیر ، مانیتور دنده عقب

اتوبوس درون‌شهری گازسوز Akia مدل KLQ 6128GC(CNG) (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۲۶ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری گازسوز Akia مدل KLQ 6128GC(CNG)محصول شرکت خودروسازی آکیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۲۶- مشخصات فنی اتوبوس درون شهری گازسوز Akia مدل KLQ 6128GC (CNG) [۵۶]

GENERAL	
Brand	Akia
Description	ULTRA LF12
Specification	Low Floor City Bus
Seat	27
Standing	72
Doors	Automatic pneumatic type; 2-2-2
Place of wheelchair	1 unit
DIMENSIONS	
Lengh	12000 mm
Width	2550 mm
Height (With A/C)	3100 mm
Wheel Base	5900 mm
Front Overhang	2745 mm
Rear Overhang	3355 mm
FUEL TANK CAPACITY	
Fuel Tank (Lt)	250
WEIGHTS	
Gross Vehicle Weight	18000 kg
ENGINE	
Brand	CUMMINS
Type	ISB6.7E5300B
Description	Turbo Intercooler,Dizel
Number of Cylinders	6 units
Displacement	6.7 L
Emission	Euro 5
Max Power	221 kw / 2300 rpm
Torque	1100 Nm /1200-1800 rpm
Cooling System	Radiator Intercooler with oil cooling system and hydraulic pump & fan
BRAKE SYSTEM	
Service Brakes	Front-Rear full dry air,double circuit,automatic,air cooling disc brakes
AXLES	
Front/ Rear Axles Type	ZF RL85A rigit type / ZF AV132
Front/Rear Axles Cpacity	8500/13000 kg

اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQGC6128 (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۲۷ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQGC6128 محصول شرکت آکیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۲۷- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQGC6128 [۵۴]

General data		اطلاعات کلی
Model	KLQ 6128GC(CNG)	مدل
Length / Width/ Height (mm)	12000 /2480/3150	طول /عرض/ ارتفاع (میلیمتر)
Entry Height (F/R) (mm)	380/380	ارتفاع ورودی(جلو /عقب) (میلیمتر)
Cylinders tank (L)	7×120	تعداد و ظرفیت سیلندرها (لیتر)
Max Speed (km/h)	85	حداکثرسرعت (کیلومتربرساعت)
Front/rear over hang(mm)	2600/3250	طول دماغه جلو / عقب (میلیمتر)
Wheelbase(mm)	6100	فاصله محورها(میلیمتر)
Net weight/Gross vehicle weight (kg)	12400/18000	وزن خالص / وزن ناخالص (کیلوگرم)
Capacity, passengers	46+41	ظرفیت مسافران
Engine		**موتور**
Model	Cummins CGe 280 30 CNG	مدل
Max. Power(kw /hp)/rpm	(209/284)/2400	حداکثرقدرت (کیلووات/اسب بخار) / دور بر دقیقه
Max. torque (Nm/rpm)	1153/1400	حداکثرگشتاور (نیوتن متر/ دور بر دقیقه)
Emission Standard	Euro III	استاندارد آلایندگی
Displacement (L)	8.3	حجم موتور (لیتر)
Gearbox	ZF 5HP592Automatic	گیربکس
Chassis		**شاسی**
axle	Rigid , 6.5T front and 13T rear	اکسل
steering	ZF 8098 Hydraulic	فرمان
brake	WABCO , ABS, Front/rear drum brake, dual circuit air braking system , parking brake acting on rear axle.	ترمز
suspension	Air suspension	تعلیق
Features		**امکانات**
A/C 32000 kcal/h Bock Compressor,tachograph, 2 Emergency roof exit , Fan for driver, ceiling handrail, Front window manual sun visor , digital clock*, microphone, , partition, powder –Coating handrail Destination plate* , reverse monitor.		ظرفیت کولر ۳۲۰۰۰ کیلوکالری برساعت آلمان ،دستگاه ثبت جاده ای، Bock با شامل ۲ خروجی سقفی اضطراری، آفتابگیر ، ساعت دیجیتالی،میکروفن، تابلوی اعلام مسیر ، مانیتور دنده عقب

اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQ6128GQ (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۲۸ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آکیا **KLQGC6128GQ** محصول شرکت آکیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۲۸- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQ6128GQ [۵۷]

General data		اطلاعات کلی
Model	KLQ 6128GQ	مدل
Length / Width/ Height(mm)	12000 /2480/3150	طول /عرض/ ارتفاع (میلیمتر)
Entry height (mm)	380/380	ارتفاع ورودی(جلو /عقب) (میلیمتر)
Front/rear over hang(mm)	2600/3250	طول دماغه جلو / عقب (میلیمتر)
Fuel tank(L)	200	ظرفیت باک (لیتر)
Max Speed(km/h)	85	حداکثرسرعت (کیلومتربرساعت)
Wheelbase(mm)	6100	فاصله محورها (میلیمتر)
Net weight/Gross vehicle weight(kg)	12200/18000	وزن خالص / وزن ناخالص (کیلوگرم)
Capacity, passengers	41 - 46	ظرفیت مسافران
Engine		**موتور**
Model	Cummins Isle 300	مدل
Max. Power (kw /hp)/rpm	(221/300)/2100	حداکثرقدرت (کیلووات/اسب بخار)/ دور بر دقیقه
Max. torque (Nm/rpm)	1250/1100-1600	حداکثرگشتاور (نیوتن برمتر / دور بر دقیقه)
Emission Standard	Euro III	استاندارد آلایندگی
Displacement (L)	9	حجم موتور (لیتر)
Gearbox	ZF 5HP595 Automatic	گیربکس
Chassis		**شاسی**
Axle	Rigid , 6.5T front and 13T rear axle	اکسل
Steering	ZF Hydraulic	فرمان
Brake	WABCO , ABS , Front/ rear drum brake ,dual circuit air braking system, parking brake acting on rear axle.	ترمز
Suspension	Air suspension	تعلیق
Feature		**امکانات**
A/C 32000 kcal/h Bock Compressor,tachograph, 2 Emergency roof exit , Fan for driver, ceiling handrail, Front window manual sun visor , digital clock, microphone, partition, powder –Coating handrail destination plate , reverse monitor.		ظرفیت کولر ۳۲۰۰۰ کیلوکالری برساعت و Bock آلمان ، دستگاه ثبت جاده ای، شامل ۲خروجی سقفی اضطراری، آفتابگیر ، ساعت دیجیتالی،میکروفن، تابلوی اعلام مسیر ، مانیتور دنده عقب

اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQ 6121GQ(Low Entrance) (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۲۹ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آکیا **KLQ 6121GQ(Low Entrance)** محصول شرکت آکیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۲۹- اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQ 6121GQ(Low Entrance) [۵۷]

General data		اطلاعات کلی
Model	KLQ 6121GQ(Low Entrance)	مدل
Length / Width/ Height(mm)	12000/2480/3100	طول /عرض/ ارتفاع (میلیمتر)
Interior height(mm)	2480	ارتفاع داخلی (میلیمتر)
Entry height(F/R) (mm)	360/380	ارتفاع ورودی(عقب /جلو) (میلیمتر)
Fuel tank (L)	200	ظرفیت باک (لیتر)
Max Speed (km/h)	85	حداکثرسرعت (کیلومتربرساعت)
Front/rear over hang(mm)	2550/3300	طول دماغه جلو / عقب (میلیمتر)
Wheelbase(mm)	6100	فاصله محورها(میلیمتر)
Net weight/Gross vehicle weight(kg)	12200/18000	وزن خالص / وزن ناخالص (کیلوگرم)
Capacity passengers	46+41	ظرفیت مسافران
Engine		**موتور**
Model	Cummins Isle 300	مدل
Max. Power (kw /hp)/rpm	(221/300)/2100	حداکثرقدرت (کیلووات/اسب بخار)/دور بر دقیقه
Max. torque (Nm/rpm)	1250/1100-1600	حداکثرگشتاور(نیوتن متر/دور بر دقیقه)
Emission Standard	Euro III	استاندارد آلایندگی
Displacement (L)	9	حجم موتور (لیتر)
Gearbox	ZF 5HP595 Automatic	گیربکس
Chassis		**شاسی**
axle	ZF R85A disc,front axle	اکسل
steering	ZF 8098 Hydraulic	فرمان
brake	WABCO , ABS, front :disk , rear:drum , Dual circuit air braking system, parking brake acting on rear axle.	ترمز
suspension	Air suspension	تعلیق
Features		**امکانات**
A/C 32000 kcal/h Bock Compressor,tachograph, 2 Emergency roof exit , Fan for driver, ceiling handrail, Front window manual sun visor , digital clock*, Destination plate*,rolling display and stop announcer*,microphone, partition, powder –Coating handrail destination plate.		ظرفیت کولر ۳۲۰۰۰ کیلوکالری آلمان ،دستگاه Bockبرساعت و ثبت جاده ای، شامل ۲ خروجی سقفی اضطراری، آفتابگیر ، ساعت دیجیتالی* ، میکروفن ، تابلوی اعلام مسیر

اتوبوس درون‌شهری آکیا CITY_BUSES_12_metriEuro (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۳۰ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آکیا CITY_BUSES_12_metriEuro محصول شرکت آکیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۳۰- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آکیا CITY_BUSES_12_metriEuro [۵۷]

Bus Model: KUB 2-2	
General data	
Type and application	City bus
Length / Width/ Height(mm)	11996/2550/3148
Interior height(mm)	2397
Wheel base(mm)	5875
Approach/ Departure angle	7/7 degrees
Front/rear over hang(mm)	2731/3390
Turning circle(m)	21
Net weight/Gross vehicle weight(kg)	11400/18000
1.Driveline	
1.1.Engine	
Model	MAN D2066LOH04
Max. Power (kw /hp)	324/400
Max. torque (Nm/rpm)	2100/1000-1400
Emission Standard	Euro4
Displacement **(L)**	10.518
Firing sequence	1-5-3-6-2-4
1.2.Transmission	
Gearbox	German ZF
2.chassis	
2.1. Front axle	German ZF
2.2.Drive axle	German ZF
2.3. steering	German ZF
2.4.brakes	Anti- blocking system(ABS) and the traction control system(ASR) parking brake with emergency release
2.5 Auxiliary brake	Transmission –integrated retarder
2.6. suspension	Air suspension – pneumatic valve system
3.Bodywork	
3.1.Bodywork frame	The structure consists of hollow extruded aluminum sections for the CO-BOLT system.
3.2. side panels	The structure consists of hollow extruded aluminum sections for the CO-BOLT system.
3.3. Door arrangement	2-2
3.4. Door width(mm)	1370
3.5.Minimum entrance height(mm)	327
3.6. Capacity, passengers	37+59+1
4.Ventilation and air- conditioning	
4.1.Front heater and defroster	Defrosting and heating of the driver's compartment with a roof mounted heater unit Foot room heater and a convector on the left- hand side of the driver. Automatically controlled according to chosen temperature as well as manually influencable by the driver.

اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQ6181GQ (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۳۱ م شخ صات فنی اتوبوس درون شهری آکیا KLQ6181GQمح صول شرکت آکیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۳۱- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آکیا KLQ6181GQ [۵۷]

GENERAL DIMENSION		ابعاد کلی
Model	KLQ6181GQ	مدل
L x W x H(mm)	17900 / 2550 / 2100	طول/ عرض/ ارتفاع
Net Weight (kg)	18600	وزن خالص
Max. Speed (k/h)	90	حداکثر سرعت
Passengers capacity	148	ظرفیت مسافران
Articulate System	HUBNER Electro Mechanic	نوع سیستم آکاردئونی
Air conditioin	A/C , with 60000 k / Cal Bock Compressor	سیستم تهویه
Engine		**موتور**
Model	MAN D2066LOH12 (10.5 L) / Cummins Isle 400 40 (9 L)	مدل موتور
Arrangement	6 cylinder , water coolant , turbocharger ,intercooler	چیدمان
Max. power (hp/rpm)	350/1900 / 400/2100	حداکثر قدرت
Max. torque(N.m/rpm)	1750 / (1000-1400) / 1700@1400	حداکثر گشتاور
Chasis		**شاسی**
Gearbox	Automatic Voith / ZF	گیربکس
Retarder	Retarder Voith / ZF	ریتادر
Axles	ZF	اکسل ها
Suspension System	Air Suspension	سیستم تعلیق
Steering System	Hydraulic ZF 8098	سیستم فرمان
Brake System	Pneumatic ABS_ASR , Wabco/ KNORR	سیستم ترمز
Tyre	275/70 R 22.5	لاستیک
Body Specification		**بدنه**
Doors	Pneumatic , electric control , aluminum fram (one in right – 3 in left / 3 in right)	درب ها
Windows	Dark glass with 10 sliding windows	پنجره ها
Passengers Seat	PVC seats with cloth , max 40 person including special place for wheelchairs	صندلی مسافران
Driver Seat	Pneumatic, equipped ,3 points safety belt	صندلی راننده
Special Ramp for wheelchair carrying	special ramp for wheelchair carrying in front and rear cabins	نوع رمپ ویلچر
Rear view mirrors	Side mirror II type , equipped by defroster	آینه دید عقب
Display signboards LED	4 external boards for displaying the travelling track for BRT , 2 internal boards for displaying the station's name	سیستم LED
Sound System	MP3 player , radio , microphone, entire loudspeaker in front and rear cabin	سیستم صوتی

اتوبوس درون‌شهری دیزلی آکیا ULTRA LF12 (شرکت آکیا)

در جدول ۵-۳۲ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دیزلی آکیا ULTRA LF12محصول شرکت آکیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۳۲- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دیزلی آکیا ULTRA LF12 [۵۷]

GENERAL	
Brand	Akia
Description	ULTRA LF12
Specification	Low Floor City Bus
Seat	27
Standing	72
Doors	Automatic pneumatic type; 2-2-2
Place of wheelchair	1 unit
DIMENSIONS	
Lengh	12000 mm
Width	2550 mm
Height (With A/C)	3100 mm
Wheel Base	5900 mm
Front Overhang	2745 mm
Rear Overhang	3355 mm
FUEL TANK CAPACITY	
Fuel Tank (Lt)	250
WEIGHTS	
Gross Vehicle Weight	18000 kg
ENGINE	
Brand	CUMMINS
Type	ISB6.7E5300B
Description	Turbo Intercooler,Dizel
Number of Cylinders	6 units
Displacement	6.7 L
Emission	Euro 5
Max Power	221 kw / 2300 rpm
Torque	1100 Nm /1200-1800 rpm
Cooling System	Radiator Intercooler with oil cooling system and hydraulic pump & fan
BRAKE SYSTEM	
Service Brakes	Front-Rear full dry air,double circuit,automatic,air cooling disc brakes
AXLES	
Front/ Rear Axles Type	ZF RL85A rigit type / ZF AV132
Front/Rear Axles Cpacity	8500/13000 kg

۵ ۲ ۶ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت رانیران

در جدول ۵-۳۳ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت رانیران شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است. در ادامه مشخصات فنی هر یک از این اتوبوس ها بصورت جزئی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۵-۳۳- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری رانیران[۵۴]

ردیف	شرکت سازنده داخلی	شرکت سازنده خارجی	مدل	مشخصات فنی
	رانیران	ولوو	VOLVO B7	۶ سیلندر- گازوئیل- توان موتور 285hp- گشتاور خروجی 1200Nm-
			VOLVO B10M	۶ سیلندر- گازوئیل- توان موتور 242hp- گشتاور خروجی 1100Nm-

اتوبوس درون‌شهری VOLVO B7 (شرکت رانیران)

در جدول ۵-۳۴ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری VOLVO B7 رانیران دیزل شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۳۴- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری VOLVO B7 رانیران [۵۴]

مشخصات فنی			
تیپ :	VOLVO B7	نوع گیربکس:	ZFاتوماتیک
نوع کاربری :	شهری	تعداد دنده :	۴ دنده جلو و عقب‌دنده
ظرفیت :	۳۶ نفر نشسته - ۶۰ نفر ایستاده	طول اتاق :	۱۲ متر
نوع موتور :	VOLVO D7A	عرض اتاق :	۲,۵ متر
تعداد سیلندر :	۶ سیلندر	ارتفاع اتاق :	۳,۲۸ متر
قدرت موتور :	۲۸۵ اسب بخار	وزن مجاز کل سرنشین و بار :	۱۸۰۰۰ کیلوگرم
گشتاور موتور :	۱۲۰۰ نیوتن بر متر	تعداد چرخ :	۶ عدد

اتوبوس درون شهری VOLVO B10M (شرکت رانیران)

در جدول ۵-۳۵ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری VOLVO B10M رانیران دیزل شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۳۵- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری VOLVO B10M رانیران [۵۴]

تیپ :	VOLVO B۱۰M	نوع گیربکس:	ZFاتوماتیک
نوع کاربری :	شهری	تعداد دنده :	عقب۴ دنده جلو و دنده
ظرفیت :	۳۶ نفر نشسته - ۶۰ نفر ایستاده	طول اتاق :	۱۲ متر
نوع موتور :	VOLVO THD۱۰۱GC	عرض اتاق :	۲,۵ متر
تعداد سیلندر :	۶ سیلندر	ارتفاع اتاق :	۳,۲۸ متر
قدرت موتور :	۲۴۲ اسب بخار	وزن مجاز کل سرنشین و بار :	۱۸۰۰۰ کیلوگرم
گشتاور موتور :	۱۱۰۰ نیوتن بر متر	تعداد چرخ :	۶ عدد

۵ ۲ ۷ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت آذهایتکس

در جدول ۵-۴۴ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت آذهایتکس شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است. در ادامه مشخصات فنی هر یک از این اتوبوس ها بصورت جزئی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۵-۳۶- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری رانیران[۵۴]

ردیف	شرکت سازنده داخلی	شرکت سازنده خارجی	مدل	مشخصات فنی
	آذهایتکس	مرسدس بنز	Mercedes benze OM960 LA	۶ سیلندر- گازسوز- توان موتور 286hp- استاندارد آلایندگی EUROV
			هایتکMercede s benze OM960 LAGEEV/1	۶ سیلندر- گازسوز- توان موتور 285hp- استاندارد آلایندگی EUROV

اتوبوس درون‌شهری دو کابین گازسوز Mercedes benze OM960 LA (آذهایتکس)

در **جدول ۵-۳۷** مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دو کابین گازسوز آذهایتک Mercedes benze OM960 LA محصول کشور آلمان شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۳۷- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دو کابین گازسوز آذهایتکMercedes benze OM960 LA [۵۴]



نام محصول	اتوبوس شهری	نوع محصول	اتوبوس شهری
مدل موتور	Mercedes Benz OM906 LA	ارتفاع پله از سطح جاده	270 mm
قدرت موتور	286hp	سیستم تعلیق جلو / عقب	بادی غیر مستقل - 4 بالن مجهز به سیستمهای ABS و ASR
استاندارد الایندگی	Euro5	وزن کل	18000 کیلوگرم
گیربکس	ZF 6HP502,Voith Diwa 851.3E Automatic	ابعاد کلی	12000/2550/2920 mm

اتوبوس درون‌شهری دو کابین گازسوز Mercedes benze OM960 LAGEEV/1 (آذهایتکس)

در **جدول ۵-۳۸** مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دو کابین گازسوز آذهایتک Mercedes benze OM960 LA محصول کشور آلمان شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور، دور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۳۸- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دو کابین گازسوز آذهایتک Mercedes benze OM960 LAGEEV/1 [۵۴]



نام محـصول	اتوبوس گازسوز	وزن ناخالص	۱۱۷۱۰ کیلوگرم
موتور	Mercedes Benz M906 LAGEEV/1	تعداد صندلی	۲۶/۲۸
قدرت موتور	۲۸۵ اسب بخار	ظرفیت اسمی	۹۰ مسافر
گیربکس	اتوماتیک ۶ دنده ای Allison T ۳۱۰ W/wet	مصرف گاز ذخیره	در شهر ۸۰۰ تا ۹۰۰ کیلومتر
ابعاد کلی	میلی متر ۱۴۴۰۰/۳۱۵۰/۳۲۰۰	سیستم تعلیق جلو	سیستم پنوماتیک , دارای دو عدد بالن
فاصله شاسی	۱۳۵ میلی متر	سیستم تعلیق عقب	دارای سیتم پنوماتیکی , دارای ۴ عدد بالن
محور جلو	دارای مفصل پیچشی ZF	مقدار و اندازه مخزن	۶ تا ۲۱۴ لیتر = ۱۲۸۴ لیتر = ۲۵۷ مترمکعب
ابعاد لاستیک	275/70R22.5	چرخ ها	دیسکی ۲۲.۵×۸.۲۵ , اندازه ۶ , چرخ زاپاس

مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت آذهایتکس

در جدول ۵-۳۹ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت آذهایتکس شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است.

جدول ۵-۳۹- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری آذهایتکس[۵۴]

ردیف	شرکت سازنده داخلی	شرکت سازنده خارجی	مدل	مشخصات فنی

	آذهایتکس	مرسدس بنز	Mercedes benze OM960 LA	۶ سیلندر- گازسوز- توان موتور 286hp- استاندارد آلایندگی EUROV
			هایتکMercede s benze OM960 LAGEEV/1	۶ سیلندر- گازسوز- توان موتور 285hp- استاندارد آلایندگی EUROV

۵ ۲ ۸ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت پیشرو دیزل آسیا

جدول ۵-۴۸ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت پیشرو دیزل آسیا شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است. در ادامه مشخصات فنی هر یک از این اتوبوس ها بصورت جزئی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۵-۴۰- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری پیشرو دیزل آسیا[۵۴]

ردیف	شرکت سازنده داخلی	شرکت سازنده خارجی	مدل	مشخصات فنی
	پیشرو دیزل آسیا	مرسدس بنز	OM457 LA	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۱/۹۸ لیتر- توان 350HP/2000RPM- گشتاور خروجی 1600Nm/1000rpm- استاندارد آلایندگی EUROV+EEV
		مان	D2066 LOH12	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۰/۵ لیتر- توان 350HP/1900RPM- گشتاور خروجی 1750Nm/1000-1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
		کامینز	ISLE 320 B	۶ سیلندر- گازوئیلی- حجم موتور ۸/۹ لیتر- توان 320HP/ 235kw/2100RPM- گشتاور خروجی 1300Nm/1100rpm- استاندارد آلایندگی EUROV
			ISLE 300	۶ سیلندر- گازوئیلی- حجم موتور ۸/۹ لیتر- توان 300HP/ 220kw- گشتاور خروجی 1250Nm/1600rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII
			CG 280 30	۶ سیلندر- گازسوز- حجم موتور ۸/۳ لیتر- توان 280HP/ 209kw- گشتاور خروجی 1152Nm/1400rpm- استاندارد آلایندگی EUROIII

اتوبوس درون‌شهری شهری (BRT CITY BUS (18 meter (شرکت پیشرو دیزل آسیا)

در **جدول ۵-۴۱** مشخصات فنی اتوبوس درون شهری (BRT CITY BUS (18 meter محصول شرکت پیشرو دیزل آسیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۴۱- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری شهری (BRT CITY BUS (18 meter [۵۴]



اتوبوس درون شهری شهری (CITY BUS XML 6125 CF (18 meter) شرکت پیشرو دیزل آسیا)

در جدول ۵-۴۲ مشخصات فنی اتوبوس درون شهری (CITY BUS XML 6125 CF (18 meter محصول شرکت پیشرو دیزل آسیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۴۲- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری شهری CITY BUS XML 6125 CF [۵۴]



اتوبوس درون‌شهری گازسوز CITY BUS PY 6120 (شرکت پیشرو دیزل آسیا)

در جدول ۵-۴۳ م شخ صات فنی اتوبوس درون شهری گاز سوز CITY BUS PY 6120 مح صول شرکت پیشرو دیزل آ سیا شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه‌شده است.

جدول ۵-۴۳- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری گازسوز CITY BUS PY 6120 [۵۴]



۵ ۲ ۹ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت زرین خودرو

جدول ۵-۴۴ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت زرین خودرو شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است.

جدول ۵-۴۴- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری Mercedes benz (شرکت زرین خودرو) [۵۴]

ردیف	شرکت داخلی مونتاژ	شرکت سازنده اصلی	مدل	مشخصات فنی
۱.	زرین خودرو	مرسدس بنز	OM457 LA	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۱/۹۸ لیتر- توان گشتاور خروجی -354HP/2000RPM EUROV+EEV -1750Nm/1100rpm

۵ ۲ ۱۰ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت شهاب خودرو

در جدول ۵-۴۵ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت شهاب خودرو شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است.

جدول ۵-۴۵- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری Mercedes benz (شرکت شهاب خودرو) [۵۴]

ردیف	شرکت داخلی	شرکت سازنده اصلی	مدل	مشخصات فنی

	مونتاژ			
۱.	شهاب خودرو	مرسدس بنز	OM457 LA	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۱/۹۸ لیتر- توان 360HP/2000RPM- گشتاور خروجی 1850Nm/1100rpm + استاندارد آلایندگی EUROV+EEV
		مرسدس بنز	MIDR 062045 C4	۶ سیلندر دیزلی- حجم موتور ۱۰ لیتر- توان 255HP/2100rpm- گشتاور خروجی 1400Nm/1000rpm- استاندارد آلایندگی EUROII
		مرسدس بنز	MGDR 062045	۶ سیلندر گازسوز- حجم موتور ۱۰ لیتر- توان 255HP/2100rpm - گشتاور خروجی 1000Nm/1000rpm- استاندارد آلایندگی EUROII

۵ ۲ ۱۱ مشخصات فنی اتوبوس های شهری شرکت زرین خودرو

در جدول ۵-۴۶ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت شهاب خودرو شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است.

جدول ۵-۴۶- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دوو (شرکت زرین خودرو) [۵۴]

ردیف	شرکت داخلی مونتاژ	شرکت سازنده اصلی	مدل	مشخصات فنی

۱.	سبلان خودرو	دوو	BV120MA	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۱ لیتر- توان 320- 340 hp/2100rpm- گشتاور خروجی 128- 1422Nm/1200rpm- استاندارد آلایندگی EUROIV+DPF

۵ ۲ ۱۲ مشخصات فنی اتوبوس‌های شهری شرکت رامک خودرو

در جدول ۵-۴۷ مشخصات کلی فنی انواع اتوبوس های شهری شرکت شهاب خودرو شامل نام شرکت سازنده اصلی، شرکت سازنده داخلی، مدل اتوبوس و مشخصات فنی اتوبوس ارائه‌شده است.

جدول ۵-۴۷- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری دوو (شرکت رامک خودرو) [۵۴]

ردیف	شرکت داخلی مونتاژ	شرکت سازنده اصلی	مدل	مشخصات فنی

۱.	رامک خودرو	مرسدس بنز	OM457 LA	۶ سیلندر- حجم موتور ۱۱/۹۸ لیتر- توان 360 HP/2000RPM- گشتاور خروجی 1850Nm/1100rpm- استاندارد آلایندگی EUROV+ EEV

۵ ۲ ۱۳ مشخصات فنی اتوبوس برقی اشکودا 15Tr (شرکت اشکودا)

در جدول ۵-۴۸ مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری برقی اشکودا 15Tr محصول کشور جمهوری چک شامل مشخصات مدل موتور ، نوع موتور، حجم موتور، قدرت موتور، حداکثر گشتاور موتور و غیره ارائه شده است.

جدول ۵-۴۸- مشخصات فنی اتوبوس درون‌شهری برقی اشکودا 15Tr [۵۴]

ردیف	شرکت داخلی مونتاژ	شرکت سازنده اصلی	مدل	مشخصات فنی
۱.	اشکودا	15Tr	IM1103	اتوبوس برقی- توان موتور 2*120kw- دور موتور 1500-3800rpm- ولتاژ کاری موتور 750V- استاندارد آلایندگی: صفر- میزان مصرف انرژی 2941kw/h

آمار واطلاعات مربوط به اتوبوس های برقی فعال درون شهری

ردیف	نام اتوبوس	مدل موتور	میزان مصرف انرژی به ازاء هر ساعت kw/h	حداکثر توان موتور	حداکثر گشتاور موتور	استاندارد آلایندگی موتور	توضیحات			
							وزن هر موتور	دور موتور	ولتاژ کاری موتور	سال ساخت
۱	انکودا	تراکشن ۷۵۰ ولت سری IM1103	۲۹۴۱ kw/h	۲۵۱۲۰ kw	-	صفر	۷۹۵ kg	۱۵۰۰-۳۸۰۰ r.p.m	۷۵۰V	۱۹۹۱

سایر مشخصات فنی اتوبوس های درون شهری به شرح ذیل (درصورت وجود)

نام اتوبوس	مدل موتور	تعداد کل اتوبوس	نوع سوخت	حداکثر توان موتور	حداکثر گشتاور موتور	استاندارد آلایندگی موتور	نوع سیستم سوخت رسانی	تعداد سیلندر	طول اتوبوس mm	عرض اتوبوس mm	سرعت km /h	وزن خالص بدون سرنشین
انکودا	۷۵۰ولت سری dc	۶۴دستگاه	برقی	۱۲۰kw	-	صفر	خطوط بالاسری ۸۲۰-۸۹۰	-	۱۷/۲۲۰	۲/۵۰	۶۵	۱۵۹۰۰ kg

سایر مشخصات فنی اتوبوسهای درون شهری به شرح ذیل (درصورت وجود)

حداکثر بار مجاز فنی (کیلوگرم)	نوع گیربکس	نوع سیستم تعلیق	نوع سیستم ترمز	نوع سیستم سوخت رسانی	حجم مخزن سوخت	محل قرار گیری موتور	حجم موتور	مدل جعبه فرمان	مکانیزم فرمان
۴۶۱۰۰ kg	ندارد	سیستم تعلیق بادی یکپارچه وابسته (کمک فنر خمره ای)	برقی و بادی	خطوط بالاسری ۸۹۰-۸۲۰ vdc	ندارد	کف اتوبوس کابین اول ودوم	-	۷۱۲hrsb power assisted steering	هیدرولیک

داده های ثبت شده در نرم افزار GPS

متراژ طول مسیر		تعداد ایستگاه		میانگین فاصله زمانی بین دو ایستگاه	سرعت			میانگین توقف در ایستگاه	میانگین توقف در میدا	میانگین توقف در مقصد
رفت	برگشت	رفت	برگشت		حداقل سرعت	حداکثر سرعت	میانگین سرعت			
۴۵۷۰	۴۶۶۶	۱۳	۱۳	۲دقیقه	۱۰	۳۴	۲۲	۱دقیقه	۱۷دقیقه	۱۳دقیقه

۳-۵ نتیجه‌گیری

در این فصل انواع اتوبوس‌های فعال درون‌شهری در سطح استان تهران و در سطح کل کشور شامل: اتوبوس ایران خودرو دیزل مدل Mercedes benz OM457 LA، اتوبوس عقاب نشـــان مدل Scania DC09 115 ، اتوبوس پیشـرو دیزل آسـیا مدل Mercedes Benz OM457 LA، اتوبوس آکیا دویچ مدل Mercedes Benz OM457 LA، اتوبوس زرین خودرو مدل Mercedes Benz OM457 LA، اتوبوس شهاب خودرو مدل Mercedes Benz OM457 LA، اتوبوس ستاره نیک آ سیا (ا سنا) مدل Mercedes Benz OM457 LA، اتوبوس سبلان خودرو مدل DAEWOO BV120MA، اتوبوس رامک خودرو مدل Mercedes Benz OM457 LA، اتوبوس ولوو مدل Volvo D9B ، اتوبوس اســکانیا مارال ۴۲۱۲ مدل Scania DC-1206، اتوبوس مان Lionscoach مدل MAN D2066LOH10، اتوبوس مرســـدس بنز O500RS مدل OM457 LA.II/33، اتوبوس هیوندای یونیورس مدل Hyundai-D6CB41 را مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

همچنین در این فصل مشخص گردید که در سطح شهر تهران اتوبوس‌های دیزلی بنز ۳۵۵ مدل BENZ-OM355 به تعداد ۸۵ دستگاه، اتوبوس‌های دیزلی مگا ترانس مدل BENZ- OM457 LA به تعداد ۵۴ دستگاه، اتوبوس‌های دیزل بنز O457 مدل BENZ- OM457 LA به تعداد ۹۶۱ دستگاه، اتوبوس‌های دیزلی شهاب مدل RENAULT MIDR 062045 C4 به تعداد ۳۵۴ دستگاه، اتوبوس‌های دیزلی BRT C2612 مدل RENAULT MIDR 062045 D41 به تعداد ۲۴۰ د ستگاه، اتوبوس دیزلی کینگ لانگ مدل MAN D2066LOH12 به تعداد ۷۰۶ د ستگاه، اتوبوس دیزلی یانگ من مدل MAN D2866LOH28 به تعداد ۲۰۰ د ستگاه، اتوبوس دیزلی یوتانگ مدل MAN D2066LOH 34 به تعداد ۱۹۹ د ستگاه، اتوبوس دیزلی اسکانیا ۳۱۱۲ مدل SCANIA DC09 115 به تعداد ۳۵۰ دستگاه، اتوبوس دیزلی آکیا مدل CUMMINS C300 20 به تعداد ۲۱۷ دستگاه، اتوبوس دیزلی ژانگ تانک مدل OM 457 LA به تعداد ۳۴ دستگاه، اتوبوس دیزلی زامیاد مدل IVECO F4AE0682H*C به تعداد ۱۰۰ دستگاه ، اتوبوس گازسوز مان مدل MAN E2866LUH01 به تعداد ۹۴۹ دستگاه، اتوبوس گازسوز آکیا مدل CUMMINS CGe 280 30 به تعداد ۵۱ د ستگاه، اتوبوس گاز سوز بنز ۴۵۷ مدل BENZ -OMG457 G OSG به تعداد ۵۱۳ د ستگاه، اتوبوس گاز سوز ژانگ تانک CUMMINS CGe 280 به تعداد ۱۳۰ د ستگاه، اتوبوس گازسوز شهاب مدل RENAULT MGDR0620 مدل ۹۳۱ دستگاه، اتوبوس برقی اشکودا مدل Tr15 به تعداد ۶۳ دستگاه (۱۰ دستگاه اتوبوس برقی در مدار هست) فعال و موجود می‌باشند.

جدول ۵-۴۹- مشخصات فنی انواع اتوبوس‌های درون‌شهری فعال در سطح شهر تهران

ردیف	نام اتوبوس	نوع اتوبوس	نوع سوخت	تعداد
۱)	بنز ۳۵۵	BENZ- OM355	دیزلی	۸۵
۲)	بنز O457	BENZ- OM457 LA	دیزلی	۹۶۱
۳)	مگاترانس	BENZ- OM457 LA	دیزلی	۵۴
۴)	شهاب	RENAULT MIDR 062045 C4	دیزلی	۳۵۴
۵)	شهاب BRT C2612	RENAULT MIDR 062045 D41	دیزلی	۲۴۰
۶)	کینگ لانگ	MAN D2066LOH12	دیزلی	۷۰۶
۷)	یانگ من	MAN D2866LOH28	دیزلی	۲۰۰
۸)	یوتانگ	MAN D2066LOH 34	دیزلی	۱۹۹
۹)	اسکانیا۳۱۱۲	SCANIA DC09 115	دیزلی	۳۵۰

۱۰)	آکیا	CUMMINS C300 20	دیزلی	۲۱۷
۱۱)	ژانگ تانگ	OM 457 LA	دیزلی	۳۴
۱۲)	زامیاد	IVECO F4AE0682H*C	دیزلی	۱۰۰
۱۳)	مان	MAN E2866LUH01	گازسوز	۹۴۹
۱۴)	آکیا	CUMMINS CGe 280 30	گازسوز	۵۱
۱۵)	بنز ۴۵۷	BENZ -OMG457 G OSG	گازسوز	۵۱۳
۱۶)	ژانگ تانگ	CUMMINS CGe 280 30	گازسوز	۱۳۰
۱۷)	شهاب	RENAULT MGDR062045I49	گازسوز	۹۳۱
۱۸)	اشکودا	Tr15	برقی	۶۳

در این فصل توان خروجی موتورها، گشتاور خروجی موتورها و سایر آیتم‌های مرتبط با پیشرانه‌های اتوبوس‌های فعال در سطح استان تهران و در سطح کشور نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

در گزارش مرحله آخر بطور مبسوط آثار زیست محیطی و آلودگی اتوبوس های درون شهری مورد مطالعه و تحلیل قرار خواهد گرفت. در جدول ۱-۵۰- مشخصات آماری اتوبوس های شهری تعدادی از شهرهای کلان کشور آورده شده است.

جدول ۵-۵۰-مشخصات آماری اتوبوس های شهری تعدادی از شهرهای کلان کشور

مشخصات آماری اتوبوس‌های شهری دیزلی و گازسوز- تهران				
ردیف	نام اتوبوس	نوع اتوبوس	نوع سوخت	**تعداد**
۱۹)	بنز ۳۵۵	BENZ- OM355	دیزلی	۸۵
۲۰)	بنز O457	BENZ- OM457 LA	دیزلی	۹۶۱
۲۱)	مگاترانس	BENZ- OM457 LA	دیزلی	۵۴
۲۲)	شهاب	RENAULT MIDR 062045 C4	دیزلی	۳۵۴
۲۳)	شهاب BRT C2612	RENAULT MIDR 062045 D41	دیزلی	۲۴۰
۲۴)	کینگ لانگ	MAN D2066LOH12	دیزلی	۷۰۶
۲۵)	یانگ من	MAN D2866LOH28	دیزلی	۲۰۰
۲۶)	یوتانگ	MAN D2066LOH 34	دیزلی	۱۹۹

۲۷)	اسکانیا۳۱۱۲	SCANIA DC09 115	دیزلی	۳۵۰
۲۸)	آکیا	CUMMINS C300 20	دیزلی	۲۱۷
۲۹)	ژانگ تانگ	OM 457 LA	دیزلی	۳۴
۳۰)	زامیاد	IVECO F4AE0682H*C	دیزلی	۱۰۰
۳۱)	مان	MAN E2866LUH01	گازسوز	۹۴۹
۳۲)	آکیا	CUMMINS CGe 280 30	گازسوز	۵۱
۳۳)	بنز ۴۵۷	BENZ -OMG457 G OSG	گازسوز	۵۱۳
۳۴)	ژانگ تانگ	CUMMINS CGe 280 30	گازسوز	۱۳۰
۳۵)	شهاب	RENAULT MGDR062045I49	گازسوز	۹۳۱
۳۶)	اشکودا	Tr15	برقی	۶۳

مشخصات آماری اتوبوس‌های شهری دیزلی- اصفهان

شرح	GOLDEN DRAGON	اسکانیا	بنز	ژانگ تانگ	سپهر	شهاب	کینگ لانگ	مجموع
تعداد اتوبوس‌های شهری دیزلی	4	191	424	191	200	204	44	1258

مشخصات آماری توبوس‌های شهری گازسوز- اصفهان

شرح	GOLDEN DRAGON	اسکانیا	بنز	ژانگ تانگ	سپهر	شهاب	کینگ لانگ	مجموع
تعداد اتوبوس‌های شهری گازسوز	-	-	123	-	-	-	-	123

مشخصات آماری اتوبوس‌های شهری گازسوز- شیراز

شرح	اسکانیا دیزل	بنز ۳۵۷ دیزل	بنز O457 دیزل	مگاترانس دیزل	هیوندای کروز دیزل	یوتونگ دیزل	اسکانیا گازسوز	مجموع
تعداد اتوبوس‌های شهری دیزلی و گازسوز	۷۵	۱۰	۱۸۵	۲۰	۶۴	۳۲۹	۱۹۷	۸۸۰

مشخصات آماری اتوبوس‌های شهری دیزل و گازسوز- مشهد						
شرح	اسکانیا ۳ محور دیزل	اسکانیا ۲ محور دیزل	ایکاروس تک کابین دیزل	بنز پنج‌تن دیزل	بنز لیلاندی دیزل	بنز مدیفاید ۳۵۵ دیزل
تعداد اتوبوس‌های شهری دیزلی و گازسوز	۲۰۱	۵۲۹	۲	۱	۱۱۰	۱

مشخصات آماری اتوبوس‌های شهری دیزل و گازسوز- مشهد								
شرح	بنز مدیفاید ۴۵۷ دیزل	بنز مدیفاید ۴۵۷ گازسوز	بنز۳۵۵- موتوراسکانیا گازسوز	شهاب موتور بنز دیزل	شهاب موتور رنو دیزل	مان۳۵۵ گازسوز	مگاترانس ۴۵۷ دیزل	اسکانیا دیزل	مجموع
تعداد اتوبوس‌های شهری دیزلی و گازسوز	۱۰۷	۲۵۴	۲۵۴	۱	۱	۱۵۰	۷۱	۱۵۵	۲۲۲۵

لازم بذکر است که با توجه به استعلامات انجام گرفته از وزارت کشور پاسخی در خصوص دلایل انتخاب نوع اتوبوس ها دریافت نگردیده ا ست ضمنا سازمان اتو سورانی تهران در خ صوص اتخاذ این نوع سیا ست ها اعلام بی اطلاعی نموده است. ضمناً عوامل تاثیر گذار بر اتخاذ سیاست های یاده شده در فصل بعدی بر اساس مراجع مختلف آورده شده ا ست. ولی با برر سی های بعمل آمده بنظر می ر سد که بعلت ارزان بودن انرژی های فسیلی من جمله گازوئیل و گاز در داخل کشور و فراوانی و در دسترس بودن این نوع سوخت ها مسئولان امر بیشتر دیدگاه استفاده از اتوبوس های دیزلی و گازسوز را در داخل کشور دارند.

فصل ۶ بررسی اسناد، سیاست ها و چشم انداز ملی پیشرانه‌های اتوبوس شهری

۶ ۱ مقدمه

در این بخش مروری بر سیاست ها و چشم اندازهای حمل و نقل در برنامه سوم توسعه کشور و نیز شهر تهران از سال ۱۳۹۸ الی ۱۴۰۲ خواهیم داشت سپس در ادامه مواد مصوب حمل و نقل ترافیک شهر تهران، اهداف، راهبردها و سیاست های حمل و نقل تهران، ارزیابی سیاست های حمل و نقل شهری ایران و تحلیل محتوای مصوبات شورای عالی هماهنگی ترافیک شهر تهران، ا ستانداردهای مرتبط با صنعت حمل و نقل مورد برر سی قرار خواهد گرفت. در ادامه نیز مروری کلان نگر بر حمل و نقل درون و برون شهری کشور ، قوانین بالاد ستی حمل و نقل عمومی کشور، سیاست های کلی نظام در بخش حمل و نقل کشور، قانون تاسیس شرکت اتوبوسرانی عمومی در شهرها و آیین نامه مصوب، مشخصات اتوبوس های عمومی مسافربری درون و برون شهری کشور، مستندات طرح و مستندات جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فر سوده دیزلی درون شهری با اتوبوس های گاز سوز، د ستورالعمل اندازه گیری و صحه گذاری طرح مشخصات فنی اتوبوس های گازسوز طرح جایگزینی، مصوبه شورای عالی اقتصاد در خصوص طرح جایگزینی، جدول زمانبندی سرمایه گذاری و بازپرداخت نو سازی طرح جایگزینی، آیین نامه ا ستفاده از ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید طرح جایگزینی، لیست طرح های اجرایی مرتبط با ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید مورد بررسی قرار خواهد گرفت در انتها عملکرد و سیاست های سازمان اتوبوسرانی شهر تهران، امکان سنجی طرح احداث سامانه اتوبوس تندرو شهری و حومه ای (تهران- کرج)، انعقاد تفاهم‌نامه برای ساخت ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری برای تهران مورد مطالعه قرار می گیرد. عوامل تاثیر گذار بر اتخاذ سیاست های یاده شده عبارتند از:[۵]، [۵۶] و [۵۶]

۱- کاهش آلودگی های زیست محیطی

۲- بهبود نظام حمل ونقل همگانی و کاهش ترافیک
۳- کاهش نابرابری ها و بهبود شاخص های عدالت اجتماعی در بخش حمل و نقل
۴- شاخص های اقتصادی، زیست محیطی، فناوری، سرمایه گذاری و تقاضا در بخش حمل و نقل کشور
۵- تحولات سیستمی، ساختاری و نرم افزاری در بخش حمل و نقل
۶- رفع چالش ها و بحران های نظام حمل و نقل فعلی کشور
۷- مدیریت مصرف سوخت کشور در بخش حمل و نقل (کاهش مصرف انرژی در بخش حمل و)
۸- ملاحظات اقتصادی، دفاعی، امنیتی و ایمنی
۹- افزایش بهره وری تا رسیدن به سطح عالی از طریق پیشرفت و بهبود روش های حمل و نقل و مدیریت منابع انسانی و اطلاعات
۱۰-کاهش آسیب های اجتماعی، بهبود سامت شهری و دستیابی به انسجام و پایداری فرهنگی و اجتماعی
۱۱-بررسی و بازخوانی اسناد بالادست اعم از سیاست های کلی ابلاغی توسط مقام معظم رهبری، برنامه ششم توسعه و طرح های جامع و تفصیلی شهر تهران وشناسایی الزامات و قواعد راهنمای آنها برای توسعه شهر تهران.
۱۲-انجام مطالعات تطبیقی و مقایسه شاخص های کلیدی توسعه شهر تهران با سایر کلان شهرهای جهان بر اساس سنجش ها و گزارش های سازمان های معتبر بین المللی.
۱۳-آینده پژوهی و شناسایی کلان روندهای تأثیرگذار بر توسعه شهر تهران در سطوح جهانی، ملی و فرا شهری.
۱۴-مطالعات آمایش سرزمین و بررسی تعاملات شهر تهران با محیط پیرامونی و سرریزهای اقتصادی، اجتماعی و جمعیتی.
۱۵-مطالعات تحلیل روندها و ویژگ یهای اقتصادی، اجتماعی، جمعیتی و زیست محیطی شهر تهران و شناسایی روندهای نگرا ن کننده و نیز شناسایی قابلیت هاو ظرفیت های انسانی، علم و فناوری و اقتصادی موجود در شهر برای حل این مسائل.
۱۶-بکارگیری روش های تلفیقی از پیمایش عمومی شناسایی دیدگاه ها و ارزیابی های شهروندان تا گفتگوهای عمیق با صاحب نظران، انجمن ها و نهادهای مدنی و تخصصی، کارشناسان و مدیران شهری و نشست های هم اندیشی نخبگان و نیز دریافت و تحلیل دیدگاه ها و انتظارات ذی نفعان شهری
۱۷-بررسی و بازخوانی سند برنامه دوم توسعه شهر تهران، عملکرد آن و آسیب شناسی فرایند تدوین، محتوا و چگونگی اجرای آن و میزان تحقق اهداف این برنامه
۱۸-تجارب جهانی در حل مسائل شهری در کلانشهرهای مهم.
۱۹-توسعه زیرساخت ها و سامانه های هوشمند حمل ونقل و ترافیک
۲۰-مدیریت، کنترل، تجمیع و بازیابی داده های ترافیکی و توسعه زیر ساخت سیستم های هوشمند در جهت ارتقاء، توسعه و بهبود کیفیت و عملکرد سامانه ها به لحاظ کمی و کیفی و مدیریت و یکپارچه سازی اطلاعات ترافیکی جهت ارتقاء بهره وری سامانه های حمل و نقل غیر ریلی
۲۱-راندمان پایین ، کیفیت نامناسب خودروهای موجود و نارضایتی مصرف کنندگان در بخش حمل و نقل عمومی کشور
۲۲-افزایش سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای شهرهای کشور

۲۳-کاهش انتشار آلاینده های ناشی از مصرف نفت گاز
۲۴-ارتقاء سطح کیفی خدمت رسانی به شهروندان
۲۵-جلوگیری از هدر رفت نفت گاز و بهینه سازی مصرف سوخت

۶ ۲ استانداردهای مرتبط با صنعت حمل و نقل

استانداردهای حمل و نقل شامل مجموعاً ۸ استاندارد می باشد که در قالب۴ زیرگروه طبقه بندی شده اند. زیر مجموعه های این بخش عبارتند از: خودرو سبک، خودرو سنگین، موتورسیکلت و سوخت که در ردیف دوم جدول ۶-۱ می توان استاندارد مرتبط با موتور اتوبوس های گازسوز درون شهری را مشاهده نمود.

جدول ۶-۱- لیست استانداردهای بخش حمل و نقل[۵۸]

دسته بندی ها	ردیف	عنوان محصول	عنوان محصول	شماره استاندارد ملی	تاریخ تدوین	تاریخ تصویب	تاریخ اولین اعلام اجباری	تاریخ آخرین اعلام اجباری	تاریخ آخرین بازنگری
خودروی سبک	۱	خودروهای سبک (بنزینی، دیزلی و دوگانه سوز)	خودروهای سبک (بنزینی، دیزلی و دوگانه سوز) مصرف سوخت- تعیین معیار انتشار دی اکسید کربن و دستور العمل برچسب انرژی	۴۲۴۱-۲	۸۲	۹۴	۸۳	۹۴	۹۴
خودروی سنگین	۲	موتور اتوبوس های گاز سوز	موتور اتوبوس های گاز سوز- تعیین معیار مصرف سوخت	۲۱۵۴۶	۹۵	۹۵	اعلام اجباری نشده	اعلام اجباری نشده	۹۵
	۳	موتورهای دیزلی و خودروهای سنگین و نیمه سنگین جاده‌ای و خارج جاده‌ای و ماشین آلات راهسازی، ساختمانی، معدنی و کشاورزی	موتورهای دیزلی خودروهای سنگین و نیمه سنگین جاده‌ای و خارج جاده‌ای و ماشین آلات راهسازی، ساختمانی، معدنی و کشاورزی-تعیین معیار مصرف سوخت و دستور العمل برچسب انرژی	۸۳۶۱	۸۳	۹۳	۸۳	۹۴	۹۴ تجدید نظر دوم
موتورسیکلت	۴	موتورسیکلت برقی	موتورسیکلت ها و موپدهای برقی - عملکرد - قسمت ۲: مشخصه‌های عملیاتی جاده	۱۸۳۷۳-۲	۹۳	۹۳			
	۵	موتورسیکلت‌ها	موتورسیکلت‌ها - مصرف سوخت، تعیین معیار انتشار دی اکسید کربن و دستورالعمل برچسب انرژی	۶۶۲۶-۲	۸۲	۹۴	۸۳	۹۴	۹۴
سوخت	۶	بنزین موتورهای درون سوز	فرآورده‌های نفتی- سوخت- بنزین موتورهای درون سوز-ویژگی ها	۴۹۰۴	۷۷	۸۷			۸۷
	۷	نفت گاز	فرآورده‌های نفتی-سوخت-نفت گاز-ویژگی‌ها	۴۹۰۳	۷۷	۸۷			۸۷
	۸	گاز طبیعی فشرده به عنوان سوخت خودرو	گاز طبیعی-گاز طبیعی فشرده به عنوان سوخت خودرو قسمت اول: مشخصات کیفی	۶۷۵۰-۱	۸۲	۸۸			۸۸

۶ ۳ استانداردهای مرتبط با آلایندگی

استانداردهای آلایندگی اروپا میزان بیشینه مجاز برای انتشار گازهای آلاینده خودروهای نو که در کشورهای اتحادیه اروپا فروخته می‌شوند را، تعریف می‌کند. این استاندارد، انتشار اکسیدهای نیتروژن(NOx) ، هیدروکربن‌ها(THC) ، هیدروکربن‌های بدون متان(NMHC) ، منوکسید کربن (CO) و ذرات معلق (PM) را دربردارد. برای گونه‌های

مختلف خودرو استانداردهای گوناگونی در نظر گرفته می‌شود. استاندارد بودن یک موتور با تست موتور در یک چرخه آزمون معین، استاندارد ملی بشماره ۲۱۵۴۶ (موتور اتوبوس های گاز سوز) و استاندارد بشماره ملی ۸۳۶۱ (موتورهای دیزلی خودروهای سنگین) و استاندارد اتحادیه اروپا به شرح جدول ۳-۲-، بررسی می‌شود.

جدول ۶-۲- استاندارد آزمون اتحادیه اروپا

EU Emission Standards for HD Diesel Engines, g/kWh (smoke in m^{-1})

ردیف	تاریخ	Test cycle	CO	HC	NO_x	PM	دود
Euro I	1992, <85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992,> 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	اکتبر ۱۹۹۶		4.0	1.1	7.0	0.25	
	اکتبر ۱۹۹۸		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	*October 1999 EEVs only*	*ESC & ELR*	*1.0*	*0.25*	*2.0*	*0.02*	*0.15*
	اکتبر ۲۰۰۰	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13*	0.8
Euro IV	اکتبر ۲۰۰۵		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	اکتبر ۲۰۰۸		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
Euro VI	ژانویه ۲۰۱۳		1.5	0.13	0.4	0.01	

موتورهایی که با این استاندارد مطابقت نداشته باشند قابل فروش در اتحادیه اروپا نمی باشند . استانداردهای جدید برای خودروهای قبلی اعمال نمی‌شود و هیچ اجباری برای به کارگیری یک تکنولوژی خاص وجود ندارد؛ اگرچه برای تعیین استاندارد، قابلیت‌های تکنولوژی‌هایی که در دسترس هستند در نظر گرفته می‌شود. مدل‌های کاملاً جدید تکنولوژی باید آخرین استانداردها را رعایت کنند، اما تغییر اندک در یک تکنولوژی که در حال تولید است می‌تواند با همان استاندارد قبلی کار نماید. در اتحادیه اروپا حمل و نقل جاده‌ای ۲۰٪ از کل CO2 را منتشر می‌کنند، که سهم خودروهای سواری در آن ۱۲٪ می باشد. در پیمان کیوتو، کاهش ۸ درصدی از سال ۱۹۹۰تا سال ۲۰۱۲ برای انتشار این گاز تعیین شده‌است. نسبت مشارکت حمل و نقل جاده‌ای برای انتشار گاز CO2 به تندی رو به افزایش، از ۲۱٪ در سال ۱۹۹۰ تا ۲۸٪ در سال ۲۰۰۴، اما تاکنون هیچ محدودیتی برای انتشارCO2 برای خودروها تعیین نشده‌است. امروزه سهم حمل و نقل جاده‌ای اروپا در انتشار این گاز نسبت به کل انتشار در دنیا ۳/۵٪ است. مراحل و چارچوب قانونی استاندارد آلایندگی در اتحادیه اروپا عبارتند از استانداردهای سوخت یورو ۱، یورو ۲، یورو ۳، یورو ۴ و یورو ۵ برای خودروهای سبک. برای خودروهای سنگین به جای عدد از شماره های رومی استفاده می‌شود (یوروI ، یورو II و غیره). خلاصه‌ای از استانداردها، زمان اجرا در اتحادیه اروپا و وسایل نقلیه هدف در ادامه آمده است:

- یورو ۱ (۱۹۹۳) برای خودروهای سواری و تراکتورهای سبک
- یورو ۲ (۱۹۹۶) برای موتور سیکلت
- یورو ۳ (۲۰۰۰) برای موتور سیکلت

- یورو ۴ (۲۰۰۵) برای همه وسایل نقلیه
- یورو ۵ (۲۰۰۸) برای وسایل نقلیه مسافری وتجاری سبک
- یورو ۶ (۲۰۱۴) برای وسایل نقلیه مسافری وتجاری سبک

دولت جمهوری اسلامی ایران در راستای حفاظت از محیط زیست و جلوگیری از آلودگی هوا، جدول زمانی استاندارد حد مجاز آلایندگی انواع خودروهای بنزینی، گازوئیلی و دوگانه سوز ساخت داخل و وارداتی و موتورسیکلت‌ها را تعیین نموده است. همه خودروسازان مکلف بودند از ۲۹ دی ماه ۱۳۹۰ تا پایان سال ۹۱ استاندارد تولید خودرو خود را از یورو ۲ به یورو ۴ ارتقا دهند. پیش از این بنابر مصوبه قبلی در سال ۱۳۸۴ هیات وزیران برای خودروهای سبک و سنگین تا سال ۱۳۸۸ یورو ۲، از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ یورو ۳ و از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ یورو ۴ در نظر گرفته شده‌بود. به همین منظور پروژه‌های افزایش کیفیت سوخت، تعریف و در حال اجرا می‌باشند و قرار است به تدریج محصولات با کیفیت EU IV (یورو ۴) و EU V)(یورو ۵) به بازار عرضه شود و مقرر گردیده حداقل به میزان ۸ میلیون لیتر در روز سوخت مطابق با یورو ۵ در تهران در جایگاه‌های سوخت عرضه شود در این صورت میزان بنزن موجود در بنزین و گوگرد موجود در گازوییل نیز بسیار کاهش می‌یابد. در جدول ۶-۳ به معرفی انواع سطوح استاندارد الایندگی Euro برای موتورهای دیزلی وگازسوز مورد کاربرد در اتوبوس ها و خودروهای سنگین پرداخته شده است. **[۵۶]**

جدول ۶-۳- استاندارد معیارهای آلایندگی برای اتوبوس ها و وسایل نقلیه سنگین

Particulate matter	Nitrogen oxides	Methane	Non-methane hydrocarbons	Hydro-carbons	Carbon monoxide	نوع موتور	سطح آلایندگی و زمان اعمال آن	
PM (g/kWh)	NOx (g/kWh)	CH4 (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	HC (g/kWh)	CO (g/kWh)			
0.01	0.4	-	-	0.13	1.5	موتور دیزلی	2014	Euro VI
0.01	0.46	0.5	0.16	-	4	موتور گاز سوز		
0.02	2	-	-	0.46	1.5	موتور دیزلی	2008	Euro V
0.03	2	1.1	0.55	-	4	موتور گاز سوز		
0.02	3.5	-	-	0.46	1.5	موتور دیزلی	2005	Euro IV
0.03	3.5	1.1	0.55	-	4	موتور گاز سوز		
0.1	5	-	-	0.66	2.1	موتور دیزلی	2000	Euro III
0.16	5	1.6	0.78	-	5.45	موتور گاز سوز		
0.15	7	-	-	1.1	4	موتور دیزلی	1996	Euro II
0.36	8	-	-	1.1	4.5	موتور دیزلی	1991	Euro I
-	14.4	-	-	2.4	11.2	موتور دیزلی	1988	Euro 0

بنابر تصویب نامه هیات وزیران ، جلسه مورخه ۱۳۹۴/۱/۳۰ شماره گذاری کلیه خودروهای سنگین و نیمه سنگین دیزلی درون شهری وارداتی که اتوبوس های درون شهری نیز شامل این موضوع نیز می باشند منوط به رعایت استاندارد یورو ۶ و یا استاندارد یورو ۴ بهمراه نصب فیلتر جاذب ذرات معلق (DPF) از تاریخ ۱۳۹۵/۷/۱ به بعد می باشند. جدول زمانی استاندارد حد مجاز آلایندگی خوروهای سنگین و نیمه سنگین دیزلی و بنزینی ساخت داخل که اتوبوس های درون شهری نیز شامل این موضوع می باشند به شرح جدول ۶-۴ تعیین می گردد.

جدول ۶-۴-جدول زمانی استاندارد حد مجاز آلایندگی خوروهای سنگین و نیمه سنگین دیزلی و بنزینی ساخت داخل

دوره زمانی	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
خودروهای سنگین و نیمه سنگین	Euro III		Euro IV			استاندارد روز اتحادیه اروپا			

لازم بذکرست که خودروهای جدید (پلت فرم جدید) تولید داخل باید دو سال زودتر از دوره زمانی جدول ۶-۴ با استانداردهای تعیین شده انطباق پیدا نمایند. همچنین شرکت های تولید کننده خودروهای پایه گازسوز و دوگانه سوز موظفند از ابتدای سال ۱۳۹۵، استاندارد آلایندگی یورو ۴ را در تولید محصولات خود رعایت نمایند.[۵۹]

۶ ۴ سیاست ها و چشم اندازهای حمل و نقل در برنامه سوم توسعه شهر تهران ۱۳۹۸-۱۴۰۲

۶ ۴ ۱ مواد مصوب حمل و نقل ترافیک شهر تهران

مطابق ماده ۵۲ مصوبه حمل و نقل ترافیک شهر تهران، شـ ـهرداری موظف اسـ ـت به منظور تامین منابع پایدار در انجام طرح های حمل و نقل شـهری، و به منظور تجمیع، تقویت و تخصـیص بهینه منابع مالی مربوط به حمل و نقل همگانی، ترافیک و کاهش آلودگی کلان شـهر تهران و تامین منابع مالی پایدار در بازار سرمایه و انجام پروژه های م شارکتی عمومی- خ صو صی، صندوق تو سعه و بهبود حمل و نقل و ترافیک و کاهش آلودگی هوا را تا سیس نماید و اساسنامه صندوق مذکور باید در سال نخست برنامه جهت تصویب به شورای اسلامی شهر تهران ارائه شود. همچنین توسـعه و سـاماندهی مجتمع های ایسـتگاهی به منظور تامین منابع احداث خطوط مترو با رویکرد توسـعه شهری مبتنی بر حمل ونقل همگانی را مدنظر قرار دهد. همچنین مطابق ماده ۵۳ م صوبه حمل و نقل ترافیک شهر تهران، شـ ـهرداری موظف اسـ ـت به منظور توسـ ـعه و ارتقاء بهره وری حمل و نقل همگانی اقدامات زیر از جمله الف) تکمیل و توسـ ـعه سـ ـامانه های ریلی با تاکید بر ارتقاء بهره وری سامانه های ریلی موجود و در دست احداث ب) تکمیل و اصالح خطوط اتوبوس تندرو در شهر تهران براساس نتایج مطالعات طرح جامع حمل و نقل و ترافیک ج) بازطراحی شـبکه تغذیه کننده در سـطوح مختلف سـیسـتم های حمل و نقل همگانی انبوه بر مترو و BRT تا پایان سال دوم برنامه را انجام دهد. از سویی مطابق ماده ۵۴ م صوبه حمل و نقل ترافیک شهر تهران ، شهرداری موظف ا ست به منظور جلب م شارکت بخش خ صو صی در انجام خدمات حمل و نقل شهری اقدامات زیر از جمله الف) رفع موانع قانونی و اجرایی مشـ ـارکت فعال بخش خصوصی در سـ ـرمایه گذاری، طراحی و اجرا و بهره برداری از طرح های حمل و نقلی ب) واگـذاری بهره برداری حداقل یکی از خطوط متروی تهران به بخش خصوصی تا پایان برنامه ج) واگذاری بهره برداری حداقل یکی از پایانه های برون شـهری به بخش خصـوصـی تا پایان برنامه د) اصـلاح فرآیندهای مدیریت تاکسـیرانی با تقویت جایگاه مقررات گذاری و نظارت بر فعالیت بخش خصـوصـی را انجام دهد. همچنین مطابق ماده ۵۷ مصوبه حمل و نقل ترافیک شهر تهران ، شـ ـهرداری موظف است به منظور توسعه و ارتقاء سامانه ها و زیر ساخت -های هوشمند حمل و نقل اقداماتی از جمله الف) توسعه زیرساخت ها و سامانه های هوشمند حمل ونقل و ترافیک؛ ب)۲- مدیریت، کنترل، تجمیع و بازیابی داده های ترافیکی و توسعه زیر ساخت سیستم های هوشـمند در جهت ارتقاء، توسـعه و بهبود کیفیت و عملکرد سـامانه ها به لحاظ کمی و کیفی و مدیریت و یکپارچه سازی اطلاعات ترافیکی جهت ارتقاء بهره وری سامانه های حمل و نقل غیر ریلی را انجام دهد. [۶۰]

۶ ۴ ۲ اهداف، راهبردها و سیاست های حمل و نقل تهران

گزارش پی شرو چکیده ای از "برنامه پنج ساله سوم (۱۳۹۸ تا ۱۴۰۲) شهرداری تهران ا ست که تو سط کمیته حمل و نقل با محوریت موضـوع کلیدی "ترافیک، عبور و مرور روان و توسـعه شـبکه حمل و نقل عمومی" مصـوبه

شورای اسلامی شهر تهران، تهیه و تدوین گردیده است .در جدول ذیل شاخص ها و اهداف کلی سیاست های حمل و نقل شهر تهران در موضوعات کلان من الجمله اتوبوس به تفصیل ارائه گردیده است.

همانگونه که از جدول ۶-۵پیدا ست سهم سفر اتوبو سرانی تهران از کل سفرهای درون شهری در سال ۱۳۹۸ معادل ۱۶٪، در سال ۱۳۹۹ معادل ۱۶/۵ ٪، در سال ۱۴۰۰ معادل ۱۶/۵ ٪ ، در سال ۱۴۰۱ معادل ۱۷/۵ ٪ و در سال ۱۴۰۲ معادل ۱۸٪ پیش بینی و برآورد می گردد. همچنین در جدول ۶-۵ مشاهده می گردد که متوسط سن ناوگان اتوبوسرانی شهر تهران در سال ۱۳۹۸ معادل ۱۰ سال، در سال ۱۳۹۹ معادل ۹ سال، در سال ۱۴۰۰ معادل ۸ سال، در ســـال ۱۴۰۱ معادل ۷ ســـال و در ســـال ۱۴۰۲ معادل ۶ ســـال پیش بینی و برآورد می گردد. بنابراین می توان ا ستنتاج نمود که در سال های آتی متو سط سن ناوگان اتوبو سرانی شهر تهران با افزایش ورود اتوبوس های جدید، کاهش خواهد یافت. [۶۰]

جدول ۶-۵- **شاخص ها و اهداف کلی سیاست های حمل و نقل تهران- مورخ ۱۳۹۷/۰۷/۳ [۶۰]**

ردیف	شاخص	واحد / نحوه محاسبه	وضع موجود	اهداف کمی				
				۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
۱	سهم سفر مترو از کل سفرهای درون شهری	درصد ((تجمعی))	۱۰	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸	۲۰
۲	سهم سفر اتوبوسرانی از کل سفرهای درون شهری	درصد ((تجمعی))	۱۶	۱۶	۱۶.۵	۱۷	۱۷.۵	۱۸
۳	سهم سفر تاکسیرانی، آژانس ها و شرکت های اینترنتی مسافری از کل سفرهای درون شهری	درصد ((تجمعی))	۲۳	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸.۵	۱۸
۴	میانگین سرعت سفر با حمل و نقل همگانی	کیلومتر بر ساعت ((تجمعی))	۲۵.۶	افزایش ۶ درصد نسبت به سال پایه	افزایش ۷.۵ درصد نسبت به سال پایه	افزایش ۹ درصد نسبت به سال پایه	افزایش ۱۲ درصد نسبت به سال پایه	افزایش ۱۵ درصد نسبت به سال پایه
۵	میانگین سرعت سفر درون شهری	کیلومتر بر ساعت ((تجمعی))	۲۴.۳۶	افزایش ۳ درصد نسبت به سال پایه	افزایش ۴ درصد نسبت به سال پایه	افزایش ۵ درصد نسبت به سال پایه	افزایش ۶.۵ درصد نسبت به سال پایه	افزایش ۸ درصد نسبت به سال پایه
۶	درصد کاهش سهم شبکه کند و بحرانی از کل شبکه نسبت به سال پایه	درصد ((تجمعی))	۳۴	کاهش ۸ درصدی نسبت به سال پایه (۳۱.۲۸)	کاهش ۱۰ درصدی نسبت به سال پایه (۳۰.۶)	کاهش ۱۲ درصدی نسبت به سال پایه (۲۹.۹۲)	کاهش ۱۸ درصدی نسبت به سال پایه (۲۸.۵۶)	کاهش ۲۰ درصدی نسبت به سال پایه (۲۷.۲)
۷	متوسط طول دسترسی پیاده به اولین ایستگاه حمل و نقل همگانی	متر ((تجمعی))	۰	کاهش فاصله بر اساس نتایج مطالعات	کاهش فاصله بر اساس نتایج مطالعات	کاهش فاصله بر اساس نتایج مطالعات	کاهش فاصله بر اساس نتایج مطالعات	۴۰۰

ردیف	شاخص	واحد / نحوه محاسبه	وضع موجود	اهداف کمی				
				۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
۸	متوسط سن ناوگان اتوبوسرانی	سال ((تجمعی))	۱۰.۶	۱۰	۹	۸	۷	۶
۹	متوسط سن ناوگان تاکسیرانی	سال ((تجمعی))	۶.۸	۶.۴	۶	۵.۷	۵.۴	۵
۱۰	تعداد اتوبوس های مجهز به فیلتر دوده از ناوگان موجود با قابلیت نصب فیلتر	دستگاه (سالانه)	۴۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰
۱۱	سطح پوشش پرداخت الکترونیک در سامانه تاکسیرانی	درصد ((تجمعی))	۱	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
۱۲	سطح پوشش شبکه معابر پر تردد به دوربین های نظارت تصویری	درصد ((تجمعی))	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
۱۳	سطح پوشش سامانه های ثبت تخلف در شبکه بزرگراهی	درصد ((تجمعی))	۳۰	۳۸	۴۶	۵۴	۶۲	۷۰
۱۴	تعداد تقاطع های اولویت دار مجهز به سامانه های هوشمند	تقاطع (سالانه)	۵۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۵	فضاهای پارک حاشیه‌ای تحت پوشش مکانیزه	فضای پارک (سالانه)	۱۵,۰۰۰	۲۱,۰۰۰	۲۱,۰۰۰	۲۱,۰۰۰	۲۱,۰۰۰	۲۱,۰۰۰

ردیف	شاخص	نحوه محاسبه / واحد	وضع موجود	اهداف کمی				
				۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
۱۶	طول خطوط متروی بهره‌برداری شده در برنامه پنج ساله شامل خطوط ۶ و ۷ و توسعه خطوط موجود	کیلومتر ((تجمعی))	۲۱۱	پس از اتمام مطالعات بازنگری طرح جامع حمل و نقل				
۱۷	سرفاصله زمانی در خطوط مترو در بازه اوج صبح	دقیقه ((تجمعی))	۵.۲	۴.۵	۴	۳.۵	۳	۲.۵
۱۸	سرفاصله زمانی سامانه اتوبوسرانی در بازه اوج صبح	دقیقه ((تجمعی))	۷	۷	۶.۵	۶	۵.۵	۵
۱۹	ضریب جذب خودروهای دارای پلاک تهران در مراکز معاینه فنی	درصد ((تجمعی))	۶۰	۶۴	۶۸	۷۲	۷۶	۸۰

- در ۶ ماهه دوم سال ۱۳۹۷ محاسبه و در برنامه درج خواهد شد.

۶ ۵ فعالیت های پژوهشی در خصوص حمل و نقل عمومی از سال ۱۳۸۹ تا بکنون در شهر تهران

فعالیت ها، مطالعات و تحقیقاتی که در خصوص سیستم حمل و نقل عمومی شهر تهران توسط شرکت واحد اتوبوسرانی شهر تهران از سال ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۷ انجام گرفته به شرح جدول ۶-۶ می باشد.

جدول ۶-۶- فعالیت های پژوهشی از سال ۱۳۸۹ تابکنون [۶۰]

ردیف	عنوان پژوهش	تاریخ انجام پژوهش
۱)	قرارداد واگذاری غیر انحصاری خدمات و بهره برداری از سیستم منطقه ای حمل و نقل عمومی درون شهری	۸۹
۲)	مطالعات تحلیل و ساماندهی خط سامانه تندرو ۲ به همراه ۸۰ کیلومتر خطوط جانبی آن	۹۰
۳)	پروژه سیستم اطلاعات اتوبوس(BIS)	۹۰
۴)	مطالعات طراحی شبکه فیدر اتوبوسرانی شهر تهران	۹۱
۵)	امکان سنجی ایجاد خطوط گردشی در محدوده مرکزی شهر تهران	۹۱
۶)	راه اندازی خط عمومی جدید از شهرک ولیعصر به میدان بهداری	۹۱
۷)	امکان سنجی واگذاری خطوط ۲۷۲۱ - ۲۷۱۶ - ۲۷۱۳ - ۲۷۱۱ به شرکتهای خصوصی	۹۱
۸)	مطالعات مهندسی مجدد خطوط بخش خصوصی اتوبوسرانی تهران	۹۱
۹)	ارائه خدمات مشاوره جهت واگذاری خطوط اتوبوسرانی به بخش خصوصی	۹۴

۱۰)	بررسی شیوه واگذاری خدمات حمل و نقل عمومی	۹۴
۱۱)	انجام فعالیت های پژوهشی به منظور تدوین و ارائه بسته سرمایه گذاری جلب مشارکت بخش خصوصی در سرمایه گذاری و بهره برداری از خطوط اتوبوسرانی	۹۵
۱۲)	انجام پژوهش در زمینه برآورد تقاضای مسافر خطوط اتوبوسرانی تهران	۹۵
۱۳)	برآورد ناوگان بهینه مورد نیاز خطوط	۹۵
۱۴)	مشاوره نرم افزار آنالیز شبکه حمل و نقل اتوبوسرانی تهران	۹۶
۱۵)	قرارداد بازسازی، بهره برداری و تملک) ROO) اتوبوس های دوکابین	۹۶
۱۶)	ارزیابی مالی و اقتصادی سرمایه گذاری بخش خصوصی در پروژه های اتوبوسرانی	۹۶
۱۷)	مطالعات پژوهشی انتخاب نوع ناوگان مناسب(دیزل، گازسوز، برقی، هیبریدی)	۹۷
۱۸)	قرارداد تدوین برنامه راهبردی – عملیاتی و نقشه راه شرکت واحد اتوبوسرانی شهر تهران	۹۷

۶ ۶ مروری کلان نگر بر حمل و نقل شهری کشور

براساس داده های اقتصاد کلان حمل و نقل درون و برون شهری بانک مرکزی و مرکز آمار و سازمان مدیریت کشور درصد سهم گروه های مختلف هزینه حمل و نقل از متوسط هزینه ناخالص سالانه یک خانوار در ایران در سال ۱۳۹۳ معادل ۱۰/۴ ٪ می با شد. بخش حمل و نقل دارای سهم بالایی نسبت به متو سط هزینه ناخالص سالانه یک خانوار در ایران در سال ۱۳۹۳بوده که این نشان از توجه بالا به این مقوله خواهد بود.[۵۵]

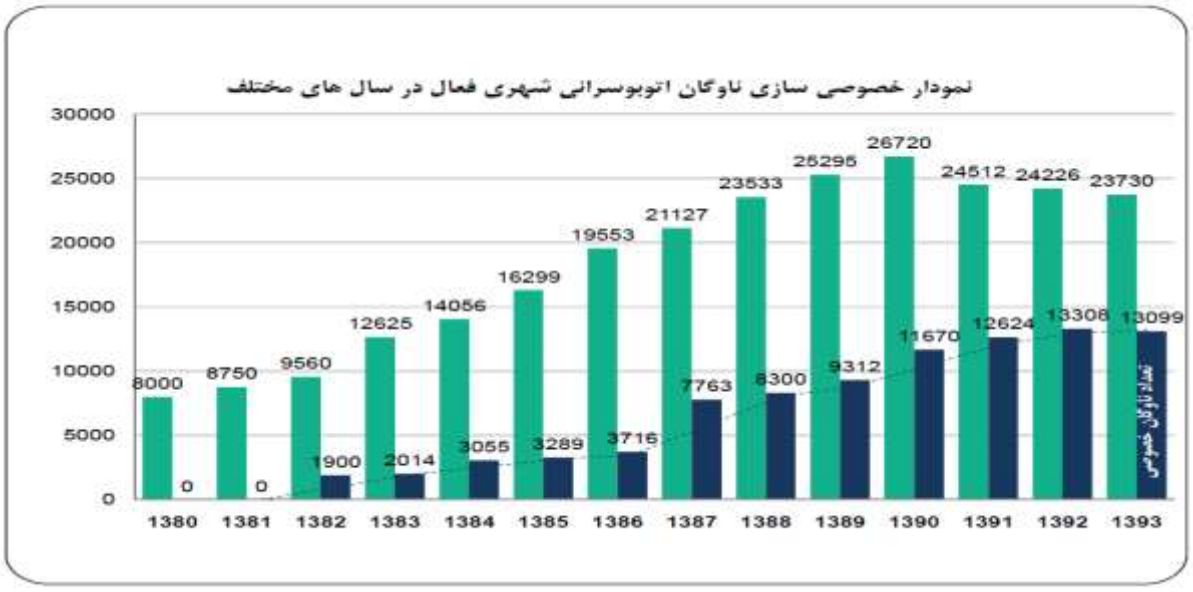
همانگونه که در **جدول ۶-۷** مشخص می باشد تعداد کل اتوبوس های درون و برون شهری خطی در سال ۱۳۹۳ در سطح کشور معادل ۲۴۲۵۶ دستگاه می باشد. همچنین نسبت تعداد اتوبوس فعال در کلانشهر های همانند تهران، اصفهان، شیراز، مشهد و تبریز به نسبت ناوگان شهرها معادل ۶۰٪ برآورد گردیده و نسبت تعداد اتوبوس های واگذار شده به بخش خصوصی به کل ناوگان معادل ۵۵٪ می باشد. در ناوگان اتوبوسرانی کشور ۷۷٪ مصرف سوخت گازوئیل و ۲۳٪ مصرف سوخت گاز می باشد.تعداد کل اتوبوس های شهری غیر خطی نظارت نشده در سطح کل کشور ۲۴۲۵۶ دستگاه برآورد گردیده است. میزان پیمایش روزانه ناوگان اتوبوس ها، مینی بوس ها و میدل بوس های فعال، میزان مسافر جابجا شده روزانه، می زان کل مصرف گازوئیل و نیز میزان مصرف گاز مصرفی اتوبوس های فعال در سطح کل کشور به ترتیب معادل ۹ میلیون کیلومتر، ۱۸ میلیون نفر، ۲/۵ میلیون لیتر و ۰/۹ میلیون کیلوگرم. [۵۶]

جدول ۶-۷- وضعیت ناوگان اتوبوسرانی شهری کشور و تعداد اتوبوس های مورد نیاز جهت نوسازی ناوگان شهری[۵۶]

وضعیت ناوگان در بخش اتوبوس، مدیبوس و مینی بوس رانی شهری و حومه ای کشور

شاخص	میزان
تعداد کل اتوبوس درون شهری خطی در کشور	۲٤۲٥٦ دستگاه
نسبت تعداد اتوبوس فعال در کلانشهرها به نسبت کل ناوگان شهرها	٪٦۰
نسبت تعداد اتوبوس های واگذار شده به بخش خصوصی به کل ناوگان	٪٥٥
وضعیت مصرف سوخت در ناوگان اتوبوسرانی	٪۷۷ گازوئیل سوز ٪۲۳ گاز سوز
تعداد کل مدیبوس و مینی بوس تحت نظارت در کشور	۱۱۰٦٦ دستگاه
تعداد کل اتوبوس شهری و حومه ای غیرخطی نظارت نشده در کشور	۲٤۲٥٦ دستگاه
تعداد کل مدیبوس و **مینی بوس** شهری و حومه ای غیرخطی نظارت نشده در کشور	۲٤۲٥٦ دستگاه
ضریب متوسط فعالیت ناوگان	٪۹٥
میزان پیمایش روزانه ناوگان اتوبوس، مدیبوس و مینی بوس فعال کشور	حدود ۹ میلیون کیلومتر
میزان مسافر جابجا شده روزانه با اتوبوس، مدیبوس و مینی بوس فعال در کشور	حدود ۱۸ میلیون مسافر
میزان کل مصرف روزانه گازوئیل اتوبوس، **مدیبوس** و مینی بوس های فعال کشور	حدود ۲/٥ میلیون لیتر
میزان گاز مصرفی روزانه اتوبوس های فعال در کشور	حدود ۰/۹ میلیون کیلوگرم

در نمودار شکل ۶-۱ میزان خصوصی سازی ناوگان اتوبوسرانی درون و برون شهری فعال در طی سال های ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۳ به ترتیب مشاده می گردد. همانگونه ملاحظه می گردد بیشترین میزان خصوصی سازی ناوگان اتوبوسرانی مربوط به سال ۱۳۹۲ و کمترین مربوط به سال های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ می باشد.



شکل ۶-۱: نمودار خصوصی سازی ناوگان اتوبوسرانی درون و برون شهری فعال در طی سال های ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۳[۵۶]

جدول ۶-۸ فهرست مطالعات و طرح های جامع و زیربخشی حمل و نقل در نیم قرن اخیر در کشور طی سال های ۱۳۴۹ الی ۱۳۸۳ به صورت تیتروار ارائه گردیده است. بیشترین مطالعات مربوط به سال های ۱۳۵۳ و ۱۳۵۴ و

کمترین تعداد مطالعات حمل و نقل مربوط به سال های ۱۳۵۲ الی ۱۳۵۵ می باشد. سند چشم انداز ۱۴۰۴ کشور نیز در سال ۱۳۸۳ به دولت ابلاغ گردیده است. دلایل انجام چنین تحقیقات و پژوهش هایی در بخش حمل و نقل کشور عبارتند از: [۵۶]

۱- تحولات سیستمی، ساختاری و نرم افزاری در بخش حمل و نقل کشور
۲- چالش ها و بحران های موجود در بخش نظام حمل و نقل کشور
۳- ایجاد همگرایی بین دستگاه های متولی و ذیربط در بخش حمل و نقل کشور
۴- ایجاد تدابیر و مقابله با بحران های اقتصادی در بخش حمل و نقل کشور
۵- ارتقاء نظام حمل و نقل شهری و حومه ای کشور
۶- آمایش کشور در زمینه سیستم حمل و نقل
۷- تحولات بودجه ای و ساختاری و تحول در اولویت بندی و اجرای طرح ارتقاء نظام حمل و نقل کشور
۸- مسائل و مشکلات زیست محیطی، آلودگی، کیفیت هوا، افزایش ازدحام ترافیکی ، افزایش هزینه های حمل و نقل شهری و افزایش تعداد خودروها

جدول ۶-۸- فهرست مطالعات و طرح های جامع و زیربخشی حمل و نقل در نیم قرن اخیر در کشور طی سال های ۱۳۴۹ الی ۱۳۸۳ [۵۵]

فهرست مطالعات وطرح های جامع و زیربخشی حمل ونقل در نیم قرن اخیر در کشور

ردیف	عنوان مطالعه یا طرح جامع	تاریخ انجام	مجری	همکار
۱	طرح جامع توسعه زیرساختهای حمل ونقل کشور	۱۳۴۹	موسسه همکاری فنی بین المللی(OTCA)	
۲	طرح جامع توسعه زیرساختهای حمل ونقل تهران	۱۳۴۹	ویکتور و گروتن و فرماتفرماییان	
۳	مطالعات هماهنگ سازی حمل ونقل کشور	۵۵-۱۳۵۲	شرکت فرانسوی BCEOM	
۴	طرح جامع حمل ونقل کشور	۱۳۵۳	شرکت فرانسوی سوفرتو	
۵	طرح جامع حمل ونقل مترو‌ی تهران	۱۳۵۳	شرکت فرانسوی سوفرتو	
۶	طرح جامع بنادر کشور	۱۳۵۳	ادیبی - هربس	
۷	طرح جامع حمل ونقل (شاهراه های) ایران	۱۳۵۴	شرکت سنیران	اکوتک
۸	طرح آمایش سرزمین	۱۳۵۴	شرکت سنیران	
۹	طرح جامع فرودگاه بین المللی امام خمینی(ره)	۱۳۵۴	شرکت رمپ	
۱۰	طرح جامع حمل ونقل تهران (اولین کار و خروجی رایانه)	۱۳۵۵	موسسه هاروارد	
۱۱	طرح جامع حمل ونقل تهران	۱۳۵۶	شرکت فریمن و فاگس	مشارکت ژاپن
۱۲	مطالعه مدل عملیات پایانه در کشور (بنادر)	۱۳۶۱	موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت	سازمان بنادر
۱۳	مطالعه شبکه حمل-ونقل حاشیه زاینده رود	۱۳۶۳	موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت	صنعتی اصفهان
۱۴	مطالعه حمل-ونقل کالای وارداتی وتولیدات داخلی درکشور	۱۳۶۳	موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت	صنعتی اصفهان
۱۵	طرح جامع حمل ونقل کشور (اولین بایگاه داده)	۷۰-۱۳۶۵	سازمان برنامه و بودجه(دکتر شیرازیان)	
۱۶	طرح جامع بنادر بازرگانی کشور	۱۳۷۲	مشاور جایکاJICA	
۱۷	آغازطرح جامع حمل ونقل تهران	۱۳۷۲	شرکت مطالعات جامع حمل ونقل تهران	دانشگاه شریف
۱۸	آغاز طرح جامع حمل ونقل مشهد	۱۳۷۳	دانشگاه شریف	
۱۹	اتمام طرح جامع حمل ونقل اصفهان	۱۳۷۴	دانشگاه صنعتی اصفهان	صنعتی شریف
۲۰	مطالعات جامع بهینه سازی و گسترش راه آهن ایران	۷۵-۱۳۶۸	شرکت مترا	
۲۱	مطالعات جامع حمل ونقل درسایرکلانشهرها ومرکز استانها و مطالعات ساماندهی ترافیک سایر شهرها در وزارت کشور	۱۳۹۳-۱۳۷۶	مشاوران ۷گانه ذیصلاح داخلی رتبه۱	مشاوران رتبه۲یا۳
۲۲	برآورد تقاضای حمل-ونقل جاده ای کشور	۱۳۷۷	سازمان حمل ونقل و پایانه ها	
۲۳	ابلاغ سیاستهای کلی نظام در حمل ونقل توسط رهبر معظم انقلاب	۱۳۷۹	دولت	مجمع
۲۴	آغاز مطالعات طرح جامع حمل ونقل کشور (اتمام و در حد۸۰٪)	۱۳۸۱	وزارت راه(شرکت فرانسوی اجیس)	شرکت مترا۸۰٪
۲۵	ابلاغ چشم انداز ۱۴۰۴ ه.ش. نظام ج.ا.ایران توسط رهبر معظم انقلاب	۱۳۸۳	دولت	مجمع

در جدول ۶-۹ خلاصه ای اطلاعات حمل و نقل درون شهری و حومه ای در سال ۱۳۹۴ در سطح کل کشور ارائه گردیده است. در این جدول به ساختار و سازمان فعلی حمل و نقل درون شهری کشور، منابع انسانی حمل و نقل درون شهری، میزان حمل و نقل بار ، میزان حمل و نقل مسافر به تعداد ۸۰ میلیون نفر جابجایی روزانه شخصی و

عمومی، تعداد ناوگان فعال اتوبوسرانی به تعداد تقریبی ۲۵۰۰۰ دستگاه ، زیر ساخت های حمل و نقل کشور در حدود ۱۰۰ هزار معابر درون شهری و حومه ای و اتحادیه های وابسته به ساختار حمل و نقل کشور اشاره شده است. بطور کلی در زمینه اتوبوسرانی ، وزارت کشور و شهرداری ها متولی بوده و در داخل کشور بالای ۱۰۰ هزار نفر اتوبوسران و مینی بوسران وجود دارد و تقریبا ۲۵۰۰۰ هزار اتوبوس و مینی بوس فعال بوده ، ۱۰۰ هزار کیلومتر معابر شهری و حومه ای وجود دارد و اتحادیه اتوبوسرانی در زمینه مدیریت حمل و نقل اتوبوس ها فعال می باشد.

جدول ۶-۹-خلاصه ای اطلاعات حمل و نقل درون شهری و حومه ای در سال ۱۳۹۴ در سطح کل کشور [۵۵]

خلاصه اطلاعات حمل‌ونقل درون شهری و حومه‌ای در سال ۹۴

ساختاروسازمان فعلی	وزارت کشور، شهرداری‌ها و ... با بودجه ۱۰۰ هزار میلیارد ریالی مصرف شده در حمل‌ونقل
منابع انسانی	۵هزار مدیرومتخصص حمل‌ونقل، ۵هزار شرکت فعال حمل ونقل، ۵میلیون جمعیت وابسته مستقیم (۵۰۰هزار تاکسیران، ۵۰۰ هزار وانتی،۵۰۰هزار آژانسی، ۱۰۰ هزار اتوبوسران و مینی‌بوسران، ۱۵۰ هزار کارکنان وابسته- متوسط هر خانواده ۴ نفر)
میزان حمل‌ونقل بار	۴ میلیارد تن و ۵۰ میلیارد تن کیلومتر
میزان حمل‌ونقل مسافر	۸۰ میلیون جابه‌جایی روزانه شخصی و عمومی
ناوگان عمومی فعال	۲۵هزار اتوبوس و مدیبوس، ۳۵هزار مینی‌بوس، ۱۲هزار ون،۳۲۰ هزار تاکسی، ۷ خط قطار شهری فعال در ۴ شهر و ۱۵ خط در حال احداث
زیرساخت‌های حمل‌ونقلی	۱۰۰ هزار کیلومتر شبکه معابر شهری و حومه‌ای
اتحادیه های وابسته	اتوبوسرانی، تاکسیرانی، پایانه، قطارشهری، همگانی

با توجه به مطالعات و تحقیقات بعمل آمده قوانین بالادستی حمل و نقل عمومی کشور عبارتند از: قانون اساسی کشور، چشم انداز ایران در سال ۱۴۰۴، سیاست های کلی نظام در حمل و نقل، قانون برنامه ۵ ساله پنجم توسعه- ماده ۱۶۲ و ۱۶۳، قانون توسعه حمل و نقل عمومی و مدیریت مصرف سوخت، قانون تشکیل شورای عالی ترافیک شهرهای کشور، قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی و قوانین موضوعه متعدد حمل و نقل کشور. همچنین با توجه به مطالعات صورت گرفته سیاست های کلی در بخش حمل و نقل کشور عبارتند از: ایجاد نظام جامع حمل و نقل و تنظیم سهم هر یک از زیر بخش های آن با اولویت دادن به حمل و نقل ریلی (با توجه به ملاحظات اقتصادی و دفاعی و امنیتی ، کاهش شدت مصرف انرژی ، کاهش آلودگی زیست محیطی و افزایش ایمنی)، برقراری تعادل و تناسب بین زیر ساخت ها و ناوگان و تجهیزات ناوبری و تقاضا، افزایش بهره وری تا رسیدن به سطح عالی از طریق پیشرفت و بهبود روش های حمل و نقل و مدیریت منابع انسانی و اطلاعات، توسعه و اصلاح شبکه حمل و نقل (با توجه به آمایش سرزمین، ملاحظات دفاعی-امنیتی، سودآوری ملی، موقعیت ترانزیتی کشور و تقاضا)، فراهم کردن زمینه جذب سرمایه های داخلی و خارجی و جلب مشارکت مردم و گسترش پوشش بیمه در همه فعالیت های این بخش، دستیابی به سهم بیشتر از بازار حمل و نقل بین المللی.

با توجه به مطالعات انجام گرفته می توان گفت که قوانین مرتبط با امور حمل و نقل شـــهری کشـــور عبارتند از: سند چشم انداز بیست ساله کشور، سیاست های کلی نظام به ویژه سیاست های کلی اقتصاد مقاومتی، قوانین برنامه ۵ ساله تو سعه اول تا پنجم و قوانین بودجه سالانه، قانون تا سیس شورای عالی هماهنگ ترافیک شهرهای ک شور، قانون توسعه حمل و نقل عمومی و مدیریت مصرف سوخت، قانون هدفمندسازی یارانه ها، قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی، قانون حمایت از سامانه های حمل و نقل ریلی شهری و حومه، قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا، قانون الحاق سه تب صره به بند ۱۲ ماده ۴ قانون ناجا، لایحه قانونی ا صلاح قانون تا سیس شرکت راه آهن شهری تهران و حومه، قانون تاسـیس شـرکت اتوبوسـرانی عمومی در شـهرها، قانون الحاق یک تبصـره به ماده واحده قانون راجع به تمرکز امور مربوط به تاکسیرانی شهر تهران زیر نظر شهرداری تهران، لایحه قانون احداث ترمینال های مسافربری و ممنوعیت تردد اتومبیل های مسافربری بین شهری در داخل شهر تهران.

جدول ۶-۱۰–جدول قوانین بالادستی و سیاست های کلی حمل و نقل عمومی کشور

قوانین بالادستی حمل و نقل عمومی کشور	
ردیف	عنوان
۱)	قانون اساسی کشور
۲)	چشم انداز ایران در سال ۱۴۰۴
۳)	سیاست های کلی نظام در حمل و نقل
۴)	قانون برنامه ۵ ساله پنجم توسعه- ماده ۱۶۲ و ۱۶۳
۵)	قانون توسعه حمل و نقل عمومی و مدیریت مصرف سوخت
۶)	قانون تشکیل شورای عالی ترافیک شهرهای کشور
۷)	قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی و قوانین موضوعه متعدد حمل و نقل کشور
سیاست های کلی در بخش حمل و نقل کشور	
۸)	ایجاد نظام جامع حمل و نقل و تنظیم سهم هر یک از زیر بخش های آن با اولویت دادن به حمل و نقل ریلی (با توجه به ملاحظات اقتصادی و دفاعی و امنیتی ، کاهش شدت مصرف انرژی ، کاهش آلودگی زیست محیطی و افزایش ایمنی)
۹)	برقراری تعادل و تناسب بین زیر ساخت ها و ناوگان و تجهیزات ناوبری و تقاضا
۱۰)	افزایش بهره وری تا رسیدن به سطح عالی از طریق پیشرفت و بهبود روش های حمل و نقل و مدیریت منابع انسانی و اطلاعات
۱۱)	توسعه و اصلاح شبکه حمل و نقل (با توجه به آمایش سرزمین، ملاحظات دفاعی-امنیتی، سودآوری ملی، موقعیت ترانزیتی کشور و تقاضا)

۱۲)	فراهم کردن زمینه جذب سرمایه های داخلی و خارجی و جلب مشارکت مردم و گسترش پوشش بیمه در همه فعالیت های این بخش
۱۳)	دستیابی به سهم بیشتر از بازار حمل و نقل بین المللی
قوانین مرتبط با امور حمل و نقل شهری کشور	
۱۴)	سند چشم انداز بیست ساله کشور
۱۵)	سیاست های کلی نظام به ویژه سیاست های کلی اقتصاد مقاومتی
۱۶)	قوانین برنامه ۵ ساله توسعه اول تا پنجم و قوانین بودجه سالانه
۱۷)	قانون تاسیس شورای عالی هماهنگ ترافیک شهرهای کشور
۱۸)	قانون توسعه حمل و نقل عمومی و مدیریت مصرف سوخت
۱۹)	قانون هدفمندسازی یارانه ها
۲۰)	قانون رسیدگی به تخلفات رانندگی
۲۱)	قانون حمایت از سامانه های حمل و نقل ریلی شهری و حومه
۲۲)	قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا
۲۳)	قانون الحاق سه تبصره به بند ۱۲ ماده ۴ قانون ناجا
۲۴)	لایحه قانونی اصلاح قانون تاسیس شرکت راه آهن شهری تهران و حومه
۲۵)	قانون تاسیس شرکت اتوبوسرانی عمومی در شهرها
۲۶)	قانون الحاق یک تبصره به ماده واحده قانون راجع به تمرکز امور مربوط به تاکسیرانی شهر تهران زیر نظر شهرداری تهران
۲۷)	لایحه قانون احداث ترمینال های مسافربری و ممنوعیت تردد اتومبیل های مسافربری بین شهری در داخل شهر تهران

در جدول ۶-۱۱ نگاهی اجمالی به حمل و نقل در برنامه پنجم توسعه بین سال های ۱۳۷۴ الی ۱۳۷۸ می اندازیم. همانطور که مشاهده می نمائیم سهم اتوبوس، میدل بوس و مینی بوس از حمل و نقل عمومی کشور در سال ۱۳۸۶ معادل ۲۴٪، در سال ۱۳۸۷ الی ۱۳۸۸ معادل ۲۷٪، در سال ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۰ معادل ۳۱٪ در سال ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۲ معادل ۳۵٪، در سال ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۴ معادل ۴۰٪ بوده که سهم اتوبوسرانی درون شهری تهران تقریبا معادل ۲۵٪ در سیستم حمل و نقل عمومی تهران می باشد. بخش های قرمز رنگ در جدول ۳-۹ مرتبط به سال انتهای هر آمارگیری می باشد. بعنوان مثال در ستون اول: از سال ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۴ سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای شهری معادل ۷۵٪ می باشد.

جدول ۶-۱۱-حمل و نقل در برنامه پنجم توسعه کشور [۵۵]



حمل‌ونقل در برنامه پنجم توسعه (۱۳۷۸-۱۳۷٤)

ماده ۱٦۲- اجرای قانون توسعه حمل‌ونقل عمومی و مدیریت سوخت مصوب ۱۳۸۶/۹/۱۸ تا پایان برنامه تمدید می‌شود.

سهم حمل‌ونقل عمومی از سفرهای شهری و مصرف سرانه بنزین

شرح		انتهای سال ۱۳۸٦	۱۳۸۷ ۱۳۸۸	۱۳۸۸ ۱۳۹۰	۱۳۸۹ ۱۳۹۲	۱۳۹۰ ۱۳۹٤
سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای شهری(درصد)		٤۱	٤۷	۵۵	٦٤	۷۵
متوسط سهم در کشور	سهم‌اتوبوس، مدی‌بوس، مینی‌بوس (درصد)	۲٤	۲۷	۳۱	۳۵	٤۰
	سهم تاکسی و ون(درصد)	۱٦	۱۸	۲۰	۲۲	۲۵
	سهم قطارشهری و حومه‌ای(درصد)	۱	۲	٤	۷	۱۰
مصرف سرانه روزانه بنزین حاصل از نفت(لیتر در روز برنفر)		۱/۱	۱	۰/۹	۰/۸	۰/۷

تهران: اتوبوسرانی ۲۵٪ ،تاکسیرانی ۲۰٪، ریلی ۳۰٪

نظام حمل و نقل شهری در کشور تا پایان برنامه پنج ساله ششم بگونه ای توسعه خواهد یافت که بر پایه مدیریت یکپارچه و سرمایه اجتماعی، محیطی مطلوب را برای زندگی و فعالیت شهروندادن در سایه تامین سلامتی و رفاه فراهم می آورد. این امر متضمن تحقق راهبردهای ذیل می باشد: مدیریت تقاضای سفر و ایجاد تعادل پایدار بین عرضه و تقاضا در حمل و نقل درون شهری، گسترش حمل و نقل غیر موتوری و استفاده فراگیر از سامانه های حمل و نقل عمومی، مهار و کاهش موثر فراوانی تصادات و تلفات ناشی از سوانح رانندگی، مهار و کاهش آلودگی محیطی در شهرها بر اثر تردد وسایل نقلیه و موتور سیکلت ، بهبود مدیریت ، افزایش بهره وری، کاهش هزینه ها و هدفمند سازی یارانه ها در سامانه های حمل و نقل عمومی.

۶ ۷ قانون تاسیس شرکت اتوبوسرانی عمومی در شهرها و آیین نامه مصوب ۱۳۳۱/۱۱/۱۶

طبق مطالعات انجام گرفته اهم موارد و قانون تاسیس شرکت واحد اتوبوسرانی عمومی در شهرها بدین شرح می باشد که امتیاز اتوبوسرانی و نقل و انتقال مسافر در داخل هر شهر و حومه آن با شهرداری محل می باشد. برای استفاده از این امتیاز شهرداری ها می توانند هر یک شرکت واحد سهامی تشکیل دهند مشروط بر اینکه حداقل ۵۱٪ سهام آن متعلق به شهرداری و بقیه متعلق به اتباع ایران ساکن محل باشد. همچنین آیین نامه اجرایی قانون و تاسیس شرکت اتوبوسرانی مصوب ۱۳۳۴/۱۱/۱۱ عبارتند از اینکه در اجرای قانون تاسیس شرکت واحد اتوبوسرانی عمومی مصوب مجلس، وزارت کشور و شهرداری هایی که دارای انجمن قانونی باشند موظفند پس از نشر آگهی در ظرف حداکثر دو ماه و نیم شرکت واحد سهامی اتوبوسرانی عمومی حوزه خود و حومه آن را براساس مقرات مربوطه قانون تجارت به ثبت برسانند. همچنین چنانچه در ظرف مدت ۲ ماه از تاریخ نشر آگهی صاحبان وسایط موجود در هر شهر از واگذاری وسایط و خرید سهام خودداری کنند وزارت کشور با شهرداری براساس این

آیین نامه راساً به تاسیس شرکت واحد اقدام خواهد نمود و در این صورت به موجب تبصره ۸ قانون تاسیس شرکت اتوبوسرانی عمومی کارکنان فعلی اتوبوس ها خدمتگذار شرکت واحد اتوبوسرانی خواهند بود.

۶ ۸ مشخصات اتوبوس های عمومی مسافربری درون شهری کشور براساس سیاست کلی کشور در بخش حمل و نقل

در جدول ۶-۱۲ رده بندی و استاندارد خودروهای تجاری عمومی حمل مسافر شامل اتوبوس های معمولی، اتوبوس های دو طبقه و اتوبوس های مفصلدار ارائه می گردد.

جدول ۶-۱۲- رده بندی خودروهای تجاری عمومی حمل مسافر[۶۱]

رده بندی		گروه خودرو	حداکثر تعداد سرنشین (نفر)	GVW (تن)	حداکثر طول (متر)
سواری		M1	4	———	———
ون (سواری کار)		M1 & M2	15	4	———
مینی بوس		M2 & M3	21	بین4 تا 7	7/5
میدل باس		M3	34	بین 7 تا 12	10
اتوبوس	معمولی	M3	بر اساس استاندارد فضای مورد نیاز سرنشین	بیش از 12	دو محوره : 13.5
		M3			بیش از دو محور : 15
	دوطبقه	M3	بر اساس استاندارد فضای مورد نیاز سرنشین	بیش از 12	دو محوره : 13.5
		M3			بیش از دو محور : 15
	مفصلدار	M3	بر اساس استاندارد فضای مورد نیاز سرنشین	بیش از 12	18/75

در جدول ۶-۱۳ مشخصات فنی اتوبوس های دو محوره و سه محوره ساخت داخل و یا وارداتی که از خارج از کشور تامین و خریداری می گردد ارائه شده است. مشخصات فنی اتوبوس ها براساس بند ۷ و ۱۲ ماده ۷ قانون وزارت راه و ترابری و همچنین براساس استانداردهای جهانی تولید خودرو ارائه گردیده است. همانطور که در جدول مشاهده می گردد اتوبوس های دو محوره و سه محوره برد کوتاه مربوط به اتوبوس های درون شهری و اتوبوس های دو محوره و سه محوره برد بلند مربوط به اتوبوس های برون شهری می باشد. در این جدول مشخصات طول، عرض، ارتفاع، ظرفیت، فضا، امکانات مورد نیاز داخل اتوبوس، صندلی ها، نوع سیستم تعلیق و ترمز و فرمان، نوع شیشه ها، درب های خروجی، سیستم ثبت و کنترل سرعت، رادارها، کمربند ایمنی، لاستیک ها، سیم کشی، محل نصب موتور و باطری ، تجهیزات ایمنی، سیستم های پایدارساز، قدرت و توان موتور، گشتاور، سرعت بیشینه، قابلیت حرکت در شیب، نوع توربوشارژر، گیربکس و غیره براساس استانداردهای مرتبط ارائه گردیده است.

جدول ۶-۱۳- مشخصات اتوبوس معمولی دو و سه محوره[۶۱]

نوع وسیله / مشخصه		اتوبوس دو محوره		اتوبوس سه محوره		ملاحظات
		برد کوتاه	برد بلند	برد کوتاه	برد بلند	
طول		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		
عرض		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		
ارتفاع		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		
ظرفیت	کل	حداکثر 18 تن		حداکثر 25 تن		
	محور جلو	8 تن		8 تن		
	محورعقب	13 تن		هر محور 12 تن		
فضای مورد نیاز سرنشین		0/7 متر مربع به ازای هر سر نشین نسبت به کل سطح اتوبوس	0/75 متر مربع به ازای هر سر نشین نسبت به کل سطح اتوبوس	0/7 متر مربع به ازای هر سر نشین نسبت به کل سطح اتوبوس	0/75 متر مربع به ازای هر سر نشین نسبت به کل سطح اتوبوس	استاندارد ۶۶۶۶
عرض راهرو		عرض راهرو جهت عبور مرور حداقل بایستی 40 سانتی متر باشد.				استاندارد ۶۶۶۶
فضای توشه		0/1 متر مکعب به ازای هر سر نشین	0/15 متر مکعب به ازای هر سر نشین	0/1 متر مکعب به ازای هر سر نشین	0/15 متر مکعب به ازای هر سر نشین	
فضای خواب راننده		x	✓	x	✓	
آب سرد کن		✓	✓	✓	✓	
قهوه جوش		x	✓	x	✓	
سرویس بهداشتی		x	✓	x	✓	

نوع وسیله / مشخصه		اتوبوس دو محوره		اتوبوس سه محوره		ملاحظات
		برد کوتاه	برد بلند	برد کوتاه	برد بلند	
صندلی ها	فاصله بین	80 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای نشیمن صندلی	85 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای نشیمن صندلی	80 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای نشیمن صندلی	85 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای نشیمن صندلی	استاندارد 6499
	فاصله آزاد جلو صندلی	حداقل 30 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای تکیه صندلی	حداقل 35 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای تکیه صندلی	حداقل 30 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای تکیه صندلی	حداقل 35 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای تکیه صندلی	
	محل استقرار	محل استقرار صندلی باید به گونه ای محکم باشد که تحت هیچ شرایطی صندلی از جای خود حرکت نکند				
	خصوصیات	1- ارتفاع صندلی باید 41 تا 52 سانتی متر باشد. 2- سطح نشیمنگاه (تشک) صندلی باید دارای طول و عرض حداقل 45 سانتی متر و شیب 10 تا 15 درجه برای تمایل به عقب باشد. 3- زاویه ثابت پشتی یا تشک صندلی، حداقل 100 تا 110 درجه باشد. 4- عرض پشتی صندلی باید حداقل 40 سانتی متر وارتفاع آن نیز بین 50 تا 82 سانتی متر باشد. 5- صندلی باید در قسمت قرار گرفتن کودی کمر (ارتفاع 15 تا 20 سانتی متراز پایین پشتی) دارای یک قوس محدب به شعاع 30 الی 40 سانتی متر و در قسمت پشت دارای یک قوس مقعر باشد. 6- صندلی ها بایستی دارای زیر سری (head rest) ، زیر پایی (leg rest) قابل تنظیم و دسته باشند. 7- تشک و پشتی صندلی باید دیر اشتعال بوده و از جنسی باشد که قابلیت تبادل هوا را داشته و از تعریق جلوگیری نماید 8- دارای تنظیمات لازم از جمله در جهات عرضی و همچنین پشتی بوده و کلیه اجزاء قابل تنظیم باید دارای قفل باشد				گواهی استاندارد استخدام صندلی و تشک راننده های آن
سیستم گرمایش و سرمایش		سیستم گرمایش و سرمایش باید 1- توانایی تنظیم و تامین دما بین 18تا24 درجه سانتیگراد 2- توانایی رساندن درجه حرارت فضای داخل اطاق ظرف مدت یک ساعت به حد مورد نظر 3-تامین هوای تازه و مطبوع با رطوبت مناسب 4- سیستم سرمایش باید توانایی کاهش 19 درجه دما را طی 30 دقیقه در 3/4 (سه چهارم) دور ماکزیمم موتور داشته باشد و سیستم گرمایش توانایی افزایش دما را طی 30دقیقه در 2/5 (دو پنجم) دور ماکزیمم داشته باشد				
تهویه		دارای فن سقفی و با سیستم تهویه با درجه حرارت قابل تنظیم به صورت اتوماتیک و دستی	با قابلیت تنظیم دما و رطوبت هوا به صورت دستی و اتوماتیک تقسیم یکنواخت هوا و دما در کلیه نقاط داخل اتوبوس	دارای فن سقفی و با سیستم تهویه با درجه حرارت قابل تنظیم به صورت اتوماتیک و دستی	با قابلیت تنظیم دما و رطوبت هوا به صورت دستی و اتوماتیک تقسیم یکنواخت هوا و دما در کلیه نقاط داخل اتوبوس	

نوع وسیله / مشخصه	اتوبوس دو محوره		اتوبوس سه محوره		ملاحظات
	برد کوتاه	برد بلند	برد کوتاه	برد بلند	
سیستم تعلیق	بادی (پنوماتیک) همراه با مکانیزم کنترل وزن و تنظیم ارتفاع		بادی (پنوماتیک) همراه با مکانیزم کنترل وزن و تنظیم ارتفاع		
ریتاردر	✓	✓	✓	✓	
سیستم ترمز	سیستم ترمز دو مداره مستقل پنوماتیک همراه با ABS و ترمز پارکینگ با توانایی نگهداری وسیله نقلیه در شیب 30 درصد	سیستم ترمز دو مداره مستقل پنوماتیک همراه با EBS وABS و ترمز پارکینگ با توانایی نگهداری وسیله نقلیه در شیب 30 درصد	سیستم ترمز دو مداره مستقل پنوماتیک همراه با ABS و ترمز پارکینگ با توانایی نگهداری وسیله نقلیه در شیب 30 درصد	سیستم ترمز دو مداره مستقل پنوماتیک همراه با EBS وABS و ترمز پارکینگ با توانایی نگهداری وسیله نقلیه در شیب 30 درصد	
سیستم فرمان	هیدرولیکی و فرمان قابل تنظیم		هیدرولیکی و همچنین وجود سیستم فرمان در محور آخر		
دربهای خروجی	سه درب (دو درب بعلاوه یک درب خروج اضطراری)		سه درب (دو درب بعلاوه یک درب خروج اضطراری)		استاندارد 6499
شیشه ها: جلو	ایمنی دو لایه لمینت دار				
شیشه ها: بغل	ایمنی تمکن				
خروجی های اضطراری	یک درب خروج اضطراری و دو دریچه اضطراری در سقف و در صورت وجود شیشه های یک تکه و بسته در هر طرف به فاصله دو متر یک پنجره خروج اضطراری همراه با چکش تعبیه گردد.				استاندارد 6499

نوع وسیله / مشخصه	اتوبوس دو محوره		اتوبوس سه محوره		ملاحظات
	برد کوتاه	برد بلند	برد کوتاه	برد بلند	
سیستم ثبت و کنترل سرعت	تاخوگراف با GPS				
آینه ها، سنسورها و دوربینها	آینه های مجاز و داخل باند به گونه ای باشد که اطراف خودرو کاملا"دیده شود و دارای هشداردهنده های (بوق ، چراغ و...) و دوربین دنده عقب باشد.				استاندارد 6499
کمربند ایمنی	تمام صندلیها (صندلی راننده ، شاگرد و ردیفهای اول سه نقطه ای و بقیه دو نقطه ای)				استاندارد 6499
لاستیکها	1- لاستیکها باید با درنظر گرفتن وزن قابل تحمل مشخصه سرعت و دمای قابل تحمل متناسب با وسیله نقلیه و نوع کاربری آن (منطقه و بعد مسافت محل فعالیت) باشد. 2- رادیال و بدون تیوب (تیوب لس) باشد				
سیم کشی خودرو	تمام سیم کشی باید حداقل دو لایه (ترجیحاً سه لایه) روکش داشته و به نحو مناسب خانق بندی شده و قادر به تحمل دمای محیطی که در آن قرار می گیرند باشند.				استاندارد 6499
اطاق	1- استقامت اطاق خودرو باید از پروفیل صنعتی مخصوص بوده و دارای استحکام لازم باشد 2- ورقهای بدنه از نوع گالوانیزه و یا مواد بدنه زنگ بوده و از مقاومت لازم برخوردار باشد. 3- کلیه ترکیبات و مواد داخل اطاق باید از مواد غیر اشتعال و دارای استاندارد بهداشتی لازم باشد 4- اطاق خودرو بایستی از هر نظر خانق بندی شده و میزان صدای داخل آن در حد استاندارد لازم باشد				
محل نصب موتور	عقب با خانق بندی لازم جهت جلوگیری از ورود صدا وحرارت موتور به داخل کابین بوسیله مواد غیر قابل اشتعال				استاندارد 6499
محل باطری ها	باید خارج از محل مسافر و راننده بوده و در معرض هوای آزاد باشد				استاندارد 6499
تجهیزات ایمنی	قیچی آتش نشانی ، جعبه کمکهای اولیه ، مثلث خبرسانگ، چراغ چشمک زن هر کدام دو عدد و جلیقه شبرنگ محل نصب این تجهیزات باید به گونه باشد که براحتی در دسترس بوده و با اطلاع لازم مشخص شده باشد.				استاندارد 6499
پایداری	خودرو باید در پیچها و گردشهای ناگهانی دارای تعادل بوده و پایداری خود را حفظ نموده و همچنین نسبت واژگونی را با موفقیت گذرانده باشد.				استاندارد 6499

نوع وسیله	اتوبوس دو محوره		اتوبوس سه محوره		ملاحظات
	برد کوتاه	برد بلند	برد کوتاه	برد بلند	
قدرت موتور	≥290 hp	≥350 hp	≥420 hp	≥420 hp	
گشتاور	≥1200 NM	≥1500 NM	≥1800 NM	≥1800 NM	
اینترکولر	✓	✓	✓	✓	
توربوشارژ	✓	✓	✓	✓	
سرعت بیشینه	≥120 KM/h				
قابلیت حرکت در شیب	حداقل 16 درصد با سرعت حداقل 15 کیلومتر بر ساعت در دنده 2				
گیربکس	مکانیکی و یا اتوماتیک				

در جدول ۶-۱۴ مشخصات فنی اتوبوس های دو طبقه و مفصلدار ساخت داخل و یا وارداتی که از خارج از کشور تامین و خریداری می گردد ارائه شده است. مشخصات فنی اتوبوس ها براساس بند ۷ و ۱۲ ماده ۷ قانون وزارت راه و ترابری و همچنین براساس استانداردهای جهانی تولید خودرو ارائه گردیده است. همانطور که در جدول مشاهده می گردد اتوبوس های دو طبقه و مفصلدار برد کوتاه مربوط به اتوبوس های درون شهری و اتوبوس های دو محوره و سه محوره برد بلند مربوط به اتوبوس های برون شهری می باشد. در این جدول مشخصات طول، عرض، ارتفاع، ظرفیت، فضا، امکانات مورد نیاز داخل اتوبوس، صندلی ها، نوع سیستم تعلیق و ترمز و فرمان، نوع شیشه ها، درب های خروجی، سیستم ثبت و کنترل سرعت، رادارها، کمربند ایمنی، لاستیک ها، سیم کشی، محل نصب موتور و باطری ، تجهیزات ایمنی، سیستم های پایدارساز، قدرت و توان موتور، گشتاور، سرعت بیشینه، قابلیت حرکت در شیب، نوع توربوشارژر، گیربکس و غیره براساس استانداردهای مرتبط ارائه گردیده است.

جدول ۶-۱۴- مشخصات اتوبوس دوطبقه و مفصل دار [۶۱]

نوع وسیله / مشخصه		اتوبوس دو طبقه (برد کوتاه در راههای اصلی عبور و تبه ماهور، اتوبانها و بزرگراهها)		اتوبوس مفصلدار (در راههای اصلی عبور و تبه ماهور، اتوبانها و بزرگراهها)	ملاحظات
		دو محور	سه محور	برد کوتاه	
طول		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		مقررات حمل و نقل بار و مسافر	
عرض		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		مقررات حمل و نقل بار و مسافر	
ارتفاع		مقررات حمل و نقل بار و مسافر		مقررات حمل و نقل بار و مسافر	
تواریب (تن)	کل	حداکثر ۱۸ تن	حداکثر ۲۵ تن	مقررات حمل و نقل بار و مسافر	
	محور جلو	۸ تن	۸ تن	۸ تن	
	محورعقب	13تن	هر محور ۱۲ تن	هر محور ۱۲ تن	
فضای مورد نیاز سرنشین		0/7 متر مربع به ازای هر سر نشین نسبت به کل سطح اتوبوس			استاندارد ۶۴۹۹
فضای نوشه		0/1 متر مکعب به ازای هر سر نشین			
سیستم گرمایش و سرمایش		سیستم گرمایش و سرمایش باید 1- توانایی تنظیم و تامین دما بین 18تا24 درجه سانتیگراد 2- توانایی رساندن درجه حرارت فضای داخل اطاق ظرف مدت یک ساعت به حد مورد نظر 3-تامین هوای تازه و مطبوع با رطوبت مناسب 4- سیستم سرمایش باید توانایی کاهش 19 درجه دما را طی 30 دقیقه در 3/4 (سه چهارم) دور ماکزیمم موتور داشته باشد و سیستم گرمایش توانایی افزایش دما را طی 30دقیقه در 2/5 (دو پنجم) دور ماکزیمم داشته باشد			
فضای خواب راننده		✓	✓	×	

نوع وسیله / مشخصه		اتوبوس دو طبقه (برد کوتاه در راههای اصلی عبور و تبه ماهور، اتوبانها و بزرگراهها)		اتوبوس مفصلدار (در راههای اصلی عبور و تبه ماهور، اتوبانها و بزرگراهها)	ملاحظات
		دو محور	سه محور	برد کوتاه	
تهویه		با قابلیت تنظیم دما و رطوبت هوا به صورت دستی و اتوماتیک تقسیم یکنواخت هوا و دما در کلیه نقاط داخل اتوبوس			
آب سرد کن		✓	✓	✓	
قهوه جوش		✓	✓	×	
سرویس بهداشتی		×	×	×	
عرض راهرو		عرض راهرو جهت عبور مرور حداقل بایستی 40سانتی متر باشد.			استاندارد ۶۴۹۹
صندلی ها	فاصله بین	80 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای پشتی صندلی			استاندارد 6499
	فاصله آزاد جلو صندلی	حداقل 30 سانتی متر از پشت صندلی جلویی تا ابتدای تشک صندلی			
	محل استقرار	محل استقرار صندلی باید به گونه ای محکم باشد که تحت هیچ شرایطی صندلی از جای خود حرکت نکند			
	خصوصیات	1- ارتفاع صندلی باید 41 تا 52 سانتی متر باشد. 2- سطح نشیمنگاه (تشک) صندلی باید دارای طول و عرض حداقل 45 سانتی متر و شیب 10 تا 15 درجه برای تمایل به عقب باشد. 3- زاویه ثابت پشتی با تشک صندلی، حداقل 100 تا 110 درجه باشد. 4- عرض پشتی صندلی باید حداقل 40 سانتی متر وارتفاع آن نیز بین 50 تا 82 سانتی متر باشد. 5- صندلی باید در قسمت قرار گرفتن کودی کمر (ارتفاع 15 تا 20 سانتی متراز پایین پشتی) دارای یک قوس محدب به شعاع 30 الی 40 سانتی متر و در قسمت پشت دارای یک قوس مقعر باشد. 6- صندلی ها بایستی دارای زیر سری (head rest) ، زیر پایی (leg rest)قابل تنظیم و دسته باشند. 7- تشک و پشتی صندلی باید دیر اشتعال بوده و از جنسی باشد که قابلیت تبادل هوا را داشته و از تعریق جلوگیری نماید 8- دارای تنظیمات لازم از جمله در جهات عرضی و همچنین پشتی بوده و کلیه اجزاء قابل تنظیم باید دارای قفل باشد		خواص استاندارد استخدام صندلی و بانک دارنده عابر آن

نوع وسیله / مشخصه		اتوبوس دو طبقه (برد کوتاه در راههای اصلی هموار و نیه عاهور، اتوبانها و بزرگراهها)		اتوبوس مفصلدار (در راههای اصلی هموار و نیه عاهور، اتوبانها و بزرگراهها)	ملاحظات
		دو محور	سه محور	برد کوتاه	
سیستم تعلیق		بادی (پنوماتیک) همراه با مکانیزم کنترل وزن و تنظیم ارتفاع		بادی (پنوماتیک) همراه با مکانیزم کنترل وزن و تنظیم ارتفاع	
ریتاردر		✓	✓	✓	
سیستم ترمز		سیستم ترمز دو مداره مستقل پنوماتیک همراه با EBS وABS و ترمز پارکینگ با توانایی نگهداری وسیله نقلیه در شیب 30 درصد	سیستم ترمز دو مداره مستقل پنوماتیک همراه با EBS وABS و ترمز پارکینگ با توانایی نگهداری وسیله نقلیه در شیب 30 درصد	سیستم ترمز دو مداره مستقل پنوماتیک همراه با EBS وABS و ترمز پارکینگ در کلیه محورها خصوصا" محورهای انتهایی با توانایی نگهداری وسیله نقلیه در شیب 30 درصد	
سیستم فرمان		هیدرولیکی و فرمان قابل تنظیم		هیدرولیکی و فرمان قابل تنظیم همچنین فرمان در محور عقب بدنه	
درهای خروجی		سه درب (دو درب بعلاوه یک درب خروج اضطراری)		به ازای هر قسمت مفصل شده سه درب (دو درب ورودی بعلاوه یک درب خروج اضطراری)	استاندارد ٦٤٩٩
شیشه ها	جلو	ایمنی دو لایه لمینت دار			
	بغل	ایمنی نشکن			
خروجی های اضطراری		یک درب خروج اضطراری و دو دریچه اضطراری در سقف و در صورت وجود شیشه های یک تیکه و بسته در هر طرف به فاصله دو متر یک پنجره خروج اضطراری همراه با چکش تعبیه گردد.		در هر قسمت مفصل شده یک درب خروج اضطراری ودودریچه اضطراری در سقف ودر صورت وجود شیشه های یک تیکه و بسته در هر طرف به فاصله دو متر یک پنجره خروج اضطراری همراه با چکش تعبیه گردد.	استاندارد ٦٤٩٩

نوع وسیله / مشخصه	اتوبوس دو طبقه (برد کوتاه در راههای اصلی هموار و نیه عاهور، اتوبانها و بزرگراهها)		اتوبوس مفصلدار (در راههای اصلی هموار و نیه عاهور، اتوبانها و بزرگراهها)	ملاحظات
	دو محور	سه محور	برد کوتاه	
سیستم ثبت و کنترل سرعت	تاخوگراف یا GPS			
آیینه ها ، سنسورها و دوربینها	آینه های بغل و داخل باید به گونه ای باشد که اطراف خودرو کاملا"دیده شود و دارای هشداردهنده های (بوق ، چراغ و...) و دوربین دنده عقب باشد			استاندارد ٦٤٩٩
کمربند ایمنی	تمام صندلیها (صندلی راننده ، شاگرد و ردیفهای اول سه نقطه ای و بقیه دو نقطه ای)			استاندارد ٦٤٩٩
لاستیکها	1- لاستیکها باید با درنظر گرفتن وزن قابل تحمل شاخصه سرعت و دمای قابل تحمل متناسب با وسیله نقلیه و نوع کاربری آن (منطقه و بعد مسافت محل فعالیت) باشد. 2- رادیال و بدون تیوب (تیوب لس) باشد			
سیم کشی خودرو	تمام سیم کشی باید حداقل دو لایه (ترجیحا سه لایه) روکش داشته و به نحو مناسب عایق بندی شده و قادر به تحمل دمای محیطی که در آن قرار می گیرند باشند.			استاندارد ٦٤٩٩
اطاق	1- اسکلت اطاق خودرو باید از پروفیل صنعتی مخصوص بوده و دارای استحکام لازم باشد 2- ورقهای بدنه از نوع گالوانیزه و یا مواد ضد زنگ بوده و از مقاومت لازم برخوردار باشد. 3- کلیه تزئینات و مواد داخل اطاق باید از مواد ضد حریق و دارای استاندارد بهداشتی لازم باشد 4- اطاق خودرو بایستی از هر نظر عایق بندی شده و میزان صدای داخل آن در حد استاندارد (حداکثر75db)لازم باشد			
محل نصب موتور	عقب یا عایق بندی لازم جهت جلوگیری از ورود صدا وحرارت موتور به داخل کابین بوسیله مواد غیر قابل اشتعال			استاندارد ٦٤٩٩
محل باطری ها	باید خارج از محل مسافر و راننده بوده و در معرض هوای آزاد باشد			استاندارد ٦٤٩٩
پایداری	خودرو باید در پیچها و گردشهای ناگهانی دارای تعادل بوده و پایداری خود را حفظ نموده و همچنین تست واژگونی را با موفقیت گذرانده باشد.			
تجهیزات ایمنی	کپسول آتش نشانی ، جعبه کمکهای اولیه ، مثلث شیرنگ، چراغ چشمک زن هر کدام دو عدد و جلیقه شیرنگ و.... محل نصب این تجهیزات باید به گونه باشد که براحتی در دسترس بوده و با علائم لازم مشخص شده باشد.			استاندارد ٦٤٩٩

نوع وسیله / مشخصه	اتوبوس دو طبقه (برد کوتاه در راههای استان هموار و تپه ماهور، اتوبانها و بزرگراهها)		اتوبوس مفصلدار (در راههای استان هموار و تپه ماهور، اتوبانها و بزرگراهها)	ملاحظات
	دو محور	سه محور	برد کوتاه	
قدرت موتور	≥٤٤٠ hp	≥٤٤٠ hp	≥٣٥٠ hp	
گشتاور	≥١٨٠٠ NM	≥١٨٠٠ NM	≥١٥٠٠ NM	
اینترکولر	✓	✓	✓	
توربوشارژ	✓	✓	✓	
سرعت بیشینه	≥١٢٠ KM/h		≥١٠٠ KM/h	
قابلیت حرکت درشیب	حداقل ۱۶ درصد با سرعت ۱۵ کیلومتر بر ساعت در دنده ۲			
گیربکس	مکانیکی و یا اتوماتیک			

۹ ۶ طرح و مستندات جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده دیزلی درون شهری با اتوبوس های گازسوز

بر اساس مطالعات و تحقیقات و بررسی های انجام گرفته طرح جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده دیزلی درون شهری با اتوبوس های گازسوز با هدف اراقاء راندمان و پیمایش اتوبوس های فرسوده گازوئیل و کاهش مصرف سوخت و آلودگی های محیطی متناظر اجرا خواهد شد. مدت زمان اجرای طرح ۸ سال بین سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۴ می باشد.لازم بذکرست که براساس مصوبه شورای عالی اقتصاد دامنه کاربرد این طرح شامل جایگزینی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس فرسوده گازوئیل سوز درون شهری با اتوبوس های درون شهری گازسوز می باشد.[۶۲]

طرح جایگزینی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس شهری دیزلی فرسوده با اتوبوس گازسوز در طی ۸ سال براساس مصوبه شورای اقتصاد بشماره ۲۸۳۹۰۳ مورخ ۱۳۹۴/۱۰/۰۲ با توجه به راندمان پائین ، کیفیت نامناسب خودروهای موجود و نارضایتی مصرف کنندگان و نیز افزایش سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای شهرهای کشور، کاهش سطح انتشار آلاینده های ناشی از مصرف نفت گاز، ارتقاء سطح کیفی خدمت رسانی به شهروندان ایرانی و جلوگیری از هدر رفت نفت گاز و بهینه نمودن مصرف سوخت انجام خواهد گرفت. مجری طرح شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور به نمایندگی از وزارت نفت می باشد.ذینفعان و دست اندرکاران طرح عبارتند از: وزارت نفت (شرکت بهینه سازی مصرف سوخت)، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کل کشور (وزارت کشور)، شهرداری های کشور، سازمان ملی استاندارد،

سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت صنعت و معدن و تجارت. ضمنا در طرح یاد شده اتوبوس های برقی و هیبریدی مورد توجه قرار نگرفته اند ولی بعداً درخواست اصلاح مصوبه و افزودن اتوبوس های برقی و هیبریدی به طرح به شورای عالی اقتصاد ارسال گردیده است [۵۶] که تا کنون اصلاعات خاصی دراین زمینه منتشر نشده است.

در این طرح مدت زمان بازپرداخت تسهیلات به ازاء هر دستگاه اتوبوس ۷ سال در نظر گرفته شده است. سقف بازپرداخت (میزان بازپرداخت به سرمایه گذاران مجری طرح در طول ۵ سال بعبارتی معادل سرمایه گذاری مورد نیاز طرح) در طول اجرای طرح بین سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۴ معادل ۱٫۷۹۵ میلیارد دلار بوده و میزان جایگزینی سوخت (میزان صرفه جویی سوخت در طول اجرای طرح در سال های بین ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۴) در طول دوره اجرای طرح معادل ۵٫۷ میلیارد لیتر نفت گاز می باشد. همچنین کاهش انتشار میزان گازهای گلخانه ای در طول دوره اجرای طرح معادل ۴ میلیون تن کربن برآورد گردیده است و میزان جایگزینی سوخت در طول عمر مفید طرح بین سال های ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۸ معادل ۸٫۵ میلیارد لیتر نفت گاز برآورد گردیده است. از سویی ارزش جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده گازوئیل سوز با اتوبوس گازسوز معادل ۲٫۲ میلیارد دلار (با نفت هر بشکه ۶۰ دلار) برآورد می گردد. منظور از ۲/۲ میلیارد دلار ارزش اقتصادی میزان گازوئیلی می باشد که در صورت جایگزینی اتوبوس های گاز سوز دیگر در شبکه اتوبوس رانی بعنوان سوخت استفاده نخواهد شد. همچنین میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در طول عمر مفید طرح معادل ۶ میلیون تن کربن تخمین زده شده است. در راستای پیشبرد این طرح انعقاد قرارداد با شرکت های ندای به آوران (جایگزینی ۵۴۰ دستگاه)، مسیر سبز فرادیس(جایگزینی۵۴۰ دستگاه) و ماه‌پیمای ایرانیان(جایگزینی ۱۵۰ دستگاه)، شهرداری اراک (۵۰ دستگاه با سبلان خودرو)، شهرداری مشهد (۲۰۰ دستگاه با ایران خودرو دیزل و ۲۰۰ دستگاه با عقاب افشان)، شهرداری تبریز (۱۵۰ دستگاه با آذهایتکس و ۳۵۰ دستگاه با آکیادویچ) با شرکت اتوبوسرانی و انجام مراحل اولیه انعقاد قراردادهای متناظر با شرکت بهینه سازی مصرف سوخت، امضای تفاهمنامه با شرکت China Highway Vehicle and Machineryو امضای تفاهمنامه با شرکت پترونصرآریا جهت ورود اتوبوس‌های LNGسوز به طرح انجام شده است. نحوه انتخاب پیمانکار طی دو فراخوان تحت عنوان " فراخوان عمومی شناسایی و ارزیابی کیفی تولیدکنندگان و سرمایه گذاران در زمینه طرح ۱۷۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری گازسوز " که فایل تصویر فراخوان به شرح ذیل می باشد انتخاب گردیده اند. (شکل ۳-۲ و ۳-۳)



فراخوان عمومی شناسایی وارزیابی کیفی تولیدکنندگان
و سرمایه گذاران درزمینه طرح
۱۷۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری گازسوز

شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور به نمایندگی از وزارت نفت، مطابق بند «ف» تبصره ۲ بودجه کل کشور در سال ۱۳۹۳ و بر اساس مصوبه شماره ۱۸۸۲۰ مورخ ۱۳۹۳/۱۰/۶ شورای محترم اقتصاد در نظر دارد برای اجرای طرح «جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس درون‌شهری فرسوده دیزلی با اتوبوس‌های گازسوز» نسبت به شناسایی شرکت‌های واجد شرایط تولیدکننده، تأمین‌کننده و سرمایه‌گذار اقدام نماید.

شرح مختصر کار: این طرح جهت جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس فرسوده دیزلی درون‌شهری با اتوبوس‌های گازسوز می‌باشد.
به ازای ورود هر دستگاه اتوبوس جدید گازسوز به ناوگان می‌بایست یک دستگاه اتوبوس شهری فرسوده دیزلی اسقاط شود.
ارزش سوخت صرفه‌جویی شده حاصل از این نوسازی پس از صحه‌گذاری و تایید شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور در بازه‌های زمانی شش ماهه به سرمایه‌گذاران پرداخت خواهد شد. سایر ویژگی‌های طرح به قرار زیر است:

- سقف کل بازپرداخت طرح، مبلغ ۷۶۵ میلیون دلار به ازای ۱۷۰۰۰ دستگاه اتوبوس به مدت ۵ سال
- مبنای بازپرداخت، به ازای هر کیلومتر پیمایش اتوبوس جدید، ۳۲ سنت دلار یا معادل ریالی آن به نرخ رسمی اعلامی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران به سرمایه‌گذاران پرداخت خواهد شد.
- مدت بازپرداخت، به مدت ۵ سال از زمان ورود هر دستگاه اتوبوس به ناوگان
- محل اجرای طرح، اتوبوسرانی شهری در سراسر کشور

حداقل شرایط متقاضی:

۱- مطابقت مشخصات اتوبوس با مشخصات فنی مورد تایید
۲- مطابقت موتور پایه‌گازسوز، مخازن CNG و سیستم سوخت‌رسانی مطابق استاندارد روز سازمان ملی استاندارد ایران و سازمان حفاظت محیط زیست
۳- سطح استاندارد آلایندگی موتور اتوبوس حداقل یورو ۴
۴- ارائه خدمات پس از فروش و آموزش به مدت ۵ سال

اشخاص حقوقی که حداقل شرایط ذکر شده در بند قبل را دارا بوده و توانایی و آمادگی شرکت در فراخوان را دارند، می‌توانند فرم‌های استعلام ارزیابی کیفی را از طریق مراجعه به پایگاه اطلاع‌رسانی شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت به نشانی www.ifco.ir یا پایگاه ملی اطلاع‌رسانی مناقصات به نشانی http://iets.mporg.ir دریافت نموده و فرم‌ها را پس از تکمیل به همراه مدارک مستند و تقاضای کتبی، حداکثر تا پایان وقت اداری ۴۵ روز کاری پس از درج نوبت دوم آگهی ضمن ارسال به آدرس الکترونیکی transportation@ifco.ir به دبیرخانه شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت به نشانی تهران، میدان ونک، خیابان مفاسد ۱، خیابان شیرازی شمالی، خیابان دانشور شرقی، پلاک ۳۲، تحویل و رسید دریافت نمایند. لازم است موضوع کامل فراخوان و نام محصولات در نامه کتبی و روی پاکت‌های ارائه شده درج شود. متقاضیان در صورت لزوم می‌توانند با شماره تلفن ۸۸۶۰۴۷۷۸ تماس حاصل نمایند.
اطلاعات تکمیلی، حداکثر ظرف یک روز کاری پس از انتشار این آگهی، در پایگاه اطلاع‌رسانی شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت قرار داده خواهد شد.

اعلام نتایج ارزیابی کیفی از طریق پایگاه ملی اطلاع‌رسانی مناقصات http://iets.mporg.ir و حداکثر ۳ ماه پس از آخرین مهلت دریافت پیشنهادها خواهد بود. توجه: این فراخوان صرفاً جهت ارزیابی کیفی تامین‌کنندگان واجد شرایط می‌باشد و هیچ تعهدی برای شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت ایجاد نمی‌کند. در صورت عدم تکمیل یا ناقص و مخدوش بودن فرم ارزیابی کیفی، صلاحیت شرکت متقاضی قابل بررسی نخواهد بود.

شکل ۶-۲: فراخوان عمومی شناسایی و ارزیابی کیفی تولیدکنندگان و سرمایه گذاران در زمینه طرح ۱۷۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری گازسوز



تمدید زمان فراخوان عمومی شناسایی و ارزیابی کیفی تولیدکنندگان و سرمایه گذاران در زمینه طرح ۱۷۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری گازسوز

پیرو فراخوان ارزیابی کیفی شرکت بهینه سازی مصرف سوخت به نمایندگی از وزارت نفت، مطابق بند «ق» تبصره ۲ بودجه کل کشور در سال ۱۳۹۳ و بر اساس مصوبه شماره ۱۱۸۸۲۰ مورخ ۱۳۹۳/۱۰/۶ شورای محترم اقتصاد برای اجرای طرح «جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس درون شهری فرسوده دیزلی با اتوبوس‌های گازسوز» به اطلاع شرکت‌های واجد شرایط تولیدکننده، تامین‌کننده و سرمایه‌گذار می رساند زمان تحویل اسناد ارزیابی صلاحیت تا پایان وقت اداری مورخ ۹۴/۴/۶ تمدید شده است.

شرح مختصر کار: این طرح جهت جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس فرسوده دیزلی درون شهری با اتوبوس‌های گازسوز می‌باشد. به ازای ورود هر دستگاه اتوبوس جدید گازسوز به ناوگان می بایست یک دستگاه اتوبوس شهری فرسوده دیزلی اسقاط شود. ارزش سوخت صرفه جویی شده حاصل از این نوسازی پس از صحه‌گذاری و تایید شرکت بهینه سازی مصرف سوخت کشور در بازه‌های زمانی شش ماهه به سرمایه‌گذاران پرداخت خواهد شد. سایر ویژگی‌های طرح به قرار زیر است:

- **سقف کل بازپرداخت طرح:** مبلغ ۱۷۹۵ میلیون دلار به ازای ۱۷۰۰۰ دستگاه اتوبوس به مدت ۵ سال
- **مبنای بازپرداخت:** به ازای هر کیلومتر پیمایش اتوبوس جدید، ۲۲ سنت دلار یا معادل ریالی آن به نرخ رسمی اعلامی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران به سرمایه گذاران پرداخت خواهد شد.
- مدت باز پرداخت: به مدت ۵سال از زمان ورود هر دستگاه اتوبوس به ناوگان
- **محل اجرای طرح:** اتوبوس رانی شهری در سراسر کشور

حداقل شرایط متقاضی:

۱- مطابقت مشخصات اتوبوس با مشخصات فنی مورد تایید
۲- مطابقت موتور پایه گازسوز، مخازن CNG و سیستم سوخت رسانی مطابق استاندارد روز، سازمان ملّی استاندارد ایران و سازمان حفاظت محیط زیست
۳- سطح استاندارد آلایندگی موتور اتوبوس حداقل یورو ۴
۴- ارایه خدمات پس از فروش و آموزش به مدت ۵ سال

اشخاص حقوقی که حداقل شرایط ذکر شده در بند قبل را دارا بوده و توانایی و آمادگی شرکت در فراخوان را دارند، می‌توانند فرم های استعلام ارزیابی کیفی را از طریق مراجعه به پایگاه اطلاع رسانی شرکت بهینه سازی مصرف سوخت به نشانی www.ifco.ir یا پایگاه ملی اطلاع رسانی مناقصات به نشانی http://iets.mporg.ir دریافت نموده و فرم ها را پس از تکمیل به همراه مدارک مستند و تقاضای کتبی، تا پایان زمان اعلام شده فوق، ضمن ارسال به آدرس الکترونیکی transportation@ifco.ir به دبیرخانه شرکت بهینه سازی مصرف سوخت به نشانی تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان شیرازی شمالی، خیابان دانشور شرقی، پلاک ۲۳، تحویل و رسید دریافت نمایند. لازم است موضوع کامل فراخوان و نام محصولات در تقاضانامه کتبی و روی پاکت‌های ارائه شده درج شود. متقاضیان در صورت لزوم می‌توانند با شماره تلفن ۸۸۶۰۲۷۷۸ تماس حاصل نمایند.

اعلام نتایج ارزیابی کیفی از طریق پایگاه ملّی اطلاع‌رسانی مناقصات http://iets.mporg.ir و حداکثر ۳ ماه پس از آخرین مهلت دریافت پیشنهادها خواهد بود.

توجّه: این فراخوان صرفاً جهت ارزیابی کیفی تامین‌کنندگان واجد شرایط می‌باشد و هیچ تعهدی برای شرکت بهینه سازی مصرف سوخت ایجاد نمی‌کند. در صورت عدم تکمیل یا ناقص و مخدوش بودن فرم ارزیابی کیفی، صلاحیت شرکت متقاضی قابل بررسی نخواهد بود.

روزنامه شرق شماره ۲۳۱۲ شنبه ۹ خرداد ۹۴ صفحه ۳

شکل ۶-۳: تمدید فراخوان عمومی شناسایی و ارزیابی کیفی تولیدکنندگان و سرمایه گذاران در زمینه طرح ۱۷۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری گازسوز

اهم اقدامات انجام شده و پیشرفت کار تاکنون به شرح ذیل می باشد:

۱) اخذ مصوبات و اصلاحیه های شورا اقتصاد و ابلاغیه های مرتبط از شرکت ملی نفت ایران
۲) تهیه و تصویب نمونه قرارداد " اجرای طرح جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس شهری دیزلی فرسوده با اتوبوس گازسوز بین شهرداری/ شرکت های واحد اتوبوسرانی و یا عناوین مشابه (متقاضی) و شرکت سرمایه گذاری و یا تامین کننده عامل صرفه جویی
۳) تهیه و تصویب موافق نامه" اجرای طرح جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس شهری دیزلی فرسوده با اتوبوس گازسوز بین بهینه سازی مصرف سوخت و شرکت سرمایه گذار و یا تامین کننده عامل صرفه جویی
۴) اخذ مصوبه هیات مدیره برای انعقاد قرارداد نوسازی ۵۴۰ دستگاه اتوبوس با شرکت ندای به آوران و ۵۰۴ دستگاه اتوبوس با شرکت مسیر سبز فرادیس
۵) درخواست اصلاح مصوبه با توجه به افزودن اتوبوس های برقی و هیبریدی به طرح

۶) ابلاغ اصلاحیه مصوبه هیات مدیره شرکت ملی نفت ایران مبنی بر افزوده شدن بندی به شرح :" کلیه پرداخت های موضوع این مصوبه می بایست پس از طی همه مراحل و تایید نماینده وزیر نفت انجام پذیرد".
۷) درخواست اخذ تاییدیه مدیریت امور مالی، مدیریت امور حقوقی و قراردادهای شرکت ملی نفت ایران بر روی ویرایش نهایی قراردادهای منطبق بر اصلاحیه مصوبه شورای اقتصاد سال ۹۵
۸) اخذ اصلاحیه مصوبه طرح اتوبوس به شماره ۱۲۸۸۴۵ مورخ ۹۷/۰۳/۲۰
۹) امضاء تفاهم انعقاد موافقت نامه متناظر با شرکت بهینه سازی مصرف سوخت
۱۰) پیگیری عقد قرارداد مابین شرکت واحد اتوبوسرانی شهر تهران با تامین کنندگان و بهره برداران
۱۱) امضاء تفاهم نامه با شرکت پترو نصر آریا در خصوص ورود ۳ هزار اتوبوس LNG سوز به طرح
۱۲) امضاء تفاهم نامه با استانداری آذربایجان شرقی جهت مشارکت در طرح
۱۳) امضاء تفاهم نامه با شرکت شهاب خودرو برای جایگزینی ۶ هزار دستگاه اتوبوس (۴ هزار گازسوز/ ۲ هزار برقی)
۱۴) امضاء تفاهم نامه با شرکت عقاب افشان برای جایگزینی ۵ هزار دستگاه اتوبوس گازسوز
۱۵) درخواست تایید وصول ضمانت نامه از سوی اتوبوس رانی تهران در مورد قراردادهای شرکت ندای به آوران و مسیر سبز فرادیس
۱۶) برگزاری جلسات مدیریتی با شهرداری کرج در خصوص انعقاد قرارداد ۶۰۰ دستگاه اتوبوس ۱۲ متری و ۱۰۰ دستگاه میدی باس ۹ متری
۱۷) مقرر گردیده به غیر از دو قرار نهایی شده به تعداد ۱۰۴۴ دستگاه اتوبوس،مابقی ظرفیت نوسازی طرح اتوبوس مطابق مصوبه جدید شورای اقتصاد به شماره ۱۲۸۸۴۵ مورخ ۱۳۹۷/۳/۲۰ متوقف و به وزارت صنعت، معدن و تجارت منتقل گردد.
۱۸) مذاکره متعدد با خودروسازان و تامین کنندگان برای جلب مشارکت در طرح (میتسوئی ژاپن، ارتقا گستر پویا، سولاریس لهستان، پیشرو دیزل آسیا، یاوران خودرو شرق و.....)
۱۹) برگزاری جلسات هفتگی جهت اجرایی شدن مصوبات با سازمان شهرداری ها (وزارت کشور)

جایگزینی تعداد ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده ناوگان شهری با اتوبوس های گازسوز جدید در طی ۸ سال با مبنای پرداخت سه ماه به اتوبوسرانی شهری کشور به ازای تحقق هر کیلومتر پیمایش اتوبوس های گازسوز ۲۲ سنت دلار در سقف های مقرر خواهد بود. بعبارتی تعهدات موضوع مصوبه متناسب با میزان تحقق اهداف طرح، با اعلام شهرداری های متقاضی و تایید وزارت نفت در سر رسیدها از سوی شرکت ملی نفت ایران، از محل منابع ناشی از صادرات (کاهش واردات) سوخت مایع صرفه جویی شده تا سقف تعهدات دولت (۱۷۹۵ میلیون دلار) به ازاء هر کیلومتر پیمایش متوسط تا ۲۲ سنت دلار و یا معادل ریالی آن به نرخ رسمی اعلامی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران در زمان پرداخت به حساب شرکت های سرمایه گذار عامل صرفه جویی طرف قراردادها با شهرداری ها/ شرکت های واحد اتوبوسرانی یا عناوین مشابه مورد تایید شهرداری ذیربط به مدت ۷ سال به ازاء هر اتوبوس ۱۲ متری پرداخت خواهد شد. ضمنا مبنای پرداخت برای اتوبوس های شهری ۹ متری، ۰/۷ برابر مبلغ اتوبوس های ۱۲ متری (تا ۱۵/۴ سنت دلار) و برای اتوبوس های ۱۸ متری، ۱/۷ برابر اتوبوس های ۱۲ متری (تا ۳۷/۴ سنت دلار) خواهد بود. منظور از پیمایش میزان مسافتی است که اتوبوس تمام گازسوز جدید (به کیلومتر) در هر دوره سه ماه پیموده و اطلاعات مربوطه به آن به وسیله سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) اخذ و در سامانه بارگذاری می شود.



شکل ۶-۴ طرح جایگزینی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس فرسوده گازوئیل سوز درون شهری با اتوبوس های گازسوز [۵۶]

در شکل۳-۴- منظور از مدت زمان بازپرداخت (به ازاء هر دستگاه اتوبوس) اینست که این طرح متناسب با میزان تحقق اهداف طرح، با اعلام شهرداری های متقاضی و تایید نهایی وزارت نفت در سر رسیدها از سوی شرکت ملی نفت ایران، از محل منابع ناشی از صادرات (کاهش واردات) سوخت مایع صرفه جویی شده تا سقف تعهدات دولت (۱۷۹۵ میلیون دلار) به ازاء هر کیلومتر پیمایش متناسب با نوع (طول) اتوبوس در زمان پرداخت، به حساب شرکت های سرمایه گذار عامل صرفه جویی طرف قراردادها با شهرداری ها/ شرکت های واحد اتوبوسرانی یا عناوین مشابه مورد تایید شهرداری ذیربط به مدت ۷ سال پرداخت خواهد شد. منظور از سقف بازپرداخت در طول اجرای طرح (۱۴۰۴-۱۳۹۵) اینست که سقف تعهدات دولت جهت پرداخت بمنظوراجرای ی شدن طرح در طول ۷ سال معادل ۱۷۹۵ میلیون دلار می باشد. منظور از میزان جایگزینی در طول اجرای طرح اینست که میزان سوخت نفت گاز صرفه جویی شده معادل ۵/۷ میلیارد لیتر می باشد. منظور از کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در طول اجرای ۷ سال طرح اینست که میزان کاهش گازهای گلخانه ای به مقدار ۴ میلیون تن کربن می باشد. منظور از میزان جایگزینی در طول عمر مفید طرح (۱۴۰۸- ۱۳۹۵) اینست که میزان سوخت نفت گاز صرفه جویی شده معادل ۸/۵ میلیارد لیتر در طول عمر مفید اتوبوس ها در زمان بهره برداری (۱۱ سال) می باشد. منظور از ارزش جایگزینی در طول عمر مفید طرح اینست

که میزان سوخت نفت گاز صرفه جویی شده معادل ۲,۲ میلیارد دلار در طول عمر مفید اتوبوس ها در زمان بهره برداری (۱۱ سال) می باشد و منظور از کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در طول عمر مفید طرح اینست که میزان کاهش گازهای گلخانه ای به مقدار ۴ میلیون تن کربن در طول عمر مفید اتوبوس ها در زمان بهره برداری (۱۱ سال) می باشد.

طرح و مستندات جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده دیزلی درون شهری با اتوبوس های گازسوز شامل اسناد و مستندات: دستورالعمل اندازه گیری و صحه گذاری طرح ، فراخوان عمومی شناسایی و ارزیابی کیفی تولیدکنندگان و سرمایه گذاران ، مشخصات فنی اتوبوس های گازسوز طرح جایگزینی ، مصوبه شورای عالی اقتصاد ، جدول زمانبندی سرمایه گذاری و بازپرداخت نوسازی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس شهری فرسوده با نوع گازسوز، ابلاغ مصوبه هیات مدیره شرکت ملی نفت ایران ، گزارش پیشرفت و عملکرد ماده ۱۲ قانون رفع طرح جایگزینی ، آیین نامه استفاده از ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید طرح جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس فرسوده دیزلی شهری با اتوبوس های گازسوز می باشد.

۶ ۹ ۱ اهداف و ذینفعان کلان طرح

با توجه به راندمان پائین، کیفیت نامناسب خودروهای موجود و نارضایتی مصرف کنندگان و از سویی افزایش سهم حمل و نقل همگانی از سفرهای درون شهری کشور، کاهش سطح انتشار آلاینده های ناشی از مصرف نفت گاز، ارتقاء سطح کیفی خدمت رسانی به شهروندان ایرانی و جلوگیری از هدر رفت نفت گاز و بهینه نمودن مصرف سوخت از اهداف کلان طرح جایگزینی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس فرسوده گازوئیل سوز درون شهری با اتوبوس های گازسوز می باشد.

بر اساس مطالعات و تحقیقات و بررسی های انجام گرفته ذینفعان کلیدی طرح جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده دیزلی درون شهری با اتوبوس های گازسوز را می توان وزارت نفت (شرکت بهینه سازی مصرف سوخت)، سازمان شهرداری ها و دهیاری های کل کشور (وزارت کشور)، شهرداری های کشور، سازمان ملی استاندارد، سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت صنعت و معدن و تجارت برشمرد.

۶ ۹ ۲ شرح کلی طرح جایگزینی

این طرح متنا سب با میزان تحقق اهداف طرح با اعلام شهرداری های متقا ضی و تائید نهایی وزارت نفت در سر رسیدها از سوی شرکت ملی نفت ایران از محل منابعی از صادرات (کاهش واردات) سوخت مایع صرفه جویی شده تا سقف تعهدات دولت (۱۷۹۵ دلار) به ازاء هر کیلومتر پیمایش متناسب با نوع (طول) اتوبوس در زمان پرداخت به حساب شرکت های سرمایه گذار عامل صرفه جویی طرف قراردادها با شهرداری ها/ شرکت های واحد اتنوبوسرانی یا عناوین مشابه مورد تایید شهرداری ذیربط به مدت ۷ سال پرداخت خواهد شد.

۶ ۹ ۳ تفاهم نامه های همکاری و قراردادهای طرح جایگزینی

نهایی سازی قرارداد و اخذ مصوبه هیات مدیره برای انعقاد قرارداد نوسازی ۵۴۰ دستگاه اتوبوس با شرکت ندای به آوران (۵۴۰ دستگاه سبلان خودرو)، و ۵۰۴ دستگاه اتوبوس با شرکت مسیر سبز فرادیس (۲۵۴ دستگاه شهاب خودرو و ۲۵۰ دستگاه سبلان خودرو)، و نیز دو قرارداد امضاء شده با عاملان صرفه جویی " تعاونی ندای به آوران" و " مسیر سبز فرادیس" با مجموع نوسازی ۱۰۴۴ دستگاه اتوبوس شهری فرسوده ابلاغ گردیده است.

۱- انجام بررسی های لازم انعقاد قرارداد با شرکت های ماه پیما ایرانیان (جایگزینی ۱۵۰ دستگاه با اسنا خودرو) ، شهرداری اراک (۵۰ دستگاه خودرو با سبلان خودرو) ، نصر گستر یاران (۱۰۰ دستگاه با ودود)، شهرداری مشهد (۲۰۰ دستگاه خودرو با ایران خودرو دیزل و ۲۰۰ دستگاه خودرو با عقاب افشان)، شهرداری تبریز ۴۷۰ دستگاه (۱۵۰ دستگاه خودرو با آذهایتکس و ۳۰۰ دستگاه خودرو با آکیا دویچ و ۲۰ دستگاه اتوبوس هیبریدی با شرکت هایگر) و شرکت های اتوبوسرانی کلان شهرها و انجام مراحل انعقاد موافقت نامه متناظر با شرکت بهینه سازی مصرف سوخت

۲- امضاء تفاهم نامه با شرکت CVMC جهت جایگزینی ۴ هزار دستگاه اتوبوس گازسوز

۳- پیگیری عقد قرارداد مابین شرکت واحد اتوبوسرانی شهر تهران با تامین کنندگان و بهره برداران

۴- امضاء تفاهم نامه با شرکت پترو نصر آریا در خصوص ورود ۳ هزار اتوبوس LNG سوز به طرح

۵- امضاء تفاهم نامه با استانداری آذربایجان شرقی جهت مشارکت در طرح

۶- امضاء تفاهم نامه با شرکت شهاب خودرو برای جایگزینی ۶ هزار دستگاه اتوبوس (۴ هزار گاز سوز/ ۲ هزار برقی)

۷- امضاء تفاهم نامه با شرکت عقاب نشان افشان برای جایگزینی ۵ هزار دستگاه اتوبوس گزسوز

۸- درخواست تایید وصول ضمانت نامه از سوی اتوبوس رانی تهران در مورد قراردادهای شرکت ندای به آوران و مسیر سبز فرادیس

۹- برگزاری جلسات مدیریتی با شهرداری کرج در خصوص انعقاد قرارداد ۶۰۰ دستگاه اتوبوس ۱۲ متری و ۱۰۰ دستگاه میدی باس ۹ متری

۶ ۹ ۴ مشخصات فنی اتوبوس های گازسوز طرح جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس فرسوده دیزلی شهری با اتوبوس های گازسوز

مشخصات فنی اتوبوس های گاز سوز طرح جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس فرسوده دیزلی شهری با اتوبوس های گاز سوز به شرح جدول ۶-۱۵ می باشد.

جدول ۶-۱۵- مشخصات فنی اتوبوس های گازسوز طرح جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس گازوئیل سوز با اتوبوس های گازسوز[۶۲]

موتور	معیار پذیرش
حجم موتور	۹ تا حدود ۱۲ لیتر
نوع موتور	پایه CNG سوز
استاندارد آلایندگی	حداقل EURO4
توان موتور	حدود ۳۲۰ اسب بخار در (حداقل حدود ۲۰۰۰ دور بر دقیقه)
گشتاور	۱۲۵۰نیوتن متر تا ۱۴۰۰ نیوتن متر در (حدود ۱۴۰۰ دور بر دقیقه)
تعداد سیلندر	۶ سیلندر خطی
سرسیلندر	ترجیحاً ۶ تکه
پیستون	ویژه سوخت CNG با طراحی محفظه احتراق نوع OTTO و کاون شعله مرکزی با آلیاژ ویژه برای تحمل تنش احتراق CNG و طراحی حرارتی ویژه متان و رینگ های ویژه با فرم هندسی خاص CNG
سوپاپها	دود و تغذیه با آلیاژ ویژه های کروم و سیت های ویژه احتراق CNG با آلیاژ متناسب و گیت سوپاپ متناسب
سوپاپ ها	سامانه زمانبندی سوپاپ ها از نوع VVT ویژه سوخت CNG
	سامانه روانکاری (LUBRICATION) و خنک کاری (COOLING) طراحی شده برای CNG با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی خشک وگرم و مرتفع .
ضریب الاستیسیته و ضریب تطابق	متناسب با شرایط اقلیمی و تغییرات بار اعمال شده
دامنه اقتصادی مصرف ویژه سوخت	بین ۱۱۰۰ تا ۲۰۰۰ دور بر دقیقه
مصرف ویژه سوخت SFC	حدود ۲۱۰g/KW h
سامانه سوخت رسانیCNG	نسل چهارم فناوری و بالاتر (COMMON RAIL و MOLTY POINT FUEL INJECTION)
سامانه احتراق و تامین جرقه	تامین جرقه High voltage ممتراز با فناوری BOSCH المان و کنترل EMS و زمان بندی متغیر بر حسب ضرایب بار و دور موتور CNG با شمع ویژه CNG و با شاخصه توان تخلیه جرقه حداقل ۳۰KV بصورت پایدار و مجهز به کوئل نصب شده بر روی آن بدون وایرهای ولتاژ بالا (High voltage) و رعایت استانداردهای مربوطه .
برند موتور	اصالتاً از شرکتهای دارای سابقه مثبت فناوری در طراحی و ساخت موتورهای اتوبوس ویژه سوخت CNG (اولویت، امتیازبندی و انتخاب با کمیته فنی بازرگانی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور خواهد بود) .
سامانه اگزوز	ویژه CNG و مانیفولد ورودی خاص (هوا وگاز) با ضریب تغذیه بهینه شده با توربو شارژر آلیاژ ویژه مقاوم حرارتی مجهز به (VASTE GATE) با سامانه آب خنک .
سامانه پاکسازی دود اگزوز AFTER TREATMENT	ویژه سوخت CNG با تاکید بر هیدرو کربور متان (CH4) و کنترل و کاهش میزان CO و NOX و PM
قابلیت شنشوی ایمن طبق	دارد

۶ ۹ ۵ جدول زمانبندی سرمایه گذاری و بازپرداخت نوسازی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس شهری فرسوده با نوع گازسوز

جدول زمانبندی سرمایه گذاری و بازپرداخت نوسازی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس شهری فرسوده با نوع گازسوز به شرح جدول ۶-۱۶ می باشد.

جدول ۶-۱۶- زمانبندی سرمایه گذاری و بازپرداخت نوسازی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس شهری فرسوده دیزلی با نوع گازسوز[۶۲]

جدول زمانبندی سرمایه‌گذاری و بازپرداخت

نوسازی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس شهری فرسوده با نوع گازسوز

ارقام: میلیون دلار

سال	میزان صرفه‌جویی	تعداد جایگزینی سالانه	بازپرداخت سالانه	سرمایه گذاری سالانه
۱۳۹۵	۴۹/۹	۱۰۰۰	۲۶/۸	۱۰۵/۴
۱۳۹۶	۲۴۹/۶	۴۰۰۰	۱۳۴	۴۲۲/۴
۱۳۹۷	۴۴۹/۳	۴۰۰۰	۲۴۱	۴۲۲/۴
۱۳۹۸	۴۴۹/۳	۴۰۰۰	۲۴۱	۴۲۲/۴
۱۳۹۹	۴۴۹/۳	۴۰۰۰	۲۴۱	۴۲۲/۴
۱۴۰۰	۴۴۹/۳	۰	۲۴۱	۰.۰
۱۴۰۱	۴۴۹/۳	۰	۲۴۱	۰.۰
۱۴۰۲	۳۹۹/۴	۰	۲۱۵/۲	۰.۰
۱۴۰۳	۱۹۹/۷	۰	۱۰۷/۱	۰.۰
۱۴۰۴	۱۹۹/۷	۰	۱۰۷/۱	۰.۰
جمع	۳۳۴۴/۸	۱۷۰۰۰	۱۷۹۵	۱۷۹۵



۶ ۹ ۶ لیست طرح های اجرایی مرتبط با ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید

همانطور که در لیست جدول ۶-۱۷ مشاهده می گردد طرح های اجرایی مرتبط با ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید شامل سه بخش حمل و نقل، صنعت و ساختمان می باشد که طرح جایگزینی ۱۷ هزار دستگاه اتوبوس فرسوده گازوئیل سوز درون شهری کشور با اتوبوس های گازسوز درون شهری در بخش حمل و نقل این جدول قرارداد دارد که خط مشی آن جایگزینی نوع سوخت گاز با گازوئیل بوده و در مصرف گازوئیل صرفه جویی خواهد شد. دوره اجرای طرح از سال ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۴ و سقف بازپرداخت تسهیلات ۱۷۹۵ میلیو دلار می باشد. در طول دوره اجرای طرح به میزان ۵/۷ میلیارد لیتر گازئیل صرفه خواهد شد و به میزان ۴ میلیون تن کربن کاهش انتشار در اثر صرفه جویی و جایگزینی نوع سوخت در طول دوره اجرا متصور می گردد.

جدول ۶-۱۷- لیست طرح های اجرایی مرتبط با ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید[۶۲]

بخش	شماره	عنوان طرح	خط مشی	سوخت صرفه‌جویی /جایگزین شده	دوره اجرا (سال)	سقف بازپرداخت (میلیون دلار)	صرفه‌جویی/ جایگزینی (میلیارد لیتر/ میلیارد متر مکعب) در طول دوره اجرا	کاهش انتشار در اثر صرفه‌جویی یا جایگزینی (میلیون تن معادل کربن) در طول دوره اجرا
	۱	نوسازی ۶۵ هزار دستگاه کامیون و کشنده بالای ۱۰ تن و با سن بالای ۳۵ سال	بهره‌وری انرژی	نفت گاز	۱۳۹۵-۱۴۰۴	۲۷۶۲	۹.۲	۲۵
حمل و نقل	۲	جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده دیزلی درون شهری با اتوبوس گازسوز	جایگزینی سوخت	نفت گاز	۱۳۹۵-۱۴۰۴	۱۷۹۵	۵.۷	۴.۰
	۳	جایگزینی ۱۴۰ هزار دستگاه تاکسی فرسوده با تاکسی تمام گازسوز با پیمایش بالا	جایگزینی سوخت	بنزین	۱۳۹۵-۱۴۰۲	۶۳۵	۷	۰.۸
	۴	توسعه حمل و نقل بار و مسافر راه‌آهن ج.ا.ایران	بهره‌وری انرژی	نفت گاز	۱۳۹۵-۱۴۰۲	۷۵۳۲	۱۰.۵	۲۸.۳
	۵	توسعه حمل و نقل مسافر با قطار شهری در تهران و هشت کلانشهر	بهره‌وری انرژی جایگزینی سوخت	بنزین گاز طبیعی نفت گاز	۱۴۱۴-۱۳۹۶	۲۶۰۴	۱۷.۳ ۷.۴ ۰.۷	۴۷.۱
	۶	طرح تولید قوای محرکه کم مصرف در خودروهای داخلی	بهره‌وری انرژی	بنزین	۱۳۹۶-۱۴۰۵	۳۲۸	۲	۴.۲
صنعت	۷	برق دار کردن چاه‌ها و تلمبه‌های آب کشاورزی دیزلی	جایگزینی سوخت	نفت گاز	۱۳۹۵-۱۴۰۶	۱۶۵۰	۸.۷	۰.۷
ساختمان	۸	ارتقاء کارایی ۶۰۰ هزار موتورخانه ساختمان‌های مسکونی، تجاری/ اداری	بهره‌وری انرژی	گاز طبیعی	۱۳۹۵-۱۴۰۴	۲۰۰۰	۱۵.۴	۳۰.۷
	۹	جایگزینی و اسقاط یک میلیون دستگاه بخاری مرسوم (گازی و نفتی) با بخاری های گازسوز دودکش دار راندمان بالا (هرمتیک هوشمند)	بهره‌وری انرژی جایگزینی سوخت	گاز طبیعی نفت سفید	۱۳۹۶-۱۴۰۲	۲۰۴	۳.۱	۶.۰۸

۱۰ ۶ امکان سنجی طرح احداث سامانه اتوبوس تندرو شهری و حومه ای (تهران- کرج)

در راستای توسعه حمل و نقل همگانی و بمنظور حل ترافیک حدفاصل تهران و کرج با توجه به حجم بالای تردد وسایل نقلیه شخصی در محور های مواصلاتی بین دو شهر، مطالعه امکان سنجی احداث سامانه اتوبوس تندرو بین شهری و حومه ای در دستور کار معاونت حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی قرار گرفته بود. این مطالعات توسط شرکت مهندسین مشاور طرح راه ابریشم با حضور نمایندگان ادارات کل راه و شهرسازی تهران و کرج، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران و کرج ، اداره محیط زیست تهران و کرج، استانداری تهران، استانداری کرج و شورای عالی استان ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته بود.[۶۳]

در گام اول مطالعه به بررسی وضعیت موجود تردد حدفاصل شهرهای تهران و کرج پرداخته شده است. بررسی ها نشان می دهد ۶۹٪ از سفرهای میان شهری تهران و کرج توسط خودرو شخصی در محورهای جاده مخصوص تهران-کرج و آزادراه تهران کرج صورت می گیرد. با توجه به شاخص های متعدد از قبیل هزینه ساخت، ظرفیت ناوگان، جابجای و انعطاف پذیری و سرفاصله حرکت، نوع سیستم مناسب برای این مسیر اتوبوس تندرو انتخاب و پیشنهاد گردیده بود. کریدورهای پیشنهادی در این پروژه شامل: الف) کریدور جاده مخصوص تهران- کرج ب) کریدور آزاد راه تهران- کرج و ج) کریدور بزرگراه همت می باشند.

در طرح مطالعاتی" امکان سنجی طرح احداث سامانه اتوبوس تندرو شهری و حومه ای (تهران -کرج)" اشاره ای به نوع اتوبوس ها و نوع سوخت اتوبوس ها نشده است. البته با توجه به شاخص های متعدد از قبیل هزینه ساخت، ظرفیت ناوگان، جابجایی و انعطاف پذیری و سرفاصله حرکت، نوع سیستم مناسب برای این مسیر اتوبوس تندرو انتخاب گردید. خاطر نشان می گردد، سیستم اتوبوسرانی پرسرعت نوعی سیستم حمل ونقل مجهز به فناوری های نوین است که دقت و سرعت سیستم حمل ونقل ریلی و انعطاف پذیری حمل ونقل با اتوبوس را همزمان دارا میباشد. با توجه به منافع و مزایای حاصل از سیستم یاد شده و نیز زمان و هزینه کمتر در بهره برداری نسبت به سایر شیوه های حمل ونقل همگانی انبوه بر به عنوان یکی از راهکارهای توسعه سیستم حمل ونقل همگانی بین دو شهر تهران و کرج مدنظر قرارگرفته است.

مطالعات کلی در قالب دو موضوع اصلی یکی انتخاب بهترین محور و دیگری مناسب‌ترین ناوگان انجام پذیرفت که ابتدا سه کریدور شامل آزادراه تهران–کرج، جاده مخصوص و بزرگراه همت–کرج مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین در زمینه انتخاب ناوگان نیز سه گزینه که شامل اتوبوس‌های تندرو درون‌شهری، اتوبوس‌های هدایت‌شونده (guided bus) به‌عنوان نوع پیشرفته اتوبوس‌های تندرو و اتوبوس‌هایی مابین دو نوع یا یاد شده، مدنظر قرار گرفتند.

در شکل ۶-۵ براساس گزارش آماری و مطالعات انجام گرفته [۶۲] برآورد حجم و درصد مسافر جابجا شده بین مسیر تهران- کرج از طریق آزاد راه، اتوبان همت، جاده مخصوص و جاده قدیم توسط ناوگان اتوبوسرانی، تاکسی رانی و مترو ارائه گردیده است.



نوع وسیله	محور	سهم (درصد)	تعداد مسافر جابجا شده رفت و برگشت روزانه	تعداد مسافر جابجا شده رفت و برگشت ساعت اوج	مدت زمان رفت (دقیقه) ساعت اوج	مدت زمان برگشت (دقیقه) ساعت اوج	مبلغ کرایه (ریال)
سواری شخصی	آزاد راه	۵۸	۷۱۸۴۲۰	۸۶۲۱۰	۸۵	۶۵	
	همت	۱۵					
	مخصوص	۲۱					
	قدیم	۶					
تاکسی	آزاد راه		۴۶۰۰۰	۶۹۰۰	۹۰	۷۰	۵۵۰۰۰
اتوبوس	آزاد راه		۳۶۰۰۰	۵۴۰۰	۱۱۰	۱۰۰	۲۰۰۰۰
مترو			۲۴۰۰۰۰	۲۸۰۰۰	۴۰	۴۰	۷۰۰۰
جمع			۱۰۴۰۴۲۰	۱۲۶۵۱۰			

شکل ۶-۵ برآورد حجم مسافر جابجا شده بین تهران- کرج[۶۴]

در شکل ۶-۶ برآورد کاهش زمان سفر بین تهران- کرج با احداث سامانه BRT و میزان جذب مسافر توسط اتوبوس BRT از سایر ناوگان های حمل و نقل موجود در این مسیر ارائه شده است.



شکل ۶-۶ برآورد کاهش زمان سفر بین تهران- کرج با احداث سامانه BRT [۶۴]

در شکل ۶-۷ برآورد کاهش مصرف سوخت با احداث سامانه BRT در مسیر تهران- کرج ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می گردد میزان مصرف سوخت در حال حاضر در مسیر تهران- کرج معادل ۱۸/۰۸۰ میلیارد ریال و در

صورت احداث سامانه BRT میزان مصرف سوخت به ۱۳/۱۲۰ میلیارد ریال کاهش خواهد یافت بعبارتی ۴/۹۶۰ میلیارد ریال در مصرف سوخت صرفه جویی خواهد شد.



شکل ۶-۷ برآورد کاهش مصرف سوخت با احداث سامانه BRT در مسیر تهران- کرج[۶۴]

در شکل ۶-۸ توجیه اقتصادی طرح احداث سامانه BRT در مسیر تهران- کرج ارائه شده است. همانطور که در این شکل ملاحظه می گردد احداث سامانه BRT از شروع سال پنجم به بعد به بازدهی مثبت رسیده و توجیه اقتصادی خواهد داشت.



شکل ۶-۸ توجیه اقتصادی طرح احداث سامانه BRT در مسیر تهران- کرج[۶۴]

۱۱ ۶ انعقاد تفاهم‌نامه برای ساخت ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری برای تهران در تاریخ ۹۷/۱۲/۶

طبق مطالعات و بررسی های انجام گرفته انعقاد تفاهم‌نامه برای ساخت ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس تک کابین توسط شرکت تولیدکننده داخلی در سمنان انجام گرفته است . بر اساس این تفاهم‌نامه ۵۰ دستگاه اتوبوس دیزلی توسط شرکت تولیدکننده داخلی در سال ۹۷ در اختیار شهرداری تهران قرار گرفته و الباقی در سال ۹۸ اجرایی خواهد شد. طبق تفاهم‌نامه ۸۰۰ دستگاه اتوبوس گازسوز نیز توسط این شرکت تولید خواهد شد. بر اساس طرح نوسازی که از سوی ریاست جمهوری اعلام گردیده ظرف سه سال آینده باید ۵ هزار دستگاه اتوبوس جدید وارد ناوگان حمل‌ونقل تهران گردد که ۸۰۰ دستگاه آن از شرکت مستقر در سمنان تأمین خواهد شد. در راستای اجرای برنامه نوسازی ناوگان فرسوده اتوبوسرانی تهران به منظور بهره مندی از ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقاء نظام مالی کشور، در خصوص مجوز عقد قراردادهای ارزی و ریالی و بند ب ماده ۱۲ قانون مذکور در مورد عقد قرارداد در زمینه طرح های بهینه سازی مصرف انرژی در بخش های مختلف از جمله حمل‌ونقل عمومی و همچنین اجرایی کردن مذاکرات صورت گرفته میان معاونت حمل‌ونقل ترافیک شهرداری تهران و شرکت «عقاب افشان» به منظور تأمین فروش ۱۰۰۰دستگاه اتوبوس درون شهری گازسوز و دیزلی به شرکت‌های بهره‌بردار تحت نظارت اتوبوسرانی تهران که طی قرارداد جداگانه، جزئیات فنی مالی و اجرای آن با تصریح تعهدات هر یک از طرفین منعقد شده است. بر اساس تفاهم نامه همکاری معاونت حمل‌ونقل ترافیک شهرداری تهران و شرکت تولیدی و صنعتی عقاب افشان در راستای اجرای بهینه قرارداد، شرکت های بهره برداری اتوبوسرانی در قالب تفاهم‌نامه برای خرید ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس شهری تک کابین به تفکیک ۲۰۰ دستگاه اتوبوس دیزل لوانتری و ۸۰۰ دستگاه اتوبوس گازسوز لوانتری و بر اساس طرح نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی ریاست جمهوری با تعهد دولت در مبنای پرداخت تا سقف ۵۰ درصد از مبلغ کل ۱۰۰۰ دستگاه اتوبوس از محل تعهد دولت صورت گرفته است. علل تصمیم گیری در این طرح اعلام نگردیده است و طبق مذاکراتی که با متخصصین امر انجام گرفته است بنظر می رسد با توجه به تجربه احداث سامانه اتوبوس های برقی در مسیر میدان امام حسین– شهدا و مشکلات ناشی از احداث سامانه اتوبوس های برقی و از سویی هزینه بر بودن احداث سامانه های اتوبوس های برقی، در طرح ها و پروژه های جاری فقط به استفاده از اتوبوس های گازسوز و دیزلی توجه گردیده و مورد مطالعه قرار گرفته اند.

۱۲ ۶ نتیجه گیری

در این مبحث موضوعات مرتبط با سیاست ها و چشم اندازهای حمل و نقل در برنامه سوم توسعه شهر تهران ۱۳۹۸-۱۴۰۲ مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در ادامه اهداف، راهبردها و سیاست های حمل و نقل تهران، شاخص ها و اهداف کلی سیاست های حمل و نقل تهران، چشم انداز حوزه معاونت حمل و نقل و ترافیک تهران، ارزیابی سیاست های حمل و نقل شهری ایران و تحلیل محتوای مصوبات شورای عالی هماهنگی ترافیک شهر تهران مورد

مطالعه قرار گرفته است. سپس در ادامه استانداردهای مرتبط با صنعت حمل و نقل، مطالعات و طرح های جامع و زیربخشی انجام گرفته در نیم قرن اخیر در صنعت حمل و نقل داخل کشور، وضعیت ناوگان در بخش اتوبوسرانی شهری کشور مورد بحث و بررسی قرار گرفت. همچنین در این مبحث تعداد کل اتوبوس های درون شهری کشور، سیاست های کلی نظام در بخش حمل و نقل ، قوانین مرتبط با امور حمل و نقل درون شهری، قوانین بالادستی حمل و نقل عمومی ، ساختار مدیریتی حمل و نقل شهر و حومه در کشور مطالعه گردیده و در ادامه سیاست های طرح و مستندات جایگزینی ۱۷ هزار اتوبوس فرسوده دیزلی درون شهری با اتوبوس های گازسوز و آیین نامه استفاده از ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید و استاندارد مرتبط با طرح جایگزینی و مشخصات فنی اتوبوس های گازسوز طرح جایگزینی ۱۷۰۰۰ اتوبوس فرسوده دیزلی شهری با اتوبوس های گازسوز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

همچنین در ادامه امکان سنجی طرح احداث سامانه اتوبوس تندرو شهری و حومه ای (تهران- کرج) و عملکرد و سیاست های سازمان اتوبوسرانی شهر تهران مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در این بخش تعداد کل اتوبوس های درون شهری کشور ۲۴۲۵۶ دستگاه برآورد گردیده است.

با توجه به مطالعات آماری تعداد اتوبوس های درون شهری کشور معادل ۲۴۲۵۶ دستگاه تخمین زده می شود. همچنین با بررسی های بعمل آمده ظاهرا بنظر می رسد که بعلت ارزان بودن انرژی های فسیلی من جمله گازوئیل و گاز در داخل کشور و فراوانی و در دسترس بودن این نوع سوخت ها مسئولان امر بیشتر دیدگاه استفاده از اتوبوس های دیزلی و گازسوز را در داخل کشور دارند و عوامل محیطی در تصمیم گیری ها چندان دخیل نمی باشد.

در حال حاضر به جز ایران خودرودیزل به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده اتوبوس در کشور، چندین شرکت متعلق به بخش خصوصی نیز این محصول را تولید می‌کنند که در این بین، ایران خودرودیزل به تنهایی توان تولیدی بین ۲ هزار تا ۲ هزار و ۵۰۰ دستگاه اتوبوس را دارد و با در نظر گرفتن شرکت‌های خصوصی، امکان تولید حداقل ۳ هزار دستگاه از این محصول در کشور فراهم است. با این حال، کمبود مشتریان دولتی (به‌عنوان خریداران اصلی اتوبوس‌های درون‌شهری)، اجازه تولید مطابق با ظرفیت موجود را نمی‌دهد. اتوبوس‌های درون شهری معمولا سه دسته مشتری دارند که همگی شامل نهادهای دولتی و شهرداری‌ها می‌شوند. وزارت کشور، شرکت‌های اتوبوسرانی شهرستان‌ها و شهرداری‌ها، خریداران اصلی اتوبوس‌های درون شهری محسوب می‌شوند که با وجود تولید داخل این محصول، گاهی واردات را بر خرید داخل ترجیح می‌دهند. سابقه صنعت اتوبوس سازی در کشور تنها به شرکت ایران خودرو دیزل برنمی گردد، بلکه شرکت شهاب خودرو نیز در این زمینه نقش آفرینی داشته است. شرکت شهاب خودرو در سال ۱۳۴۳ با نام لیلاند موتور به تولید انواع کامیون، اتوبوس وکامیونت مبادرت ورزیده است. پس از پیروزی انقلاب با خرید شاسی اتوبوس از شرکت "ایران خودرو" و موتور بنز از شرکت "ایدم تبریز" اقدام به تولید اتوبوس بنز ۳۰۲ نمود. این شرکت اتوبوس گاز سوز با استاندارد آلایندگی یورو ۶ با موتور بنز را تولید می کند که استاندارد آلایندگی Euro5+EEU را نیز کسب کرده است و در مناقصه ۶۰۰دستگاه اتوبوس صادراتی به کشور سوریه در رقابت با شرکت های متعدد برنده شده است . درحال‌حاضر بیش از ۷۰ درصد ظرفیت شرکت‌های داخلی تولیدکننده

اتوبوس به‌دلیل نبود سفارش بدون استفاده مانده است. قریب به ۱۰شرکت اتوبوس‌ساز در کشور با ظرفیت تولید افزون بر ۴۵هزار اتوبوس در سال وجود دارد. به نظر می‌رسد کمبود نقدینگی، مواد اولیه و قطعات یکی از موانع جدی واحدهای تولیدی به‌ویژه در خودروسازی‌ها باشد.

در سال ۱۳۹۷ تنها یکهزار و ۱۵۰ دستگاه اتوبوس در داخل کشور تولید گردید که علت کاهش تولید در سال‌های اخیر تخصیص نیافتن اعتبار لازم در بودجه وزارت کشور برای خرید اتوبوس است. تا قبل از این سال‌ها وزارت کشور ۸۲,۵ درصد و شهرداریها ۱۷,۵ درصد از هزینه خرید اتوبوس را پرداخت می‌کردند که به علت تامین نشدن اعتبار لازم اقدامی برای خرید اتوبوس نمی گردد. در حال حاضر شرکت های اتوبوس ساز داخلی توان تولید اتوبوس‌های تک کابین، دوکابین، ارتفاع پائین (low floor) و اتوبوس‌های گاز سوز را مطابق با استانداردهای ایمنی، عملکردی و آلایندگی یا استانداردهای یورو ۵ (EEB) یا یورو۴(DPF) را دارند.

در برنامه افق ۱۴۰۴ تهران می‌بایست ۱۱ هزار اتوبوس در ناوگان اتوبوسرانی فعال باشند تا ۲۹ درصد از سفرهای شهری را جوابگو باشند. این در حالیست که مترو و اتوبوسرانی در مجموع نزدیک به ۲۵ درصد از سفرهای شهری را در حال حاضر پوشش می‌دهند . براساس اطلاعاتی که از میزان تولید خودرو در کشور منتشر شده و مقایسه آن با مدت مشابه سال گذشته، در یکسال اخیر بیش از ۹۰ درصد از حجم تولید اتوبوس کاسته شده و از تولید ۵۷ دستگاه در فرودین ماه ۹۷ به تنها ۵ دستگاه در فروردین امسال رسیده است.

جدول ۶-۱۸- مقایسه میزان تولید انواع خودرو در داخل کشور

نوع محصول	فروردین ۹۷	فروردین ۹۸
سواری	۷۶۸۰۷	۴۰۶۰۲
ون	۷۴	۰
وانت	۳۰۹۰	۱۹۱۶
مینی بوس و میدل باس	۸۷	۷
اتوبوس	**۵۷**	**۵**
کامیون، کامیونت و کشنده	۶۷۹	۹۳
جمع کل انواع خودرو (دستگاه)	۸۰۷۹۴	۴۲۶۲۳

تأمین خودروهای مجاز هیبریدی توسط خودروسازان ایرانی ازجمله سیاست‌هایی است که در جهت رفع مشکلات آلودگی‌های زیست‌محیطی در نظر گرفته شده، اما تاکنون در رابطه با این مبحث که از سال‌های پیش مطرح شده، اقداماتی صورت نگرفته است و تنها به فعالیت‌هایی که برخی از خودروسازان یا پروژه‌های دانشگاهی به آن پرداخته‌اند،

بسنده شده و سهم این خودروها از تولیدات داخلی صفر بوده و بسترهای لازم برای استفاده از آنها در کلانشهرها فراهم نشده است. اما در دیگر کشورهای تولیدکننده خودرو شرایط به‌گونه‌ای دیگر است. براساس آمارهای سه، چهار سال اخیر، حدود سه‌درصد خودروهای تولیدی دنیا از نوع هیبریدی و یک‌درصد از نوع الکتریکی است. در آمریکا این عدد حدود سه‌درصد (در کالیفرنیا حدود ۶درصد)، در ژاپن حدود ۲۰درصد و در اروپا حدود ۵ /۱درصد است. بسیاری از کشورهای اروپایی تردد و تولید خودروهای احتراقی را تا سال ۲۰۲۵ مجاز اعلام کرده و جریمه‌های سنگینی را برای استفاده‌کنندگان این خودروها در نظر گرفته‌اند.

استفاده از اتوبوس‌های برقی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی برخی از کلان‌شهرهای کشورمان تجربه موفقی بوده است. اکنون در خیابان ۱۷ شهریور تهران حد فاصل میدان شهدا تا بزرگراه بعثت، سرویس‌دهی ناوگان اتوبوس‌رانی از طریق اتوبوس‌های برقی انجام می‌شود. اواسط سال ۹۶ گذشته هم نخستین اتوبوس تمام‌برقی کشور در شیراز به بهره‌برداری رسید تا در صورت عملکرد مثبت، تعداد بیشتری از آن وارد چرخه سرویس‌دهی شود. زمان شارژ شدن این نوع اتوبوس برقی که در شیراز مورد بهره‌برداری قرار گرفته، ۲/۵ تا چهار ساعت است و اتوبوس برای طی مسافتی حدود ۲۵۰ کیلومتر آماده می‌شود شرکت خودروسازی کارمانیا اقدام به واردات اتوبوس‌های تمام برقی به ناوگان حمل‌ونقل عمومی کشور در سال ۱۳۹۶ نموده‌است. قرار است، شرکت خودروسازی کارمانیا، اتوبوس تمام برقی BYD K9(BYD EBus)را در شرایط ایران مورد بررسی قرار دهد. طبق قرارداد، این شرکت، در ابتدا اتوبوس را در شیراز مورد تست قرار می‌دهد و پس از بررسی شاخص‌های مختلف، اتوبوس تمام برقی BYD K9 را به ناوگان حمل‌ونقل عمومی تهران نیز وارد می‌سازد.

فصل ۷ استخراج آمار و اطلاعات مربوط به اتوبوس های برقی فعال در محور میدان امام حسین و شهدا

۷ ۱ مقدمه

در سال های اخیر به دلیل اعمال قوانین جهت کاهش آلایندگی خودروها و مشکل آلودگی هوا در کشور، طر ح ها و برنامه هایی در این زمینه در حال اجراست .برای کاهش آلودگی هوا به حد صفر، سیستم سوخت الکتریکی، برای اتوبوس های شهری به عنوان یک راهکار نوین ارائه شده است. برای درک درست اینکه چرا یک اتوبوس برق - باتری می تواند منحصربه فرد باشد، می توان اتوبو س های سوخت فسیلی با سوخت برقی را مقایسه نمود. جهت معرفی این فناوری روز دنیا، طرز عملکرد، اجزای ا سا سی و پارامترهای تعیین کننده در انتخاب یک اتوبوس تمام برق -باتری بسیار مهم و حائز اهمیت می باشد. در این پروژه جهت استخراج اطلاعات آماری اتوبوس‌های برقی درون شهری تهران محور میدان امام حسین- شهدا و ا ستخراج اطلاعات فنی پیشرانه‌های آنها با سازمان ها، ارگان ها و اشخاصی همچون معاون محترم شهردار و رئیس سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران جناب آقای دکتر پور سید آقایی و نیز مدیر کل محترم دفتر حمل و نقل و ترافیک و دبیر محترم شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای وزارت کشـور جناب آقای مهندس محمدیان یزدی مکاتباتی انجام گرفت که نتایج و دیتاها و آمارها و گزارشـاتی که در پاسخ استعلامات و مکاتبات به این مرکز ارسال گردیده است به شرح ذیل باستحضار رسانده می شود. همانطور که در جدول ۷-۱ م شاهده می گردد اتوبوس های برقی موجود در محور میدان امام ح سین- شهدا از نوع SKODA 15tr (Trolleybus) (برقی شاخک دار) محصول کشور جمهوری چک بوده که از مجموع ۶۳ دستگاه اتوبوس

برقی خریداری شده در ۲۳ سال قبل (سال ۱۳۷۴) هم اکنون ۱۰ دستگاه اتوبوس برقی فعال و در مدار حرکت می باشند و الباقی ۵۳ دستگاه در پارکینگ شرکت واحد متوقف می باشند. این اتوبوس های برقی در حال حاضر سالم می باشند و هیچ نقص فنی نداشته و بیش از یک سال است که در محوطه پایانه پارک شده و از آنها هیچ استفاده‌ای نمی شود . نبود ظرفیت برق و عدم احیای خطوط دیگر و هزینه زیاد برای آموزش نیروی انسانی در جهت استفاده و تعمیر و نگهداری آنها از دلایل استفاده نشدن اتوبوس‌های برقی می باشند. تعداد مسیر حرکت اتوبوس های برقی یک مسیر بوده و طول مسیر ۱۳/۹ کیلومتر می باشد و هر دستگاه اتوبوس برقی گنجایش ۱۴۵ مسافر را دارد. میانگین مسافت طی شده توسط هر واحد دستگاه اتوبوس در ماه تقریبا ۶۰۰ کیلومتر می باشد. طول این اتوبوس ها ۱۷۷۲۰ میلیمتر، عرض ۲۵۰۰ میلیمتر، ارتفاع ۳۴۱۰ میلیمتر، تعداد صندلی ها ۴۴ صندلی و تعداد سرنشینان ایستاده ۱۰۶ مسافر می باشد. هر دستگاه اتوبوس برقی دارای دو الکتروموتور DC با رنج توانی هر یک 120KW با ولتاژ خط ۷۵۰ ولت،

جریان ۱۷۵ آمپر، وزن ۷۹۵ کیلوگرم، دور موتور 1800rpm، و نیز دارای دارای یک موتور DC کمکی به وزن ۱۹۰کیلوگرم و ولتاژ ۷۵۰ ولت بتوان ۵/۵ کیلووات می باشد. حداکثر سرعت این نوع اتوبوس ها ۶۵ کیلومتر بر ساعت می باشد.

۷ ۲ مشخصات فنی اتوبوس های برقی skoda 15tr محور میدان امام حسین- شهدا



شکل ۷-۱ اتوبوس های برقی skoda 15tr محور میدان امام حسین- شهدا

در جدول ۷-۱ الی مشخصات فنی اتوبوس برقی مسیر محور میدان امام حسین- شهدا شامل نوع اتوبوس، وضعیت اتوبوس ها، طول مسیر، گنجایش مسافر هر دستگاه اتوبوس، تعداد اتوبوس های برقی فعال و غیر فعال، نوع و مشخصات فنی اتوبوس ها، تعداد سال های تحت بهره برداری، میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه در صورت فعال سازی (کیلومتر)، طول و عرض اتوبوس ، تعداد صندلی ها، تعداد و توان موتورهای الکتریکی هر اتوبوس، ولتاژ و جریان موتور و ماکزیمم سرعت اتوبوس های برقی ارائه شده است.

جدول ۷-۱- مشخصات مسیر اتوبوس برقی محور میدان امام حسین- شهدا [۶۲]

محور میدان امام حسین- شهدا	
نوع اتوبوس برقی	(Trolleybus) SKODA 15tr (برقی شاخک دار)
وضعیت	فعال
تعداد مسیر	۱
طول مسیر	۱۳،۹ کیلومتر
گنجایش مسافر هر واحد اتوبوس	۱۴۵ نفر

جدول ۷-۲- مشخصات فنی اتوبوس برقی مسیر محور میدان امام حسین- شهدا [۶۲]

توضیحات	اشکودا
تعداد اتوبوس های شهری برقی	63
نوع و مشخصات فنی اتوبوس های برقی	15tr
تعداد سال های تحت بهره برداری	23
میانگین پیمایش تخمینی در ماه برای هر دستگاه در صورت فعال سازی (کیلومتر)	600
حجم سوخت مصرفی تخمینی در ۱۰۰کیلومتر هر دستگاه	---

جدول ۷-۳- ادامه مشخصات فنی اتوبوس برقی مسیر محور میدان امام حسین- شهدا [۶۲]

Kerb weight: 16 499 kg	**Lenght: 17 720 mm**

Width: 2 500 mm		**Engine power: 2 x 120 kW**
Height: 3 410 mm		**Motor rated voltage: 750 V**
Number of seats: 44		**Eletric motor current: 175 A**
Number of standings: 106		**Max speed: 65 kmh^{-1}**

جدول ۷-۴- ادامه مشخصات فنی اتوبوس برقی مسیر محور میدان امام حسین- شهدا[۵۴]



کاربرد	اطلاعات عمومی	مشخصات فنی
مشخصات اصلی اتوبوس	تیپ خودرو	اتوبوس برقی
	نوع ومدل	15Tr
	شرکت وکشور سازنده	اشکودا-جمهوری چک
	سال ساخت	۱۹۹۱
	طول-عرض-ارتفاع	۱۲۲۴۰-۲۵۰۰-۳۴۱۰ میلیمتر
	فاصله اکسل جلو تا وسط	۵۴۲۰ میلیمتر
	فاصله اکسل وسط تا عقب	۶۳۸۰میلیمتر
	حداکثر سرعت	۶۵ کیلومتردرساعت
	وزن مجاز(بدون سرنشین)	۱۵۹۰۰ کیلوگرم
	وزن مجاز باسرنشین	۲۶۱۰۰ کیلوگرم
	تعداد ظرفیت سرنشین نشسته	۴۴ نفر
	تعداد ظرفیت سرنشین ایستاده	۱۰۶ نفر
	ارتفاع اتوبوس با احتساب شاخک	۳۴۱۰ میلیمتر
	حداکثر زاویه گردش آرتی کولیت	۵۰ درجه
	عرض محور جلو	۲۰۰۸ میلیمتر
حرکت	نوع موتورالکتریکی	موتورتراکشنDC
	تعداد وقدرت موتور تراکشن	۱۲۰*۲ کیلووات
	ولتاژ کار	۷۵۰ولتDC
	وزن موتور تراکشن	۷۹۵ کیلوگرم
	نوع موتور کمکی	موتورDC ، ۷۵۰ولت،۵۰کیلووات
	وزن موتور کمکی	۱۹۰ کیلوگرم
	دور موتور	۱۸۰۰r.p.m
محرکه	اکسل جلو	Wheel Hub
	اکسل وسط	Skoda HN2.0
	اکسل عقب	Skoda HN2.1
	آرتی کولیت	آرتی کولیت پرده ای
	سیستم ترمز	ترمز بادی
	ترمز جانبی	ترمز برقی
	فرمان	The 712HRSB Power assisted steering
	چرخ جلو	1100 R20 2Pc
	چرخ وسط	1100R20 4Pc
	چرخ عقب	1100R204Pc
	روغن کاری	Verkol2-3



I	اطلاعات عمومی	مشخصات فنی
	تیپ خودرو	اتوبوس برقی
	نوع	۱۵Tr
	طول / عرض / ارتفاع	۱۷۷۲۰/۲۵۰۰/۳۴۱۰ میلی متر
	محورها	فاصله اکسل جلو تا وسط ۵۴۲۰ میلی متر فاصله وسط تا عقب ۶۳۸۰ میلی متر
	حداکثر سرعت	۶۵ کیلومتر در ساعت
	وزن مجاز و خالص	۱۵۹۰۰/۲۶۱۰۰ کیلوگرم
	بار مجاز روی اکسل جلو - وسط - عقب	۶۰ /۱۱۰/۱۱۰ کیلونیوتن
	ظرفیت نشسته و کامل	۱۰۶ + ۴۴ ؛ ۱ + ۱۵۰
	ارتفاع ورودی	۳۸۰ میلی متر
	ارتفاع داخلی	۲۰۸۰ میلی متر
II	حرکت	
	موتور الکتریکی	موتور تراکشن DC
	سیستم کنترل الکتریکی	چاپر
III	محرکه	
	اکسل جلو	Wheel Hub
	اکسل وسط	Skoda HN 2.0
	اکسل عقب	Skoda HN 2.1
	آرتی کولیت	آرتی کولیت پرده ای
	سیستم ترمز	ترمز بادی
	ترمز جانبی	ترمز برقی
	فرمان	The 712HRSB Power assisted steering
	چرخ جلو	۱۱۰۰ R20 2Pc
	چرخ وسط	۱۱۰۰R20 4Pc
	چرخ عقب	۱۱۰۰R20 4Pc
	روغنکاری	Verkol 2-3
IV	بدنه	
	ساختار	آهن گالوانیزه
	وضعیت درها	۴ در ۲ تایی
	روش باز وبسته شدن	از داخل باز شو
V	بخاری - تهویه - کولر	
	کابین راننده	دمنده هوای گرم
	کابین مسافر	۵ دمنده یک مرحله ای
	کولر	ندارد

کاربرد	اطلاعات عمومی	مشخصات فنی
بدنه	ساختار	آهن گالوانیزه
	وضعیت درب ها	٤ درب دولنگه
	روش باز وبسته شدن دربها	به داخل باز شونده
بخاری و کولر	کابین راننده	دمنده هوای گرم
	کابین مسافر	٥ دمنده یک مرحله ای
	کولر	ندارد
تغذیه داخلی	نوع باطری	الکالاین
	ولتاژ باطری	٢٤ ولتی
	توان باطری	١٦٠ آمپرساعت
	تعداد سلول باطری	١٨ عدد سلول
	ولتاژ هر سلول	١،٣ ولت
	وزن باطری	١٠٠ کیلوگرم
	مسافت طی شده با هر بار شارژ ١٢٠ ولتی	٧ کیلومتر
تغذیه خارجی	نوع باطری	اسیدی
	ولتاژ باطری	١٢٠ ولت
	توان باطری	١٠٠ آمپرساعت
	تعداد سلول باطری	٦٠ سلول
	ولتاژ هر سلول	٢ ولتی
	وزن باطری	٧٠٠ کیلوگرم

جدول ۷-۵- ادامه مشخصات فنی اتوبوس برقی مسیر محور میدان امام حسین- شهدا [۶۲]

آمار واطلاعات مربوط به اتوبوس های برقی فعال درون شهری

ردیف	نام اتوبوس	مدل موتور	میزان مصرف انرژی به ازاء هر ساعت kw/h	حداکثر توان موتور	حداکثر گشتاور موتور	استاندارد آلایندگی موتور	توضیحات			
							وزن هر موتور	دور موتور	ولتاژ کاری موتور	سال ساخت
۱	اشکودا	تراکشن ۷۵۰ ولت سری IM1103	۲۹۴۱ kw/h	۲۵۱۲۰ kw	-	صفر	۷۹۵ kg	۱۵۰۰-۳۸۰۰ r.p.m	۷۵۰V	۱۹۹۱

سایر مشخصات فنی اتوبوس های درون شهری به شرح ذیل (درصورت وجود)

نام اتوبوس	مدل موتور	تعداد کل اتوبوس	نوع سوخت	حداکثر توان موتور	حداکثر گشتاور موتور	استاندارد آلایندگی موتور	نوع سیستم سوخت رسانی	تعداد سیلندر	طول اتوبوس mm	عرض اتوبوس mm	سرعت km/h	وزن خالص بدون سرنشین
اشکودا	۷۵۰ولت سری dc	۶۴دستگاه	برقی	۱۲۰kw	-	صفر	خطوط بالاسری ۸۲۰-۸۹۰	-	۱۷/۲۲۰	۲/۵۰	۶۵	۱۵۹۰۰ kg

سایر مشخصات فنی اتوبوسهای درون شهری به شرح ذیل (درصورت وجود)

حداکثر بار مجاز فنی (کیلوگرم)	نوع گیربکس	نوع سیستم تعلیق	نوع سیستم ترمز	نوع سیستم سوخت رسانی	حجم مخزن سوخت	محل قرار گیری موتور	حجم موتور	مدل جعبه فرمان	مکانیزم فرمان
۲۶۱۰۰ kg	ندارد	سیستم تعلیق بادی یکپارچه وابسته (کمک فنر خمره ای)	برقی و بادی	خطوط بالاسری ۸۹۰- vdc ۸۲۰	ندارد	کف اتوبوس کابین اول ودوم	-	۷۱۲hrsb power assisted steering	هیدرولیک

داده های ثبت شده در نرم افزار GPS

متراژ طول مسیر		تعداد ایستگاه		میانگین فاصله زمانی بین دو ایستگاه	سرعت			میانگین توقف در ایستگاه	میانگین توقف در میدا	میانگین توقف در مقصد
رفت	برگشت	رفت	برگشت		حداقل سرعت	حداکثر سرعت	میانگین سرعت			
۴۵۷۰	۴۶۶۶	۱۳	۱۳	۲دقیقه	۱۰	۳۴	۲۲	۱دقیقه	۱۷دقیقه	۱۳دقیقه

۷ ۳ نتیجه گیری

در این بخش موضـــوعات مرتبط با اتوبوس برقی، طرز عملکرد اتوبوس برقی، اجزاء تشـــکیل دهنده یک اتوبوس برقی، سیستم شارژ اتوبوس برقی ، سیستم حمل و نقل عمومی در شهر تهران و اتوبوس برقی، مشخصات فنی اتوبوس برقی skoda 15tr در محور میدان امام حسین شهدا به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

در این فصـــل بیان گردید که اتوبوس های برقی محور میدان امام حســـین – شـــهدا از نوع SKODA 15tr (Trolleybus) (برقی شاخک دار) محصول کشور جمهوری چک می باشند که بتعداد ۶۳ دستگاه موجود بوده که از این تعداد فقط ۱۰ دستگاه مورد بهره برداری فعلی می باشند. طول مسیر محور میدان امام حسین- شهدا ۱۳/۹ کیلومتر و گنجایش هر اتوبوس برقی ۱۴۵ مســـافر می باشـــد. این اتوبوس ها به مدت ۲۳ ســـال در حال بهره برداری بوده و میانگین پیمایش هر دستگاه اتوبوس برقی در هر ماه تقریبا معادل ۶۰۰ کیلومتر می باشد. طول این اتوبوس ها ۱۷۷۲۰ میلیمتر، عرض آنها معادل ۲۵۰۰ میلیمتر ، وزن خالص معادل ۱۶۴۹۹ کیلوگرم، ارتفاع ۳۴۱۰ میلیمتر، تعداد صندلی های هر دستگاه اتوبوس برقی معادل ۴۴ صندلی، تعداد سرنشین های ایستاده معادل ۱۰۶ مسافر، دارای دو الکتروموتور DC بتوان هر یک 120KW، ولتاژ هر الکتروموتور ۷۵۰ ولت، جریان ۱۷۵ آمپر و ماکزیمم سرعت این اتوبوس ها معادل ۶۵ کیلومتر بر ساعت می باشد.

تعداد ۵۵ دستگاه اتوبوس برقی در حال حاضر سالم می باشند و هیچ نقص فنی ندارند و بیش از یک سال است که در محوطه پایانه پارک شـــده و از آنها هیچ اســـتفاده‌ای نمی‌شـــود. نبود ظرفیت برق موجود و عدم احیای خطوط دیگر در این رابطه و بدلیل اینکه هزینه زیادی برای تهیه این نوع اتوبوس ها و آموزش نیروی انســـانی در جهت استفاده از آنها نیاز می باشد از دلایل استفاده نشدن اتوبوس‌ها می باشند. میزان مصرف انرژی اتوبوس های برقی به ازاء هر ساعت برابر با ۲۹۴۱ کیلووات بر ساعت می باشد بعبارتی با کارکرد ۱۲ ساعت در روز میزان مصرف انرژی هر دستگاه اتوبوس برقی تهران معادل ۳۵۲۹۲ کیلووات ساعت و در سال حدوداً معادل ۱۲/۹ مگاوات ساعت می باشد. حداکثر توان موتور اتوبوس های برقی در این مسیر ۱۲۰ کیلو وات با ولتاژ ۷۵۰ ولت DC می باشد. کشور و پیمانکار اجرای طرح، کشور چک و شرکت اشکودا Skoda می باشد. علت عدم گسترش این نوع اتوبوس های برقی به سایر نقاط شهر تهران مشکل تامین برق مورد نیاز این نوع اتوبوس ها و نیز مشکل احداث سیم ها و کابل های رابط بعلت

کمبود فضا در خیابان های سطح شهر می باشد.در حال حاضر یک خط اتوبوس برقی در تهران وجود دارد و برنامه ریزی برای توسعه دو خط دیگر ادامه دارد. یک خط از میدان خراسان تا میدان راه‌آهن و خط دیگر از میدان خراسان تا پایانه جنوب خواهد بود. تا پایان سال ۱۳۹۸یک خط از این خطوط راه اندازی خواهد شد.

در خصوص استهلاک و هزینه تعمیر و نگهداری و شرکت پیمانکار تعمیرات اتوبوس های برقی از شرکت واحد اتوبوسرانی تهران استعلام بعمل آمد که متاسفانه پاسخی دریافت نگردید. همچنین دلیل انتخاب نوع اتوبوس و خرید از جمهوری چک (با توجه به تامین کنندگان با سابقه دیگر اروپایی) در آن زمان بنا سیاست های اتخاذ شده مشخص و مکتوب نیست.

مطالعات برقی کردن اتوبوس در کلان شـــهرهای کشـــور کلید خورده و با توجه به اینکه آلودگی هوا یکی از معضـــلات مهم شـــهر تهران اســـت، جایگزینی اتوبوس‌های برقی بجای اتوبوس‌هایی که با ســـوخت گازوئیلی حرکت می‌کنند می‌تواند نقش موثری در کاهش آلودگی هوا داشـــته باشـــد. در منطقه ۱۲، ۵ خط جدید اتوبوس برقی پیش‌بینی شده است که در حال حاضر یکی از این خطوط در حال فعالیت بوده و یک خط دیگر هم در دست اقدام می باشد.

شرکت واحد اتوبوسرانی تهران ۶۳ دستگاه اتوبوس برقی در اختیار دارد که ۱۰ دستگاه آن در خط میدان شهدا در مدار بهره‌برداری است و ۵۳ دستگاه اتوبوس نیز وارد ۲ خط دیگر خواهند شد. خطوط جدید اتوبوس برقی منوط به اجرای عملیات عمرانی است. مطابق مصوبه سال ۱۳۹۳هیأت وزیران، سن فرسودگی اتوبوس‌های شهری، ۸ سال تعیین شده است. این مصوبه البته درباره اتوبوس‌های برقی سخنی به میان نمی‌آورد اما می‌توان شواهد این فرسودگی را در همه بخش‌های اتوبوس‌هایی که ۲۴سال پیش در تهران به کار گرفته شده‌اند، یافت.

فصل ۸ استخراج سیکل حرکتی شهری اتوبوس های درون شهری در تهران

۸ ۱ مقدمه

امروزه رشد سریع جمعیت و درپی آن افزایش وسائل نقلیه سبب آلودگی هوا شده است. آلودگی های ناشی از وسائل نقلیه را می توان با راهکارهای مناسب از جمله اصلاح قوای محرکه وسائل نقلیه کاهش داد. با اصلاح وسائل نقلیه هم آلودگی هوا و هم مصرف سوخت کاهش می یابد. بسیاری از مراکز علمی تمرکز خود را بر اصلاح و ساخت وسائل نقلیه با مصرف سوخت و تولید آلودگی کمتر قرار داده اند. یکی از مهم ترین وسائل نقلیه در شهرهای بزرگ اتوبوس های شهری است. اتوبوس ها به چندین نوع مختلف تقسیم می شوند که یکی از پرکاربردترین و مقبول ترین آنها، اتوبوس های تندرو است. این اتوبوس ها دارای سیکل رانندگی مشخصی می باشند. با توجه به آمار سال ۱۳۹۳ تعداد اتوبوس های تندرو شهر تهران ۱۵۱۶ دستگاه بوده است. همچنین ۱۰ خط اتوبوس تندرو مختلف وجود دارد. این اتوبوس ها با مصرف روزانه ۲/۸ میلیون لیتر گازوئیل، ۲ میلیون مسافر را جابجا می نمایند. اگر قیمت هر لیتر گازوئیل ۵۰۰ تومان باشد، با حسابی ساده، روزانه مبلغی بالغ بر یک میلیارد و ۴۰۰ میلیون تومان صرف هزینهٔ سوخت اتوبوس های تندرو می شود. حال میتوان این هزینه سوخت و آلودگی های تولیدی این اتوبوس‌ها را با تبدیل آنها به اتوبوس های هیبریدی تا حدودی کاهش داد. اولین قدم در طراحی یک اتوبوس هیبریدی بررسی رفتار ترافیکی اتوبوس‌های موجود در شهر محل استفاده‌ی آنها است. با استخراج رفتار کلی اتوبوس‌های یک شهر و انجام عملیات آماری روی داده‌های جمع آوری شده میتوان یک مشخصه‌ی سرعت بر حسب زمان موسوم به سیکل رانندگی بدست آورد که معرف و نماینده‌ی رفتار تمامی اتوبوس‌های آن شهر باشد. به منظور اینکه سیکل استخراج شده برای یک شهر نماینده واقعی رفتار ترافیکی آن شهر باشد لازم است که از گام ابتدایی ساخت سیکل رانندگی که انتخاب مسیر و جمع آوری داده است ملاحظاتی مثل انتخاب مسیرهای متنوع در یک شهر و همچنین داده برداری در فصول و ساعت های مختلف یک شهر در نظر گرفته شود، بدین صورت داده‌های جمع آوری شده دارای غنای کافی خواهند بود و سیکل بدست آمده از آنها میتواند قابل اعتماد و صحه گذاری باشد. در مراحل بعدی لازم است که سیکل ساخته شده مشخصات آماری داده‌های تجمعی جمع آوری شده در مراحل قبلی را داشته باشد. بدین ترتیب عملیات ساخت سیکل و ارزیابی آن انجام میشود. در این پروژه نیز گامهایی که برای ساخت سیکل معرفی شد، برداشته شده است و در نهایت یک سیکل هزار ثانیه‌ای -که برای اتوبوس‌های شهری مرسوم است- ساخته شده است.

۸.۲ تعریف سیکل رانندگی

از سیکل‌های رانندگی مختلفی برای تعیین اثرات الگوی رانندگی بر آلایندگی تولیدی شهرها استفاده شده است. سیکل رانندگی معرف رفتار راننده و میزان شدت رانندگی (شتاب گیری، حداکثر سرعت و...) است. لذا با استفاده از تغییر سیکل رانندگی، میتوان الگوی تولید آلایندگی را در هر یک از این شرایط بدست آورد. به عبارتی سیکل رانندگی یک الگوی استاندارد شده حرکت برای وسیله نقلیه است که با جداول سرعت - زمان توصیف می شود. از آنجا که در هر بازه زمانی کوتاه، سرعت خطی می باشد، بنابراین توان مکانیکی بر حسب زمان قابل محاسبه خواهد شد [۶۵].

۸.۳ دلایل اهمیت سیکل رانندگی

باتوجه به توضیحات ارائه شده در بخش پیشین می‌توان گفت که سیکل رانندگی پارامتر بسیار مهمی در مدلسازی خودرو است؛ زیرا رفتار و روند حرکت یک خودرو را در بازهٔ زمانی بیان می کند. سیکل رانندگی برای شهرها و مسیرهای گوناگون استخراج می گردد و حتی در یک مسیر مشخص متناسب با نوع رانندگی افراد مختلف متفاوت می باشد. سیکل رانندگی یک نمودار سرعت برحسب زمان است که شتاب گیری ها، ترمزگیری ها و حرکت با سرعت ثابت را نشان می دهد. کارکردن در سیکل های مختلف سبب عملکرد و بازده های مختلف اتوبوس می شود. از اینرو انتخاب و دقت در به دست آوردن سیکل رانندگی بسیار حائز اهمیت است.

همچنیم طراحی یک استراتژی کنترل که جهت عملکرد یک سیستم قوای محرکه هیبرید در انواع جاده ها و سیکل های حرکتی مناسب باشد، یکی از زمینه های چالش برانگیز در حوزه ی خودروهای هیبرید است. استراتژی های کنترلی هوشمند پاسخی به این نیاز هستند. در یک استراتژی کنترل هوشمند، سیگنال های کنترلی موردنیاز باتوجه به نوع سیکل رانندگی که خودرو در آن حرکت می کند، تعیین می گردند. این مهم با کمک یک واحد شناسایی سیکل رانندگی انجام می گیرد [۶۶].

از سویی طراحی یک استراتژی کنترل بهینه برای سیستم قوای محرکه‌ی اتوبوس هیبرید هیدرولیک موازی که شامل یک موتور احتراق‌داخلی به‌عنوان مؤلفه‌ی اول تولید قدرت و یک پمپ-موتور هیدرولیکی به‌عنوان مؤلفه‌ی دوم می‌باشد بسیار تابع روند تغییرات سرعت در سیکل رانندگی است. این تابعیت تاحدی است که روند تغییرات سرعت سیکل رانندگی در زمان‌های آتی سیکل نیز روی تصمیم کنترلی در هر گام تأثیر دارد.

همچنین با توجه به قوانین محدود کننده آلودگی و مصرف سوخت خودروها، تحقیقات وسیعی برای کاهش این دو مورد انجام شده است. این مقادیرعلاوه بر مشخصات خودرو به نحوه رانندگی در شهرها نیز بستگی دارد، که آن را

با سیکل های شهری بیان می‌کنند. بررسی اثر مشخصات این سیکل با نتایج تجربی صحیح بسیار مشکل است. بدین لحاظ می بایست الگوریتمی ارائه گردد، که با معلوم بودن نتایج آزمایش موتور بر روی دینامومتر و مشخصات خودرو، میزان م صرف سوخت و آلایندگی خودروها را در سیکل‌های ا ستاندارد تخمین زده شود. بعبارتی یکی از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار در نشـر آلاینده‌های هوا چرخه رانندگی اسـت. چرخه رانندگی الگوی حرکت وسـیله نقلیه در معابر شهری ا ست، که تو سط نمودارهای سرعت-زمان معرفی می شود. الگوی رانندگی شهر تهران بدلیل تفاوت در فرهنگ اسـتفاده از خودرو متفاوت اسـت، رفتار رانندگان تاثیر زیادی بر روی چرخه رانندگی می‌گذارد و این تاثیر می‌تواند در پیش‌بینی نشر آلاینده‌ها متفاوت باشد [۶۷].

۸ ۴ عوامل موثر بر سیکل های رانندگی

عوامل متعددی در سیکل های رانندگی اثر گذار می با شند که از آن جمله می توان به نوع و و ضعیت خودرو، ترافیک م سیر و شرایط آب و هوایی در روزها و ساعات مختلف و همچنین الگوی رفتاری راننده ا شاره نمود. سیکل های رانندگی استاندارد معمولا به دو منظور اصلی زیر ایجاد می شوند [۶۶]:

۱. برای تعیین شاخص های آلایندگی هوا و مصرف سوخت وسایل نقلیه در سطح محلی و ملی
۲. بصورت ابزار کنترل و صحه گذاری در طراحی و تولید خودروهای جدید

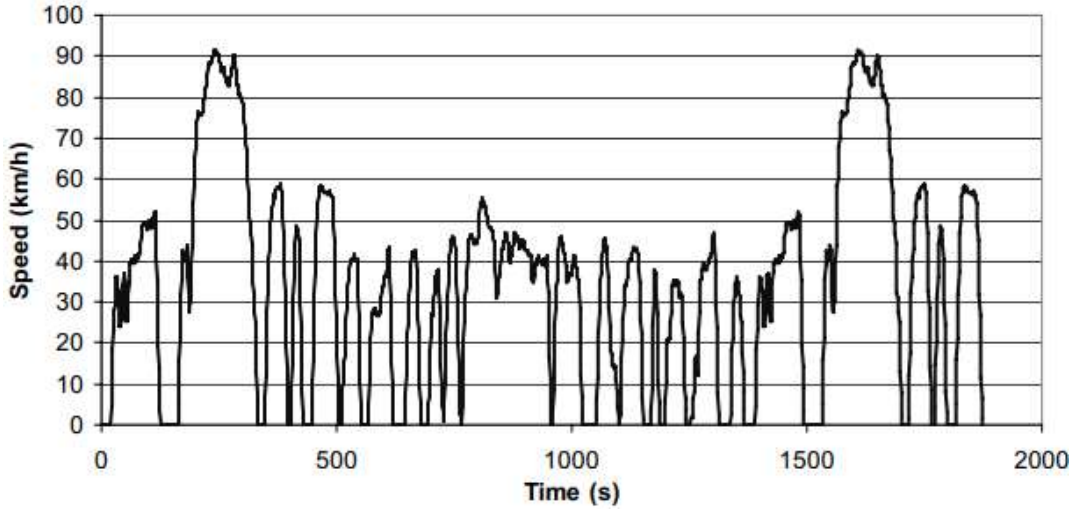
پارامترهای اصلی که مستقیما از یک سیکل رانندگی قابل استخراج بوده و برای بر سی های فوق بکار می روند عبارتند از:

۱. میانگین سرعت خودرو در سفرهای کوتاه
۲. میانگین شتاب مثبت و منفی خودرو در سفرهای کوتاه
۳. حداکثر سرعت خودرو در سفرهای کوتاه
۴. حداکثر شتاب مثبت و حداکثر شتاب منفی خودرو در سفرهای کوتاه
۵. نسبت زمانی مودهای مختلف توقف، شتاب مثبت، شتاب منفی و حرکت
۶. متوسط طول مسیر در سفرهای کوتاه

بدین منظور پس از ایجاد سیکل رانندگی منا سب، پارامترهای ۱ تا ۴ محا سبه شده و نتیجه گیری انجام می شود. باید توجه شود که استخراج پارامترهای از سیکل توسعه داده شده با توجه به پردازش آماری آن کاملا مستدل بوده و پارامترهای دیگر نیز بسته به نیاز مسئله قابل استخراج می باشد.

۸.۵ انواع سیکل‌های رانندگی

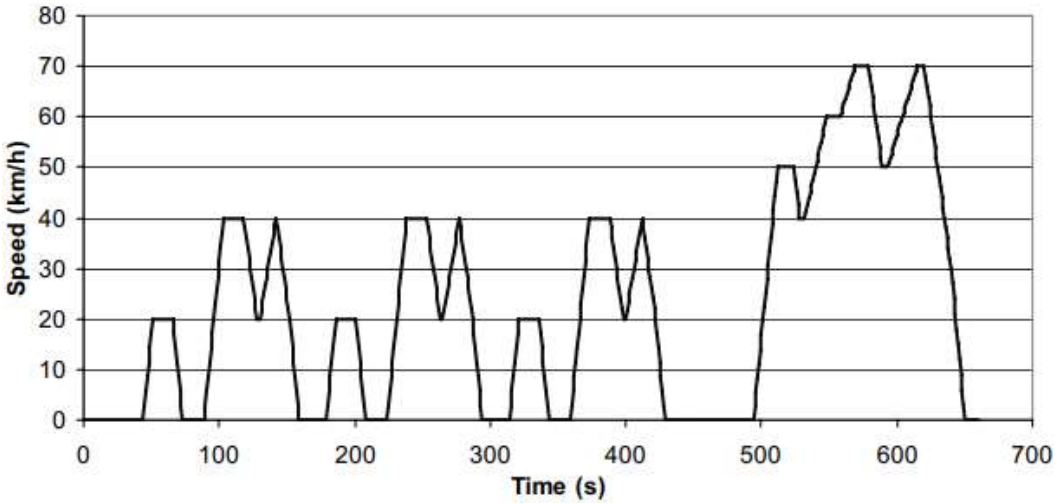
سیکل‌های رانندگی ا ستاندارد به دو د سته کلی گذرا و مودال[1] یا وجه‌نما تق سیم می شوند [۶۶]. سیکل های گذارا یا لحظه ای دربردارنده تغییرات مکرر سرعت بوده و به رانندگی واقعی در خیابان‌ها نزدیک تر است، حال آنکه سیکل‌های مودال مسیرهای طولانی تر را با سرعت ثابت در بر می گیرند. مودهای مختلف در یک سیکل مودال شامل توقف، شتاب مثبت، حرکت و شتاب منفی یا ترمز است که در بازه‌های زمانی متوالی تکرار می‌شوند. از جمله سیکل‌های گذرا به سیکل آمریکایی FTP752 که در شکل ۸-۱ آورده شده و از سیکل های مودال به سیکل ژاپنی J-10-15 که در شکل ۵-۸-۲ آورده شده، می‌توان ا شاره نمود که در تحقیقات متعددی بکار گرفته شده اند. البته میتوان سیکل‌های رانندگی را به نوع دیگری به شرح زیر تقسیم بندی کرد:



شکل ۸-۱: سیکل FTP-75 [۶۶]

[1] Modal

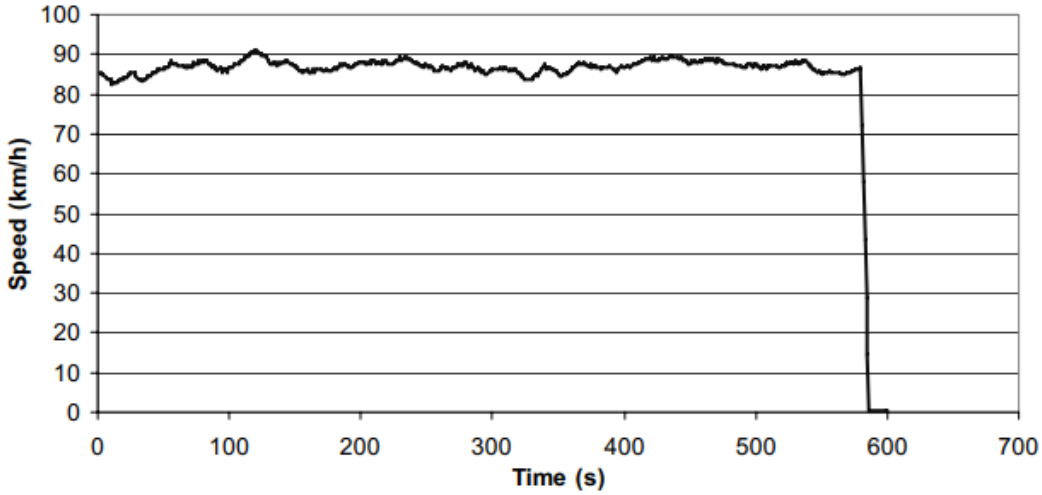
[2] Federal Test Procedure



شکل ۵-۸-۲ سیکل J-10-15 [۶۶]

۵ ۸ ۱ سیکل یکنواخت

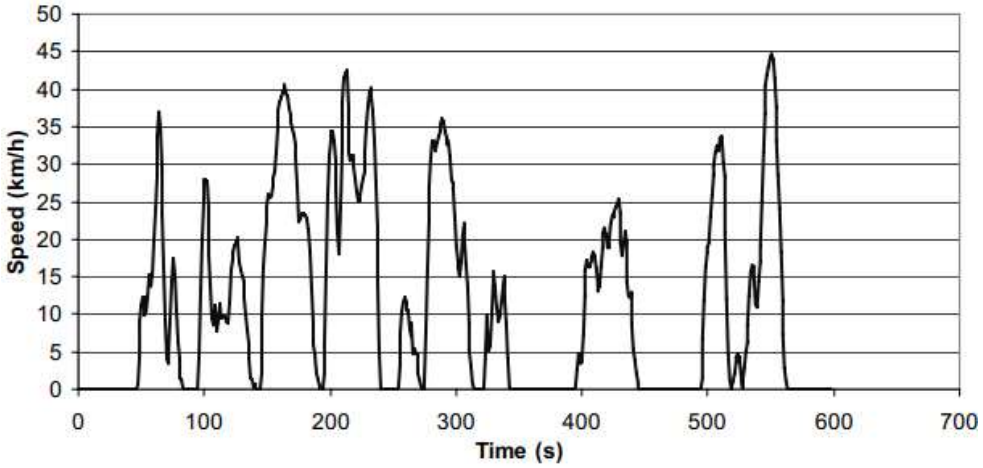
در این سیکل شرایط رانندگی با سرعت ثابت و بدون شتاب در نظر گرفته می شود. این سیکل با شرایط واقعی کاملا تفاوت دارد و تنها برای مقایسه آورده می شود. در واقعیت این سیکل کم استرس ترین سیکل ممکن بوده و با واقعیت رانندگی به دلیل عدم وجود شتاب گیری منفی یا مثبت تفاوت قابل ملاحظه ای دارد. در شکل ۵-۸-۳ یک سیکل یکنواخت رسم شده است.



شکل ۵-۸-۳ سیکل یکنواخت FIGE [۶۶]

۸ ۵ ۲ سیکل های شهری ترافیکی (پراسترس) ECE[1] و NYCC[2]

این سیکل رانندگی دارای سرعت متو سط کم و توقف های طولانی و مکرر برای تو صیف شرایط رانندگی در شهرها هستند. در این سیکل ها رانندگی با ترمز و تغییر سرعت های فراوان انجام میگیرد. حرکت تو صیف شده به کمک این سیکل ها به خ صوص برای سرعت های کم با واقعیت منطبق ا ست. شرایط حرکت به کمک این سیکل مانند شرایط پرترافیک ا ست. تحت این شرایط خودرو زمان زیادی را صرف تغییر سرعت و شتاب گرفتن میکند. به عنوان مثال در سیکل NYCC که در شکل ۵-۸-۴ آورده شده، حدود ۳۰ در صد زمان در حالت توقف کامل و تنها حدود ۱۰ در صد زمان صرف حرکت با سرعت ثابت شده و بقیه صرف تغییر سرعت می شود. توزیع زمانی الگوی رانندگی در این سیکل دارای درصد بالاتری در نواحی پراسترس نسبت به سیکل های دیگر است



شکل ۵-۸-۴ سیکل NYCC [۶۶]

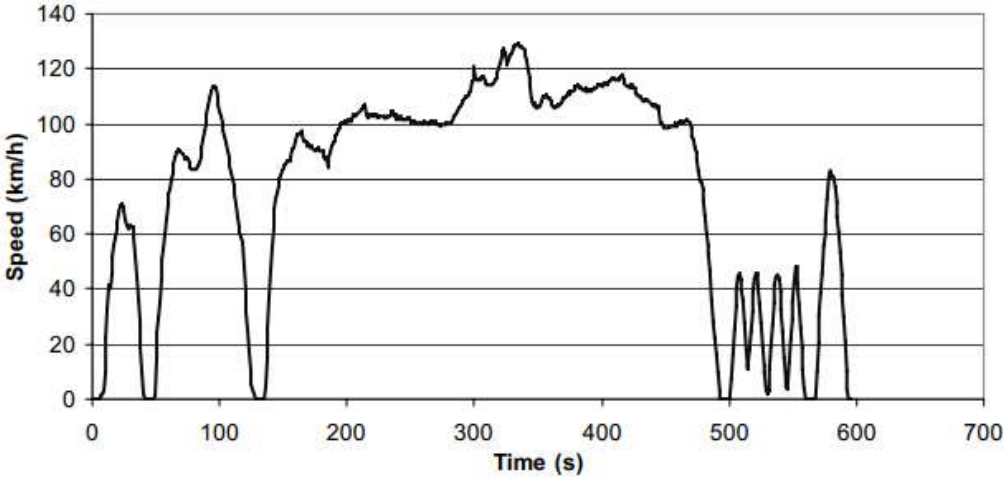
.

۸ ۵ ۳ سیکل های برون شهری(کم استرس) HWY[3] و SFTP_US06[4]

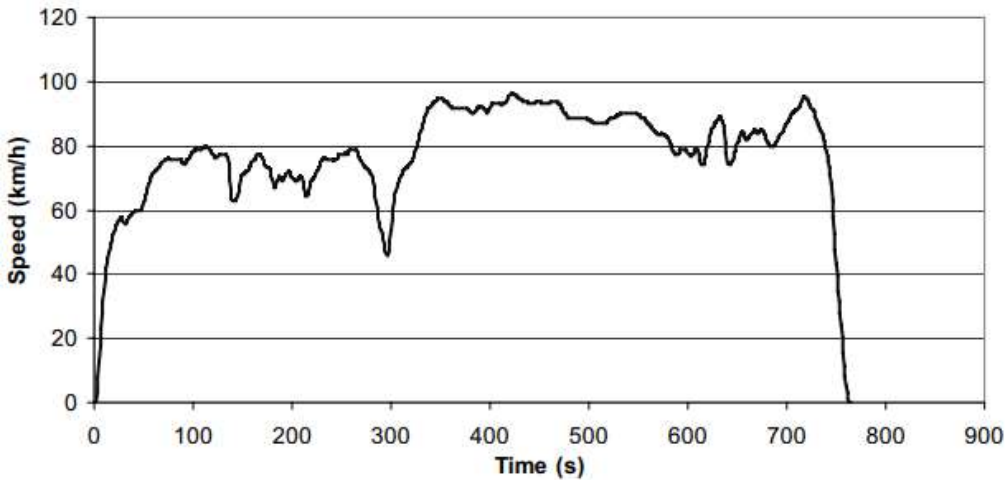
این سیکل رانندگی بیانگر شرایط رانندگی بزرگراهی در ایالات متحده هستند. در این سیکل‌ها تغییرات سرعت و زمان توقف کمتر از سیکل‌های شهری است. همانطور که در شکل ۵-۸-۶ مشاهده می شود سیکل HWY بیانگر شرایط رانندگی کم ا سترس با سرعت زیر ۶۰ مایل بر ساعت و سیکل FTP_US06 بیانگر شرایط پر ا سترس‌تر بزرگراهی با حداکثر سرعت ۸۰ مایل بر ساعت ا ست. نحوه رانندگی نزدیک به این سیکل به مانند شرایط روان در

[1] Elementary Urban Cycle
[2] New York City Cycle
[3] Highway Fuel Economy Driving
[4] Supplementary FTP

رانندگی و توقف و تغییر سرعت کم ا ست. مثلا در سیکل FTP_US06 تنها حدود ۲ در صد، زمان صرف توقف و بیش از ۲۵ در صد از زمان، صرف حرکت با سرعت ثابت میشود. تصویر این سیکل در شکل ۵-۸-۵ قابل مشاهده است.



شکل ۵-۸-۵ سیکل SFTP-US06 [۶۶]



شکل ۵-۸-۶ سیکل HWY [۶۶]

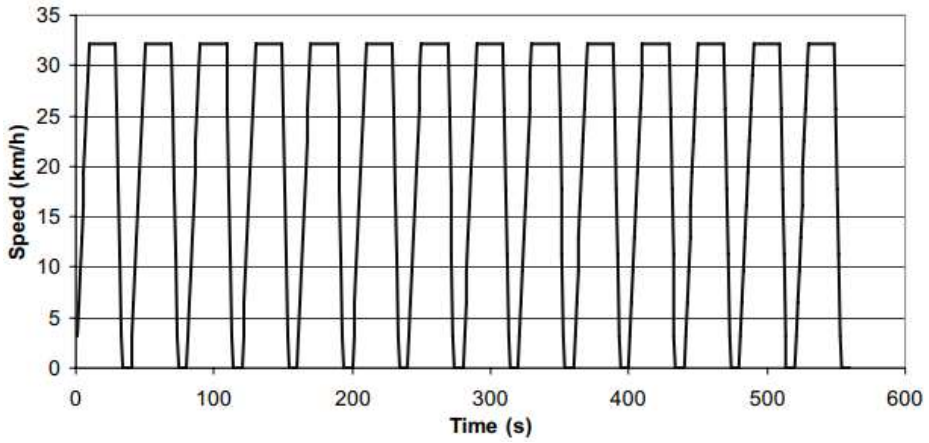
۵ ۸ ۴ سیکل رانندگی نرمال FTP75

این سیکل بیانگر شرایط نرمال رانندگی در ایالات متحده ا ست. تغییرات سرعت این سیکل نسبت به سیکل های شهری بیشتر و نسبت به سیکلهای بزرگراهی کمتر ا ست. این سیکل معرف نسبتا مناسبی از شرایط رانندگی

عادی میتواند باشد. از نتایج این سیکل به عنوان نتایج مبنا استفاده میشود. توزیع زمانی این سیکل بین حالت شهری و بزرگراهی قرار دارد.

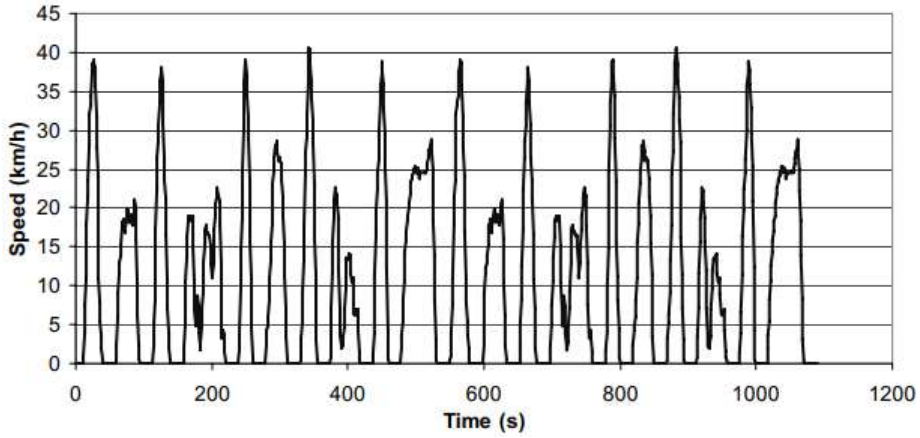
۸ ۵ ۵ سیکل رانندگی اتوبوس های درون شهری

این سیکل رانندگی دارای سرعت متوسط کم و توقف های کوتاه و پشت سر هم است. در این سیکل ها رانندگی با ترمز و تغییر سرعت های فراوان انجام میگیرد. اگر تمامی اتوبوس های شهری از مسیرهای ویژه‌ی اتوبوس عبور کنند، سیکل آنها معمولا شکلی یکنواخت با سفرهای متناوب خواهد داشت. برای مثال در سیکل مودال ساخته شده در شکل ۵-۸-۷ که سیکل BAC[1] است میتوان این توالی را مشاهده کرد. البته در عمل زمان توقف سیکل رانندگی اتوبوس‌های درون شهری بیشتر از مقداری است که در این شکل مشاهده میشود. یک سیکل اتوبوس شهری واقعی که سیکل اتوبوس‌های شهری منهتن است در شکل ۵-۸-۸ آورده شده است. اگر بعضی از اتوبوس‌های درون شهری در مسیر ترافیک خودروهای شخصی قرار بگیرند شکل سیکل مقداری متفاوت خواهد شد که در این پروژه در انتها چنین سیکلی را خواهیم دید.



شکل ۵-۸-۷ سیکل مودال اتوبوس درون شهری [۶۶]

[1] Business Arterial Commuter



شکل ۵-۸-۸ سیکل اتوبوس درون شهری منهتن [۶۶]

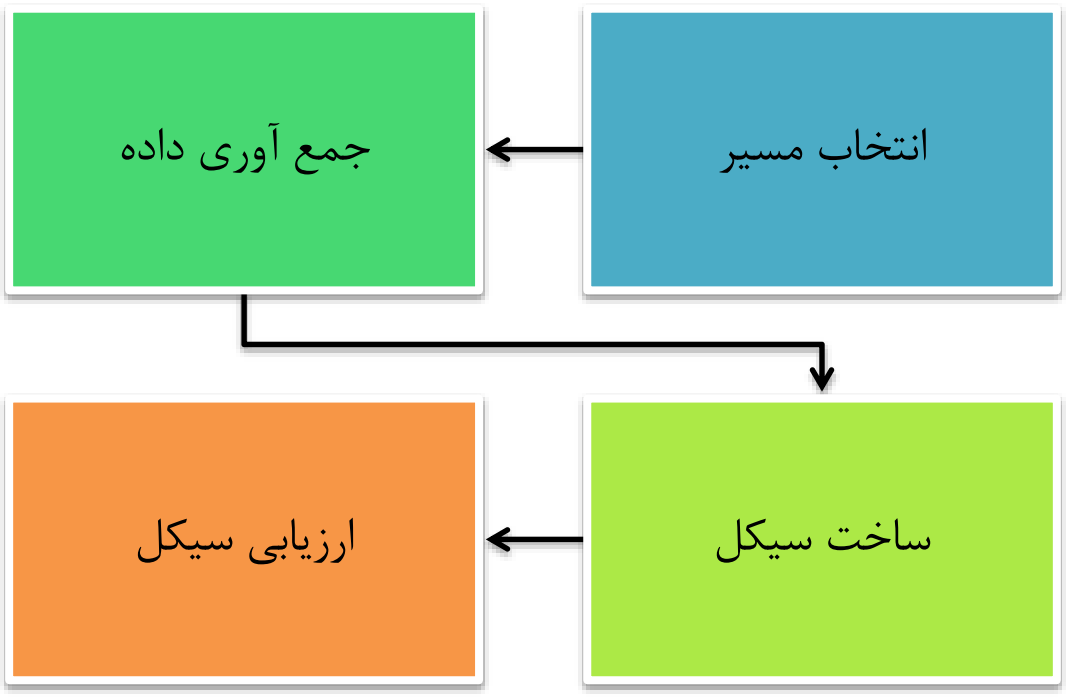
۸ ۶ استخراج سیکل رانندگی:

برای بدست آوردن یک سیکل رانندگی که بتواند نماینده ای شایسته برای بیان رفتار ترافیکی یک ناحیه‌ی هدف باشد باید چهار گام اصلی مطابق با شکل ۸-۹ طی شود [۶۵]. این گام‌ها به ترتیب زیر هستند:

۱. انتخاب مسیر[1]،
۲. جمع آوری داده[2]،
۳. ساخت سیکل[3]،
۴. ارزیابی سیکل ساخته شده[4]؛

در ادامه به شرح هر یک از این گام‌ها پرداخته می‌شود.

[1] Route selection
[2] Data collection
[3] Cycle construction
[4] Cycle assessment



شکل ۸-۹: مراحل اصلی ساخت سیکل رانندگی

۸ ۶ ۱ انتخاب مسیر اول

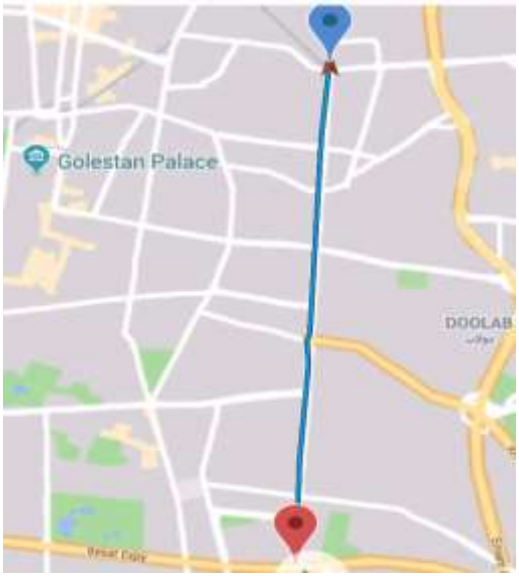
اولین گام برای استخراج یک سیکل رانندگی، انتخاب مسیرهایی برای جمع آوری داده است. در اینجا منظور از داده مکان لحظه ای و سیله‌ی نقلیه است. نکته‌ی مهم در جمع آوری داده این است که داده ها و به تبع آن مسیرها باید دارای تنوع قابل قبولی باشند. اگر داده‌های جمع آوری شده از نظر تنوع غنی نباشند اطلاعاتی که برای بدست آوردن سیکل رانندگی از این داده‌ها لازم است قابل صحه گذاری نیستند و نمیتوانند به ساخت سیکل مناسب کمک کنند [۶۸]. برای مثال اگر صرفا داده‌های مسیرهایی که با ترافیک زیاد مواجه نیستند را برای ساخت سیکل رانندگی استفاده کنیم ممکن است در سیکل نهایی ساخته شده سرعت متوسط سیکل بسیار زیادتر از آنچه که باید بشود. در این پروژه از مسیرهای مختلف شرقی-غربی و شمالی-جنوبی اتوبوس‌های داخل شهری شهر تهران استفاده شده است. بدین ترتیب تنوع و غنای داده‌های جمع آوری شده تضمین شده است. مسیرهای مختلفی که برای داده برداری انتخاب شده است مطابق با جدول ۸-۱ است. این داده ها در حد فاصل هفته ی اول و هفته‌ی سوم اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ از ساعت ۸ صبح الی ۸ شب جمع آوری شده اند.

جدول ۸-۱- اطلاعات مسیرهای منتخب برای جمع آوری داده

شماره مسیر	نام پایانه مبدا - مقصد	نوع اتوبوس	طول زمانی	مسافت (کیلومتر)	سرعت متوسط (کیلومتر بر ساعت)	بیشینه سرعت	اختلاف ارتفاع مبدا و مقصد (متر)	تعداد ایستگاه	نوع مسیر
مسیر شماره ۱	شهدا – بعثت	برقی	۰۰:۲۷:۰۳	۵,۱۵	۱۱,۴۱	۳۳,۵۶	۸۵	۱۳	جنوبی - شمالی
مسیر شماره ۲	بعثت – میدان شهدا	غیر BRT	۰۰:۳۲:۵۸	۷,۰۹	۱۲,۹	۴۶,۹۵	۸۵	۱۷	شمالی - جنوبی
مسیر شماره ۳	تجریش – ازگل	غیر BRT	۰۰:۴۸:۳۱	۹,۹۴	۱۲,۲۹	۴۳,۹	۵۰	۱۹	غربی - شرقی
مسیر شماره ۴	ازگل – تجریش	غیر BRT	۰۱:۱۴:۲۸	۱۵,۹۶	۱۲,۸۶	۴۵,۱۹	۵۰	۳۱	شرقی - غربی

مسیر شماره ۵	تجریش – راه‌آهن	BRT	۰۱:۱۳:۲۶	۱۷,۴۷	۱۴,۲۷	۴۰,۹۲	۵۰۰	۳۷	شمالی - جنوبی
مسیر شماره ۶	راه آهن - تجریش	BRT	۰۱:۰۵:۳۴	۱۸,۱۷	۱۶,۶۳	۴۷,۶۲	۵۰۰	۳۶	جنوبی - شمالی
مسیر شماره ۷	آزادی - خاوران	BRT	۰۰:۴۹:۳۴	۱۸,۳۴	۲۲,۲	۵۵,۹	۸۰	۲۸	غربی - جنوبی
مسیر شماره ۸	آزادی - نواب	BRT	۰۰:۱۲:۱۶	۵	۲۴,۴۳	۴۹,۵۸	۱۲	۶	غربی - شرقی
مسیر شماره ۹	آزادی – چهارراه ولیعصر	BRT	۰۰:۲۱:۲۹	۷,۲۳	۲۴,۴۳	۵۶,۵۲	۴۴	۱۲	غربی - شرقی
مسیر شماره ۱۰	چهارراه ولیعصر - آزادی	BRT	۰۰:۱۹:۱۰	۷,۲۳	۲۲,۶۲	۴۸,۱۷	۴۴	۹	شرقی - غربی
مسیر شماره ۱۱	بریانک - آزادی	BRT	۰۰:۱۶:۳۳	۶,۹۱	۲۵,۰۶	۴۸,۷۸	۶۰	۷	جنوبی - غربی
مسیر شماره ۱۲	امام حسین - انقلاب	BRT	۰۰:۱۵:۴۰	۵,۶	۲۱,۴۵	۴۹,۰۷	۲۵	۸	شرقی - غربی
مسیر شماره ۱۳	انقلاب – امام حسین	BRT	۰۰:۱۴:۳۷	۵,۹۹	۲۴,۵۸	۴۳,۷۴	۲۵	۸	غربی - شرقی
مسیر شماره ۱۴	جمهوری - بهارستان	غیر BRT	۰۰:۲۵:۴۳	۴,۶۷	۱۰,۹	۳۸,۳۶	۴۰	۱۱	غربی - شرقی
مسیر شماره ۱۵	بهارستان - جمهوری	BRT	۰۰:۲۷:۴۸	۵,۴۵	۱۱,۷۶	۴۱,۴۱	۴۰	۱۶	شرقی - غربی

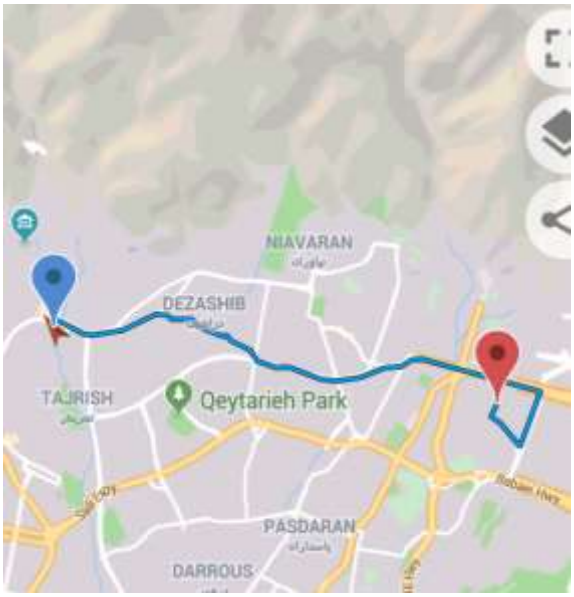
موقعیت هر کدام از مسیرهای بالا به ترتیب در شکل ۸-۱۰ الی شکل ۸-۲۴ مشخص شده است.



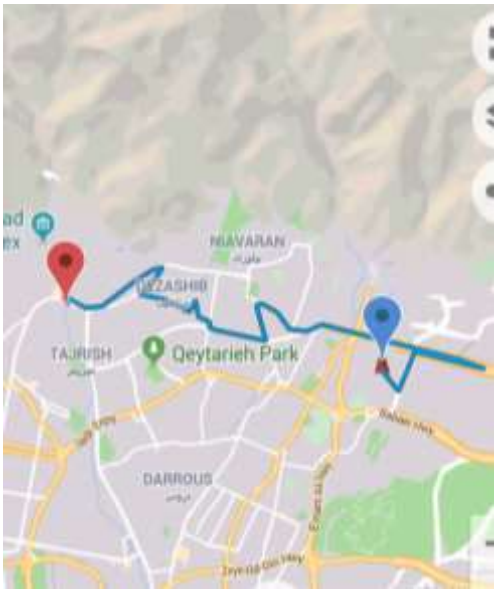
شکل ۸-۱۰: مسیر شماره ۱



شکل ۸-۱۱: مسیر شماره ۲



شکل ۸-۱۲: مسیر شماره ۳



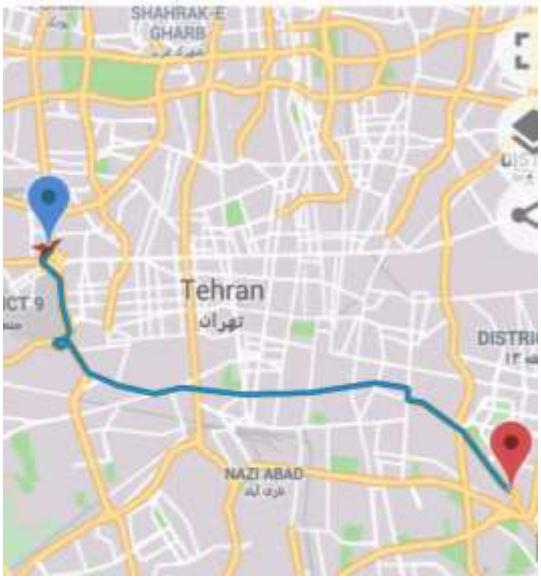
شکل ۸-۱۳: مسیر شماره ۴



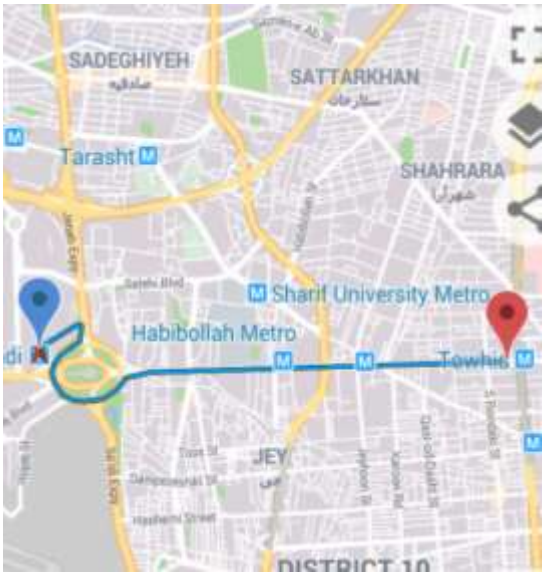
شکل ۸-۱۴: مسیر شماره ۵



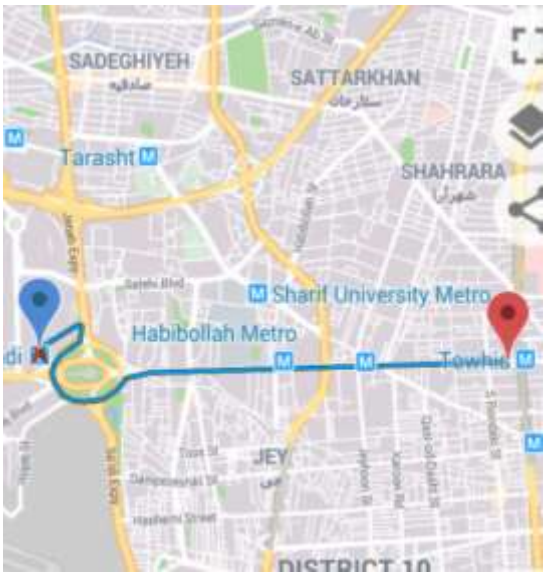
شکل ۸-۱۵: مسیر شماره ۶



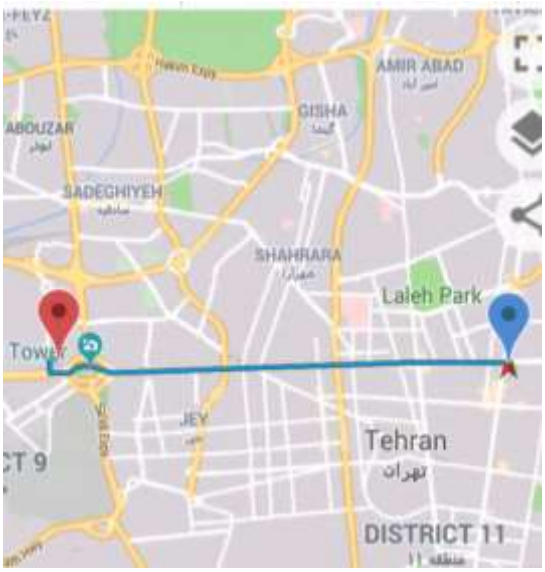
شکل ۸-۱۶: مسیر شماره ۷



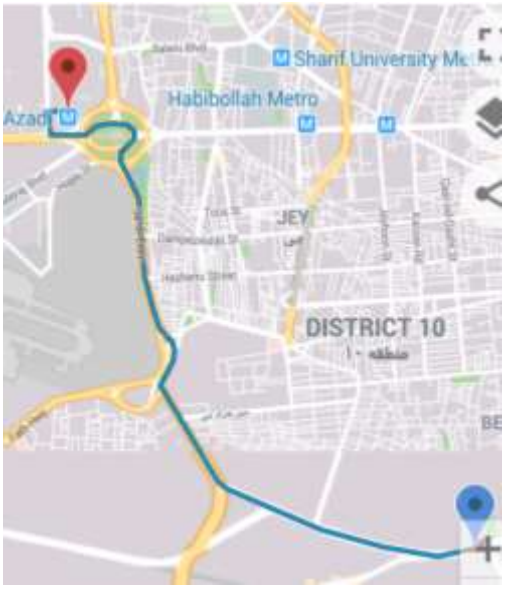
شکل ۸-۱۷: مسیر شماره ۸



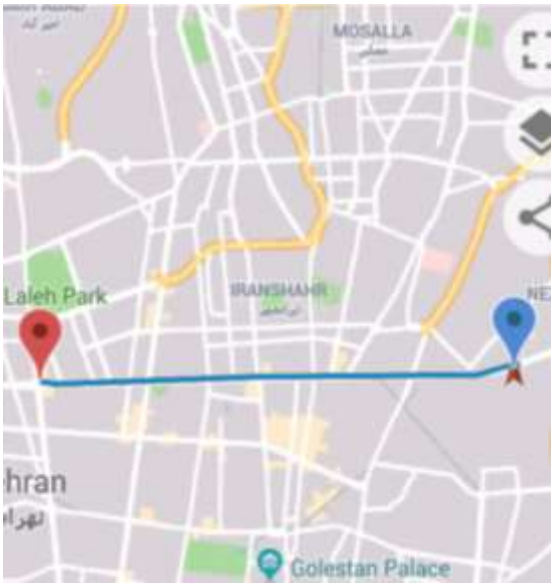
شکل ۸-۱۸: مسیر شماره ۹



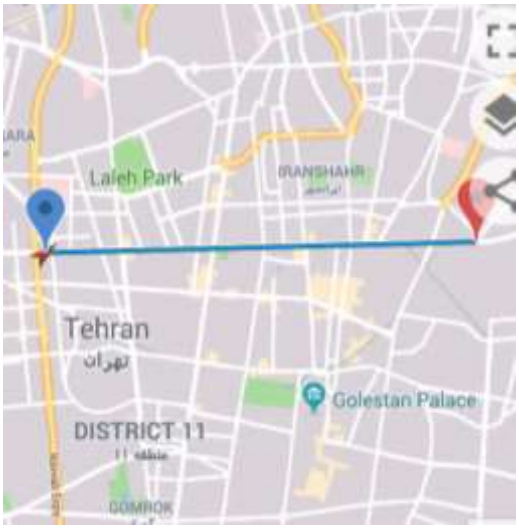
شکل ۸-۱۹: مسیر شماره ۱۰



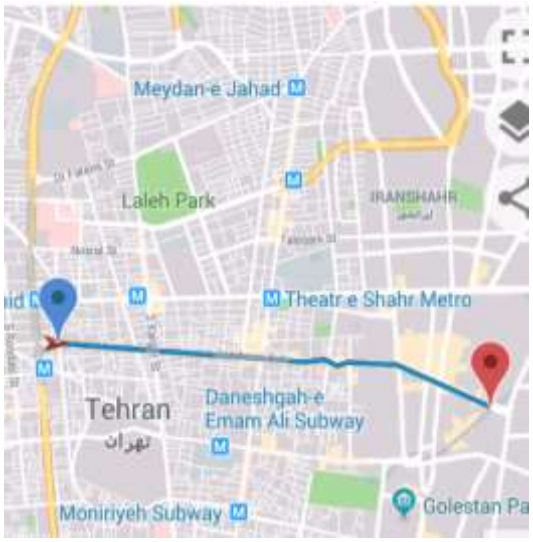
شکل ۸-۲۰: مسیر شماره ۱۱



شکل ۸-۲۱: مسیر شماره ۱۲



شکل ۸-۲۲: مسیر شماره ۱۳



شکل ۸-۲۳: مسیر شماره ۱۴



شکل ۸-۲۴: مسیر شماره ۱۵

۸ ۶ ۲ جمع آوری داده

برای جمع آوری داده‌های مکانی برای ا ستخراج سیکل رانندگی از دیرباز با توجه به امکانات موجود روش های متفاوتی معرفی شده است. روش های اصلی جهت جمع آوری داده های اولیه به شرح ذیل می باشند:

۱- تعقیب خودرو،

۲- روش مستقیم با نصب موقعیت یاب،

۳- شبیه سازی؛ [۶۹]

روش ۱ نیازمند استفاده از دو خودرو بصورت همزمان و در تعقیب یکدیگر می باشد که عملا در مقایسه با روش ۲ که با یک خودرو به تنهایی قابل اجرا ا ست مردود و غیر قابل پذیرش ا ست. روش شبیه سازی نیز ممکن ا ست در آزمایشگاه با استفاده از دینامومتر و نرم افزارهای تجاری انجام شود که نیازمند صرف هزینه های کلان است. در نتیجه در این پروژه روش ۲ برای جمع آوری داده های واقعی بصورت محدود و برای صحه گذاری مدل مورد استفاده قرار می گیرد. داده های حاصل از روش ۲ برای مطالعه موردی این پروژه با کمک دستگاه موقعیت یاب موجود در گوشی‌های تلفن همراه جمع آوری شده است.

Speed View GPS Pro اپلیکیشنی ا ست برای نمایش سرعت، مسافت، مکان، زمان شروع، زمان باقیمانده، میانگین سرعت، حداکثر سرعت و ارتفاع از طریق GPS است. بعبارتی دیگر Speed View GPS Pro یک نرم افزار سرعت سنج با استفاده از جی پی اس برای گوشی و تبلت های مجهز به سیستم عامل اندروید می باشد. در این نرم افزار می توان ضمن مشاهده سرعت لحظه‌ای و سرعت میانگین، از میزان مسافت پیموده شده و مکان خود نیز مطلع شد. همچنین اطلاعات و جزئیات دیگری همچون حداکثر سرعت، حداقل سرعت، ارتفاع، زمان سپری شده، زمان شروع به حرکت و برخی اطلاعات دیگر را نیز در اختیار قرار خواهد داد. در این نرم افزار از نقشه گوگل نیز ا ستفاده شده که می توان از آن استفاده نمود. افزون براین نمایش حداکثر و متوسط سرعت در قالب یک نمودار هندسی می تواند در برنامه ریزی و نمایش سیکل حرکتی مورد استفاده قرار گیرد.

۳ ۶ ۸ ساخت سیکل

به طور کلی چهار روش برای ساخت سیکل رانندگی وجود دارد [۶۵]، این روش ها عبارتند از:

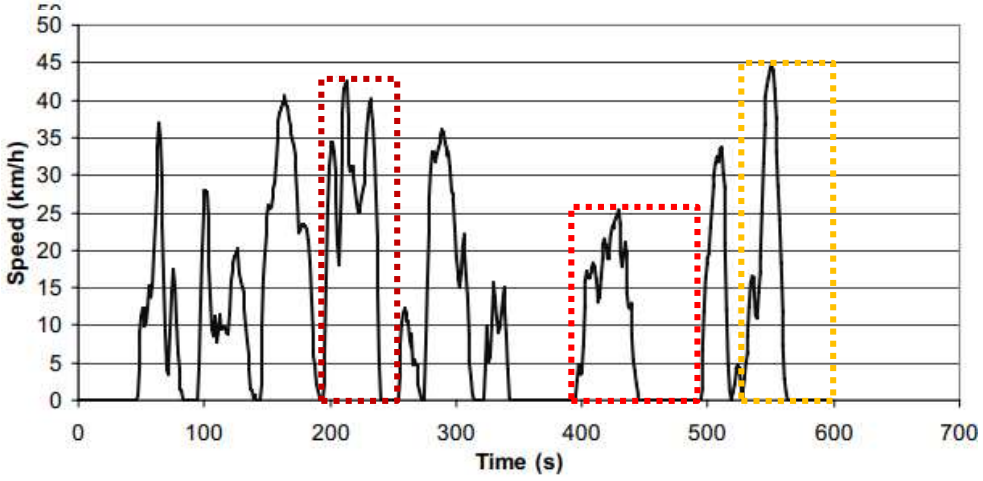
۱. روش مبتنی بر ریز سفر[1]
۲. روش مبتنی بر بخش بندی[2]
۳. روش مبتنی بر طبقه بندی الگو[3]
۴. روش مودال[4]

با توجه به کاربرد و هدفی که از یک سیکل رانندگی مورد انتظار است روش بدست آوردن آن نیز متفاوت است. در ادامه کاربرد سیکل بدست آمده توسط هر کدام از روش های بالا، نحوه ساخت سیکل رانندگی توسط هر کدام و سیکل های رانندگی مشهوری که توسط این روش‌ها بدست آمده اند به طور مختصر توضیح داده می‌شود.

روش مبتنی بر ریز سفر

ریز سفر به م سیر طی شده بین لحظه‌ی شروع حرکت و سیله‌ی نقلیه تا لحظه‌ی شروع حرکت بعدی گفته میشود، برای مثال در شکل ۸-۲۵ که سیکل حرکتی NYCC ا ست سه ریز سفر با رنگهای عنابی، قرمز و نارنجی مشخص شده است. همانطور که قابل مشاهده است در هر ریز سفر در بخشی از مسیر وسیله‌ی نقلیه در حال حرکت و دارای سرعت است و در بخشی از آن متوقف شده و سرعت آن صفر است.

[1] Micro trip based
[2] Segment based
[3] Pattern classification
[4] Modal



شکل ۸-۲۵: سیکل NYCC و سه ریز سفر آن [۶۶]

در این روش ریز سفرهایِ داده‌هایِ جمع آوری شده استخراج می شوند و سپس با توجه به سرعت متوسط و درصد زمان توقفِ هر ریز سفر، داده‌ها به گروه‌های مختلفی تقسیم می شوند. سپس سیکل رانندگی با کنار هم قرار دادن ریز سفرها به نحوی ساخته می شود که پارامترهای جمعیت[1] مثل سرعت متوسط، سرعت بیشینه، سرعت کمینه و درصد زمان توقف و هر اطلاعات دیگر با توجه به هدف مطالعه برآورده شوند. در واقع سیکل رانندگی که زمان بسیار کمتری از داده‌های تجمعی دارد باید ویژگی‌های آماری داده‌های تجمعی را داشته باشد. دو روش اصلی برای انتخاب ریز سفر به شرح زیر وجود دارد.

۱. انتخاب تصادفی[2]،

۲. بهترین روند افزایش[3]؛

در روش دوم مشخصات اصلی هر ریز سفر ابتدا استخراج و ضمن در نظر گرفتن یک روند افزایشی برای این مشخصات آنها در کنار یکدیگر قرار داده می‌شوند یا به عبارتی سیکل از ریز سفرهای با سرعت کم و زمان توقف زیاد شروع و به تدریج سرعت آن زیاد و درصد زمان توقف آن کاهش پیدا میکند.

محدودیت استفاده از روش ریز سفر این است که شرایط مسیر رانندگی و یا به عبارتی دیگر نوع خدمات[4] مسیر از این منظر که مسیر از نوع نظر بزرگراهی، شریانی و یا محلی است مشخص نیست. همچنین در این روش وضعیت ترافیک مسیری که وسیله‌ی نقلیه برای نمونه برداری در آن حرکت کرده نیز مشخص نیست. لذا این روش برای

[1] Population Parameters
[2] Random Selection
[3] Best Incremental
[4] Level of Service

ساخت سیکل‌هایی که تنها نماینده‌ی یک نوع خاص از مسیر و شرایط سفر هستند برای مثال سفرهایی که فقط در ناحیه‌ی محلی و یا با یک ترافیک مشخص رخ می‌دهد، مناسب است. برای رفع این مساله میتوان از روش ریز سفر اصلاح شده استفاده کرد، در این روش که در این پروژه نیز از آن استفاده شده است. ریز سفرها در ابتدا بدون توجه به شرایط مسیر رانندگی و سطح خدمات مسیر استخراج میشوند. سپس به کمک روش های دسته بندی[1] ریز سفرها به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند که هر کدام بیانگر یک نوع خاص از مسیر رانندگی و یا خدمات مسیر هستند. پس از انجام دسته بندی، از هر دسته با توجه به درصد زمانی تعدادی ریز سفر انتخاب میشود و به این ترتیب با کنار هم قرار دادن ریز سفرها سیکل رانندگی بدست می‌آید. جزئیات این روش در ادامه‌ی پژوهش در فصلهای آینده آورده شده است.

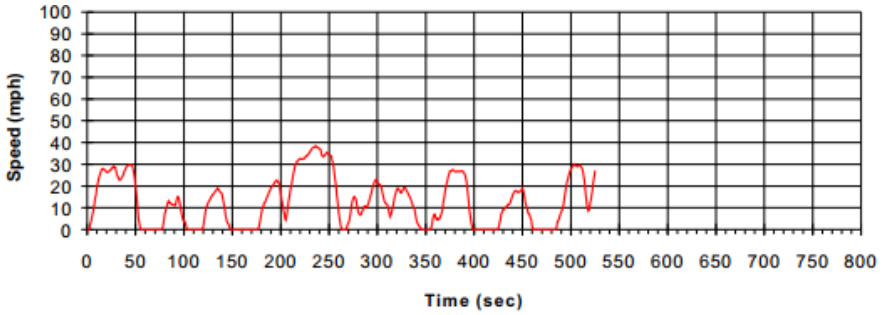
مطالعات گسترده‌ای نشان داده که بیشترین میزان مصرف سوخت در خودروها در وضعیت توقف - حرکت است. چراغهای راهنمایی و رانندگی و ترافیک سنگین و خزشی دو علت عمده‌ی به وجود آمدن الگوی توقف - حرکت در حین رانندگی هستند. از آنجا که ساخت سیکل رانندگی به کمک روش ریز سفر تمامی توقف - حرکت ها را پوشش میدهد سیکل ساخته شده با این روش از جمله بهترین گزینه‌ها برای تخمین مصرف سوخت و تعیین میزان آلایندگی وسایل نقلیه است [۷۰]. سیکل هایی که با این روش ساخته شده اند به ترتیب زیر هستند:

- سیکل LA92 و انتخاب ریز سفر با روش شبه تصادفی
- سیکل بانگکوک پایتخت تایلند و انتخاب ریز سفر به شکل کاملا تصادفی
- سیکل مانیل پایتخت فیلیپین و انتخاب ریز سفر به کمک روش های آماری مثل آنالیز سری فوریه و سریهای زمانی و برازش منحنی به کمک توابع چندجمله ای
- در اولین سیکلی که برای کلومبو پایتخت سریلانکا بدست آمد ابتدا ریز سفرها با توجه به سرعت متوسطی که داشتند به دسته های مختلفی تقسیم شدند. سپس سیکل با توجه به این دسته ها با روش بهترین افزایش ضمن در نظر گرفتن ۱۲ پارامتر هدف تشکیل شدند.
- سیکل هنگ کنگ نیز مشابه با روش استفاده شده در سیکل کلومبو بدست آمده ولی در آن پارامترهای متفاوتی به عنوان معیار در نظر گرفته شده است.

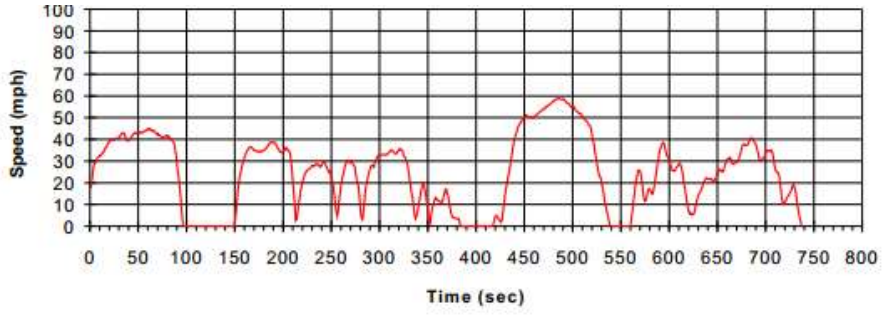
روش مبتنی بر بخش بندی

[1] Clustring

همانطور که در بخش قبلی توضیح داده شد در روش ریز سفر داده‌های جمع آوری شده صرفا با توجه به توقف‌هایی که در مسیر وجود دارد به دسته‌های کوچک‌تری تحت عنوان ریز سفر تقسیم میشوند. در این ریز سفرها اطلاعاتی از نوع م سیر و و ضعیت ترافیکی‌ای که و سیله‌ی نقلیه آن را طی کرده ا ست وجود ندارد. برای مثال نمودار سرعت زمان یک م سیر شریانی و یک م سیر محلی در یک زمان خاص که دارای حجم ترافیک کمی ا ست میتواند شبیه به هم باشند. برای از بین بردن اینگونه ابهامات روش مبتنی بر بخش بندی معرفی شده است. در این روش قبل از هر چیزی به نوع ناحیه‌ی ترافیکی م سیرهای انتخاب شده برای داده‌برداری نیاز ا ست، برای مثال لازم ا ست مشخص شود در هر لحظه‌ای که سرعت وسیله‌ی نقلیه ثبت شده است میزان ترافیک آن ناحیه چه مقدار بوده است. همچنین لازم است نوع خدمات مسیری که وسیله‌ی نقلیه طی کرده است مشخص شود. برای نمونه همانطور که در **شکل ۸-۲۶**:شان داده شده ا ست نوع خدمات م سیر در این زمان از نمونه برداری از نوع محلی[1] بوده ا ست. دو نوع دیگر از انواع خدمات مسیر یعنی شریانی و بزرگراهی در **شکل ۸-۲۷** و **شکل ۸-۲۸** نشان داده شده است.

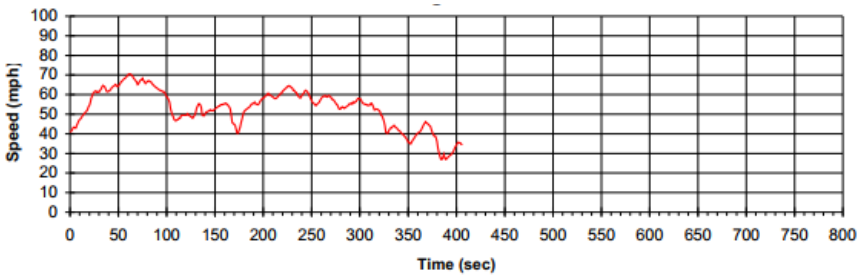


شکل ۸-۲۶: داده های مسیر با سطح خدمات محلی



شکل ۸-۲۷: داده های مسیر با سطح خدمات شریانی

[1] Local



شکل ۸-۲۸: داده های مسیر با سطح خدمات بزرگراهی

حال که داده‌های تجمعی بر اساس نوع خدمات مسیر تقسیم بندی شده اند میتوان برای ساخت سیکل با این روش اقدام کرد. برای این کار از درصد مشارکت هر کدام از سطوح خدمات مسیر در بخش بندی‌های مختلف استفاده میشود. برای مثال ممکن است سی درصد زمان سیکل ساخته شده از نوع محلی باشد، چهل درصد زمان سیکل از نوع شریانی و سی درصد آن از نوع بزرگراهی باشد. در این روش ممکن است در هر لحظه‌ای سطح خدمات مسیری که وسیله‌ی نقلیه در حال حرکت در آن است عوض شود و بخشی مطابق با **شکل ۸-۲۸** ایجاد شود که در آن سرعت ابتدا و انتها مخالف صفر است؛ لذا در این روش لازم است بخش‌های مختلفی که پشت سر هم قرار میگیرند اختلاف کمی در سرعت ابتدا و انتهای هر بخش با یکدیگر داشته باشند که پیوستگی سیکل ساخته شده حفظ گردد.

ایراد سیکل ساخته شده با این روش این است که صرفا از منظر نوع مسیر و خدمات ارائه دهنده توسط آن به سیکل رانندگی مشاهده کرده است و این منظر برای ساختن سیکل رانندگی برای کاربردهای مرتبط با سنجش آلایندگی مناسب نیست چرا که میزان آلایندگی وسایل نقلیه به پارامترهایی مانند درصد زمان توقف و سرعت متوسط و شتاب موثر آنها وابسته است تا نوع مسیری که وسیله‌ی نقلیه در آن در حال حرکت است [۷۰]. همچنین در این روشِ ساختِ سیکل، لازم است که نوع خدمات و یا میزان ترافیک مسیر طی شده توسط وسیله‌ی نقلیه از یک سیستم جامع اطلاعاتی دست بالاتر نیز در اختیار قرار بگیرد. برای مثال در ایالات متحده داده‌های مرتبط با نوع خدمات مسیر توسط برد تحقیقات حمل و نقل[1] بدست آمده است [۷۱].

روش مبتنی بر طبقه بندی الگو

قبل از توضیح این روش لازم است اصطلاحی به نام توالی حرکتی یا توالی سینماتیکی[2] معرفی گردد. این توالی مشابه ریز سفر است با این تفاوت که از متغیرهای زیادی برای تعریف آن استفاده میشود. برای مثال توالی حرکتی

[1] Transportation Research Board

[2] Kinematics Sequence

استفاده شده برای ساخت سیکل شهری اروپا از ۲۰ متغیر استفاده کرده است که برخی این متغیرها شامل مدت زمان، درصد زمان توقف و طول پیمایش شده در هر توالی، سرعت لحظه‌ای، شتاب موثر هر توالی و میانگین، انحراف معیار، ماکزیمم و دهک‌های دوم و هشتم مدهای رانندگی هستند [۷۲]. هر کدام از این توالی‌های حرکتی به کمک روش‌های آماری مثل آنالیز مولفه‌ی اساسی[1] به کلاس‌های مختلفی تقسیم بندی میشوند. در ساخت سیکل شهری اروپا چهار کلاس مختلف شناسایی شده است که به ترتیب نماینده‌ی وضعیت رانندگی پرترافیک شهری، ترافیک روان شهری، برون شهری و شریانی بوده است. برای ساخت سیکل رانندگی این توالی‌های حرکتی به گونه‌ای در کنار هم قرار میگیرند که هم از نظر زمانی و آماری منطقی و توجیه پذیر باشند. برای مثال سیکل باید از کلاس درون شهری شروع شود و برای وارد شدن به کلاس برون شهری باید وارد کلاس شریانی شود[۴۶]. سیکل های ساخته شده با این روش به شرح زیر هستند:

- سیکل ARTEMIS. در این سیکل توالی سینماتیکی به کلاس‌هایی با دوازده پارامتر تقسیم شده است. برای تخمین اینکه کدام کلاس از کلاس دیگر پیشی میگیرد و یا پیش از آن رخ میدهد از روش احتمال رخداد[2] استفاده شده است.

یکی از نقاط ضعف عمده ی این روش این است که در هنگام ساخت یک سیکل رانندگی با این روش به تعداد بسیار زیادی داده در ابتدای کار نیاز است تا توالی سینماتیکی استخراج گردد و مسیرها دسته بندی شوند که زمانگیر است. مزیت این روش نیز این است که میتواند الگوی رانندگی را با دقت بالایی بدست آورد و نماینده ی واقعی از رفتار در نواحی مختلف باشد[۷۰].

[1] Principal Component Analysis (PCA)

[2] Succession Probability

روش مودال

در این روش هر الگوی رانندگی در دنیای واقعی به چهار حالت یا مُد افزایش سرعت (شتاب مثبت)، کاهش سرعت (شتاب منفی)، کروز (سرعت یکنواخت) و حالت توقف تقسیم میشود. نتیاج ارائه شده در [۷۰]نشان داده است که میزان آلایندگی وسایل نقلیه علاوه بر سرعت متوسط و درصد زمان توقف به تغییر حالت رانندگی نیز وابسته است، بدین صورت که در دو سناریو که سرعت متوسط و درصد زمان توقف یکسان دارند ولی وضعیت تغییر حالتهای آنها متفاوت ا ست میزان م صرف سوخت متفاوت ا ست؛ لذا ساخت سیکل با در نظر گرفتن تغییر حالت رانندگی به رو شهای مناسب برای ساخت سیکل رانندگی اضافه شده است. برای ساختن سیکل رانندگی در این روش از روش زنجیره های مارکوف استفاده میشود چرا که احتمال رویداد یک حالت رانندگی یا وضعیت مودال در رانندگی فقط به حالت پیش از خود وابسته است. به طور کلی چهار گام برای ساخت سیکل رانندگی در این روش باید طی شود:

۱. دسته بندی دادهها و تقسیم کردن آنها به گروههای کوچک بر اساس میزان شتاب به کمک روش حداکثر درست نمایی[1].
۲. دسته بندی گروههای کوچک بدست آمده از مرحلهی قبل بر اساس نرخ شتابگیری، کمترین و بیشترین سرعت و سرعت متوسط به کمک روش حداکثر درست نمایی تعریف کردن تعدادی مد برای اساس نرخ شتابگیری و سرعت متوسط و
۳. تشکیل یک ماتریس انتقال که حاوی احتمال رخداد پشت سر هم بین مدهای مختلف است.
۴. استفاده از از زنجیره ی مارکوف و ساختن یک سیکل رانندگی واحد با گروه های کوچکی که زنجیروار پشت سر هم قرار داده شده اند؛ ضمن در نظر گرفتن ماتریس انتقال احتمال [۷۰].

سیکل های ساخته شده با این مسیر عبارتند از سیکل LA01، NEDC، ECE

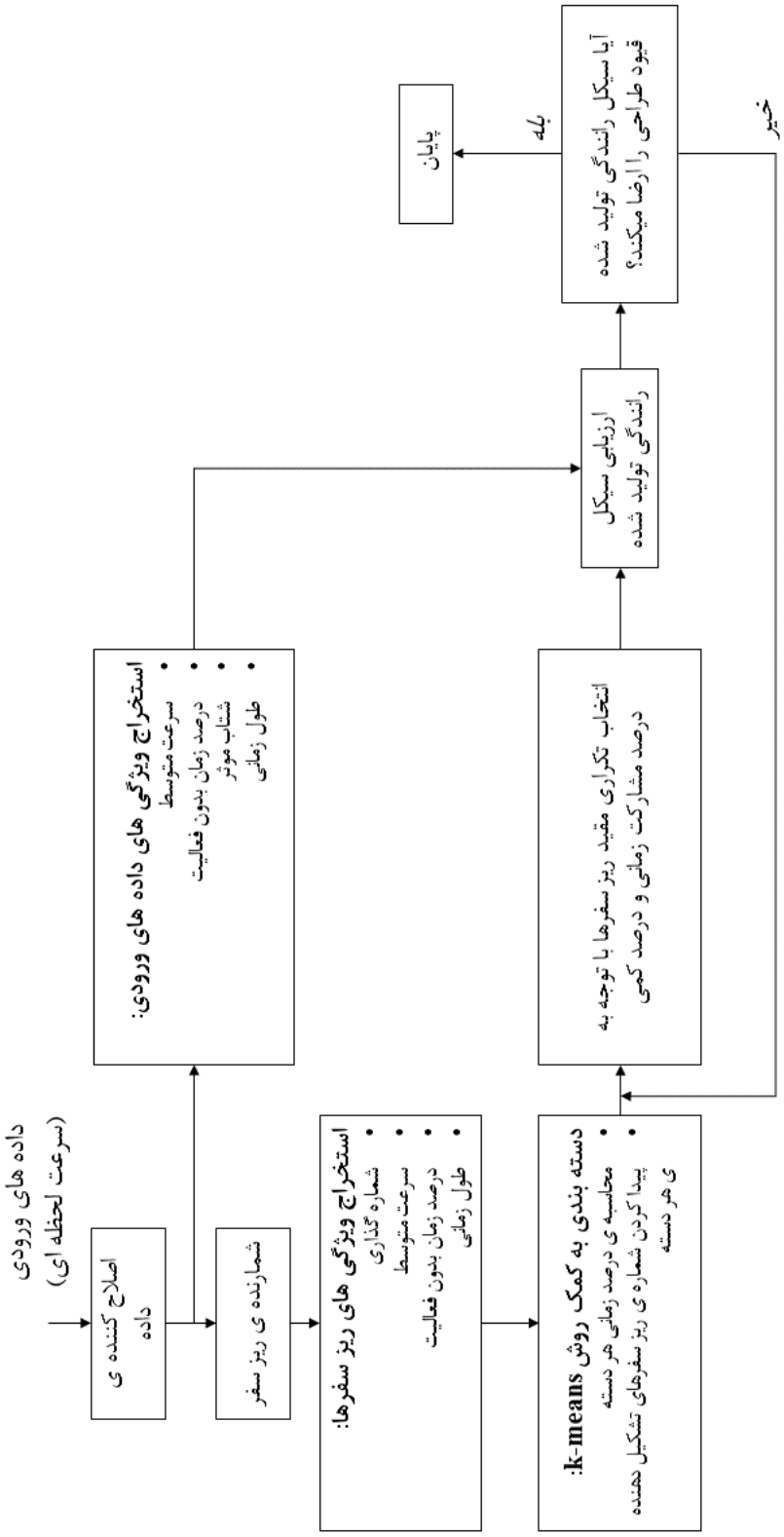
م شابه روش طبقه بندی الگو[2] سیکل بد ست آمده از این روش نیز میتواند ن شان دهنده ی شرایط واقعی سفر باشد چرا که احتمال هر رویداد مودال یا حالت رانندگی با توجه به رویداد قبلی در نظر گرفته می‌شود.

محدودیتی که این روش دارد این است که اگر رفتار ترافیکی مسیر و یا ناحیه‌ی رانندگی دارای نرمی[3] باشد، به عنوان مثال ترافیک از نوع بزرگراهی، ماتریس انتقال احتمال دارای نقاط تکین[4] خواهد بود و این موجب می‌شود مدت زمان هر حالت رانندگی خیلی بیشتر از مدت زمان تمام سیکل میشود [۷۰]. لذا در این شرایط این روش برای ساخت سیکل قابل استفاده نیست و در صورت ساخت نیز، سیکل بدست آمده نماینده مناسبی برای نشان دهنده‌ی رفتار ترافیکی ناحیه‌ی هدف نیست.

[1] Maximum Likelihood
[2] Pattern Classification
[3] Smooth
[4] Singular

۸۷ ساخت سیکل اتوبوس‌های تهران با روش ترکیبی مبتنی بر ریز سفر اصلاح شده

از آنجایی که هدف از مطالعه‌ی اتوبوس‌های تهران برر سی میزان آلایندگی و تعیین میزان م صرف سوخت آنها به منظور مطالعات آتی برای هایبرید کردن یا برقی کردن آنها بوده است مطابق با آنچه در فصل قبل توضیح داده شد برای ساخت سیکلی که نماینده‌ی منا سبی برای رفتار ترافیکی اتوبوس‌های شهر تهران با شد از روش مبتنی بر ریز سفر اصلاح شده، استفاده شده است. در شکل ۸-۲۹ فلوچارت مراحل طی شده برای استخراج سیکل رانندگی رسم شده است که در ادامه به شرح گام به گام آن پرداخته می‌شود.



شکل ۸-۲۹: الگوریتم پیشنهادی برای استخراج و ارزیابی سیکل رانندگی

۸ ۷ ۱ داده‌های ورودی

برای بدست آوردن سیکل رانندگی به کمک روش مبتنی ریز سفر اصلاح شده لازم است تمام داده های جمع شده توسط GPS برای مسیرهای مختلف با یکدیگر تجمیع شوند و یک مجموعه‌ی واحد از داده ها به عنوان ورودی به سیستم تشکیل دهنده‌ی سیکل رانندگی داده شود. در روند بدست آوردن سیکل رانندگی اتوبوس‌های درون شهری تهران نیز این امر انجام شده است و داده های ۱۵ مسیر مختلفی که پیشتر شرح داده شد با یکدیگر تجمیع شده اند.

۸ ۷ ۲ بلوک اصلاح کننده‌ی داده

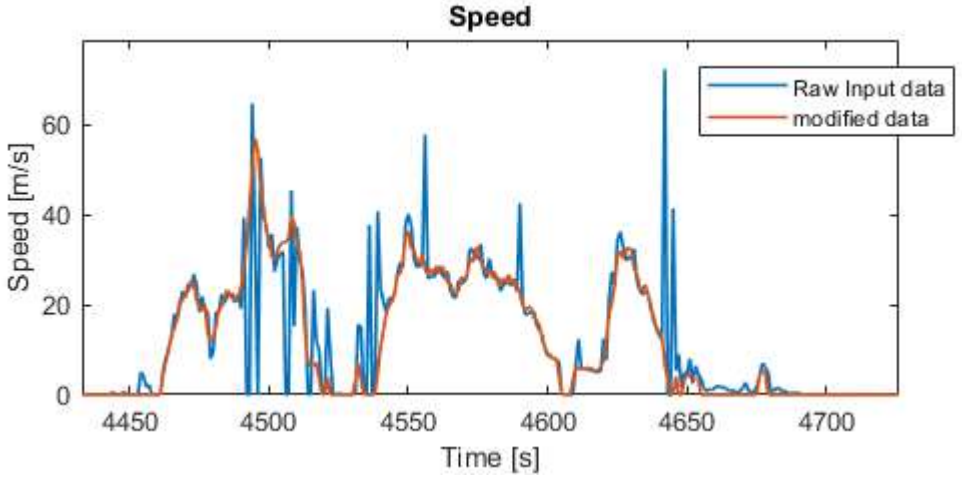
داده های خامی که توسط GPS استخراج شده اند به علت از دست دادن لحظه ای موقعیت و یا علت های نامشخص دیگر دارای داده‌های با اطلاعات غیرمرتبط با روند منطقی موجود در داده های اصلی هستند، برای مثال گاهی سرعت وسیله‌ی نقلیه صفر است ولی ناگهان افزایش زیادی داشته است و بلافاصله مقدار آن کم شده است، چنین تغییر سرعت ناگهانی ای نمیتواند برای یک وسیله‌ی نقلیه‌ی عمومی قابل تصور باشد. گاهی نیز تغییر سرعت ناگهانی ممکن است به شدت مرحله‌ی قبل که اطلاعات GPS برای لحظاتی از دست رفته نباشد ولی کماکان تغییر سرعت وسیله‌ی نقلیه مطابق با اطلاعات GPS غیرمنطقی باشد. لذا نیاز است که با فیلتر کردن داده های ورودی چنین تغییراتی را مرتفع کرد. برای این منظور از یک فیلتر دو مرحله‌ای ساده به شرح زیر استفاده شده است:

۱. اگر سرعت لحظه ای داده‌های ورودی در لحظه‌ی $i+1$ بسیار بیشتر[۱] از سرعت در در لحظه‌ی i است مقدار سرعت در لحظه‌ی $i+1$ برابر با مقدار سرعت در لحظه‌ی i شود در غیر این صورت اتفاقی نیافتد. به این ترتیب در صورتی که سرعت ثبت شده توسط GPS به علت قطع ارتباط تغییرات شدید داشته باشد، اصلاح میگردد.

۲. اگر سرعت در لحظه‌ی i از میانگین سرعت در لحظه‌ی قبل و بعد از خود بزرگتر (کوچکتر) است مقدار سرعت در آن لحظه با یک مقدار وزنی مشخص نسبت به دو لحظه قبل و دو لحظه بعد از خود جایگزین شود. با این عملیات اگر در میانه‌ی داده ها سرعت ناگهان زیاد (کم) شود مقدار آن به روند منطقی کلی داده‌ها برمی‌گردد.

بعد از طی مراحل بالا تمامی داده‌های غیر طبیعی ورودی حذف می شوند. در شکل ۸-۳۰ نحوه‌ی عملکرد این فیلتر نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد که سرعت اصلاح شده که با رنگ قرمز مشخص شده علاوه بر حفظ روند داده‌های اصلی که آبی رنگ هستند فاقد داده های غیر منطقی است. این فیلتر کردن ابتدایی داده‌ها برای گام‌های بعدی ضروری و غیر قابل اجتناب است.

[۱] با توجه به اینکه در اکثر نمونه‌هایی که داده‌های GPS دچار اختلال شده بود مقدار تغییرات دامنه‌ی این اختلال از ۲۸ کیلومتر بر ساعت بیشتر بود در کد نوشته شده این حد برابر با ۲۸ قرار داده شده است. یعنی اگر سرعت در لحظه ای صفر و در لحظه ای بعد بیشتر از ۲۸ کیلومتر بر ساعت باشد سرعت آن لحظه برابر با صفر قرار داده میشود چرا که چنین تغییر سرعتی در زمان یک ثانیه برای اتوبوس قابل تصور نیست. این مقدار صرفا با مشاهده ی خطایی که در اثر اختلال GPS رخ داده بود انتخاب شده است و توسط کاربر میتواند تغییر کند.

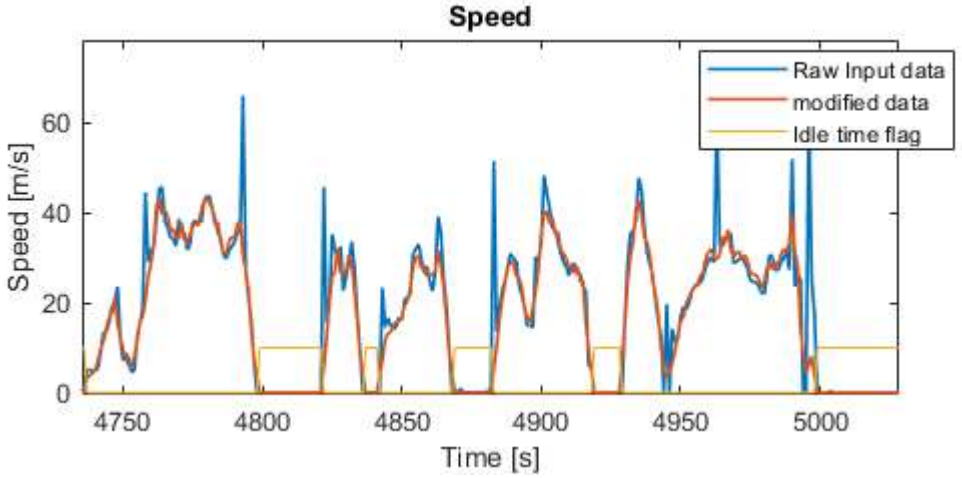


شکل ۸-۳۰: داده های خام ورودی و نحوه ی عملکرد فیلتر بر روی آنها

۸ ۷ ۳ بلوک شمارنده‌ی ریز سفر

در بخش های بعدی الگوریتم لازم است ریز سفرها شماره گذاری شده و ویژگی‌های آنها استخراج شود، برای شماره گذاری لازم است ابتدا ریز سفرها شمرده شوند. طبق تعریفی که برای ریز سفر در فصل قبل ارائه شد هر ریز سفر از افزایش سرعت وسیله‌ی نقلیه از سرعت صفر شروع میشود و تا زمانی که سرعت دوباره از صفر برای آغاز ریز سفر بعدی افزایش پیدا می‌کند ادامه دارد.

همانطور که در شکل ۸-۳۱ مشاهده می‌شود در این بازه‌ی زمانی پنج ریز سفر داریم. زمانی که سرعت این ریز سفرها برابر با صفر است یک پرچم زرد رنگ فعال شده و مقدار آن برابر با ده انتخاب شده است؛ مقدار ده صرفا برای مشاهده پذیر بودن پرچم در شکل بوده و این عدد هر مقدار دیگری میتواند باشد. از همین پرچم برای شمارش تعداد ریز سفر ها استفاده میشود. در واقع به تعداد دفعاتی که سرعت و سیله‌ی نقلیه برای یک بازه‌ی زمانی کوتاه یا بلند برابر با صفر می‌شود یک ریز سفر رخ میدهد.



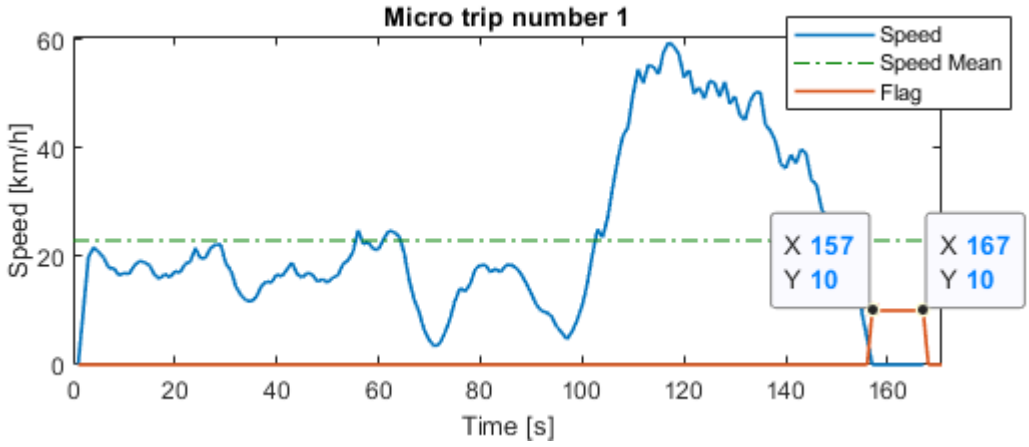
شکل ۸-۳۱: مشخص شده ریز سفرها با پرچم

لازم به توضیح است که اگر در مرحله‌ی قبل داده‌های خام ورودی فیلتر نمی‌شد تعداد ریز سفرها به شدت زیاد و غیرواقعی می‌شدند. لذا اهمیت فیلتر کردن داده ها اکنون مشخص شده است.

۸ ۷ ۴ استخراج ویژگی‌های ریز سفرها

در این پروژه برای هر ریز سفر چهار ویژگی میتوان تصور نمود که به ترتیب برابر با شماره‌ی آن، سرعت متوسط، درصد زمان توقف و طول زمان هر ریز سفر است.

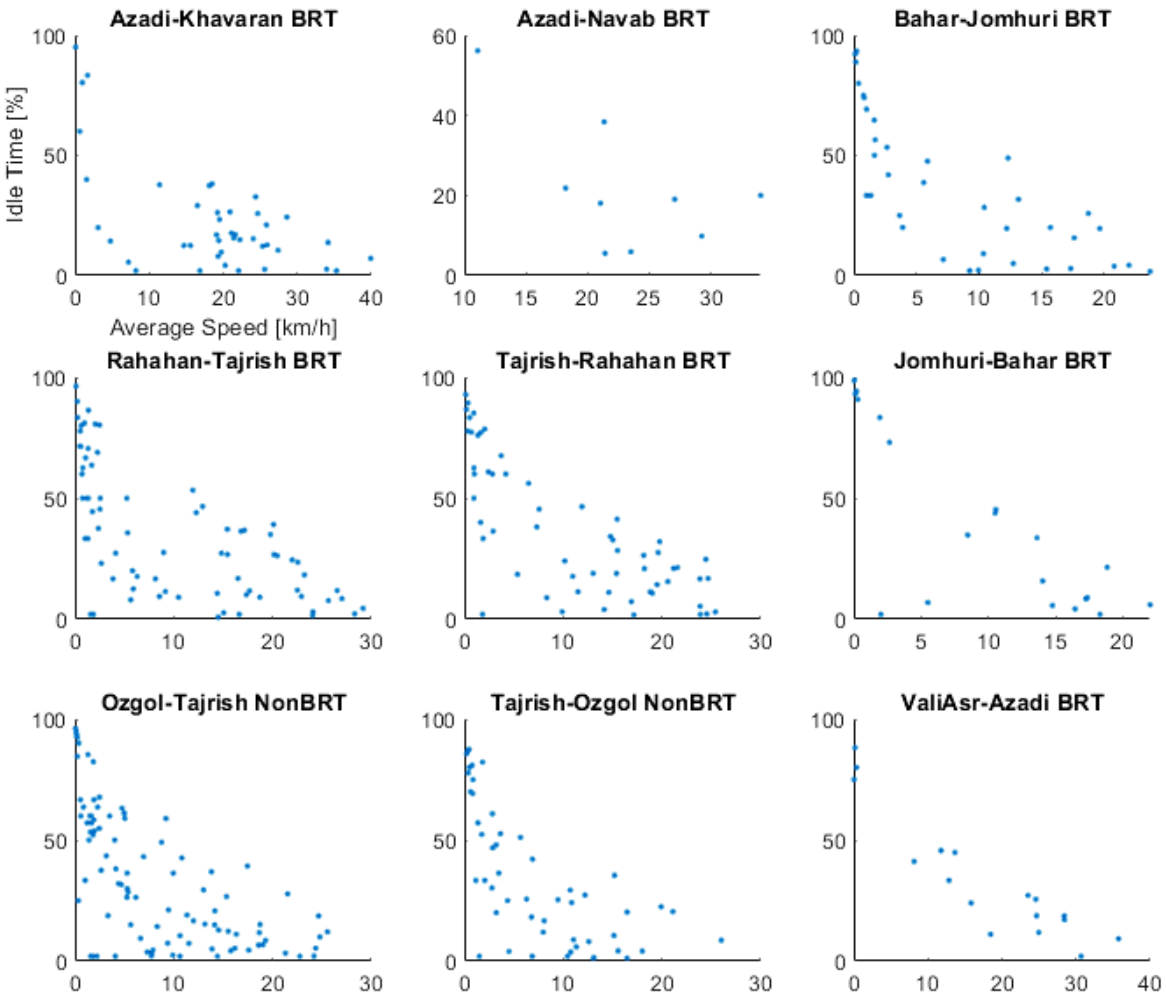
شماره گذاری ریز سفرها در بخش قبل همزمان با شمارش آنها انجام شده است.برای سرعت متوسط نیز مقدار سرعت در هر لحظه را با هم جمع می‌کنیم و با یک میانگین گیری مقدار آن را حساب می‌کنیم. در این میانگین گیری لازم است طول زمانی هر ریز سفر نیز وجود داشته باشد. برای طول زمان هر سفر نیز از پرچمی که قبلا برای شمارش ریز سفرها انتخاب شده بود کمک می‌گیریم. به این نحو که از لبه‌ی پایین رونده‌ی پرچم برای بدست آوردن طول هر ریز سفر استفاده می شود. یعنی اگر مقدار پرچم از عدد ده به عدد صفر تغییر کند یک ریز سفر شروع شده است، حال یک شمارنده مقداری را افزایش میدهد تا دوباره مقدار پرچم از عدد ۱۰ به عدد صفر تغییر کند. این اندازه گیری فا صله ی بین دو لبه ی پایین رونده‌ی پرچم، طول هر ریز سفر را در اختیار قرار می‌دهد. حال از طول بد ست آمده برای سرعت متو سط نیز بهره می‌گیریم. برای اندازه گیری در صد زمان توقف هر ریز سفر نیز از اختلاف فا صله ی زمانی لبه‌ی بالارونده و لبه‌ی پایین رونده‌ی پرچم کمک می‌گیریم. این اختلاف زمانی را بر طول هر ریز سفر تقسیم می‌کنیم و بدین صورت درصد زمان بیکاری هر ریز سفر بدست می‌آید. در شکل ۸-۳۲ ریز سفر شماره‌ی یک و پرچم آن نشان داده شده است.



شکل ۸-۳۲: ریز سفر شماره ی ۱ و مشخص شدن سرعت میانگین، درصد زمان توقف و پرچم آن

همانطور که در شکل ۸-۳۲ م شاهده می‌گردد زمان ریز سفر برابر با ۱۶۷ ثانیه ا ست (با توجه به لبه‌ی پایین رونده ی پرچم) و ده ثانیه زمانی است که سرعت صفر است (اختلاف لبه‌ی بالا رونده و لبه‌ی پایین رونده‌ی پرچم) و لذا درصد زمان توقف در این ریز سفر برابر با ۵,۹۸ درصد است. سرعت متوسط نیز بدست آمده و رسم شده که برابر با ۲۲ کیلومتر بر ساعت شده است.

برای ساخت سیکل رانندگی دو فاکتور مهم در این پروژه در نظر گرفته شده ا ست که به ترتیب در صد زمان توقف و سرعت متوسط است. علت انتخاب این دو فاکتور این است که عمده آلایندگی‌هایی که خودروها تولید میکنند به این دو فاکتور وابسته است[۷۰] در شکل ۸-۳۳ نحوه‌ی توزیع ریزسفرهای مسیرهای منتخب برای نمونه‌برداری قابل مشاهده است، برای مثال میتوان مشاهده کرد که در مسیر راه آهن- تجریش تعداد ریز سفرهای با سرعت متوسط کم و طبیعتا درصد زمان توقف بالا بسیار بیشتر از مسیر آزادی- نواب است. در این شکل نه مسیر از چهارده مسیر انتخاب شده است. در این شکل‌ها محور افقی برابر با سرعت متوسط ریز سفرهای تشکیل دهنده‌ی یک م سیر ا ست و محور عمودی در صد زمان توقف هر ریز سفر را ن شان می‌دهد. در این شکل میتوان م شاهده کرد که مسیر نواب- آزادی دارای ۹ ریز سفر و مسیر جمهوری بهارستان دارای ۱۹ ریز سفر است.

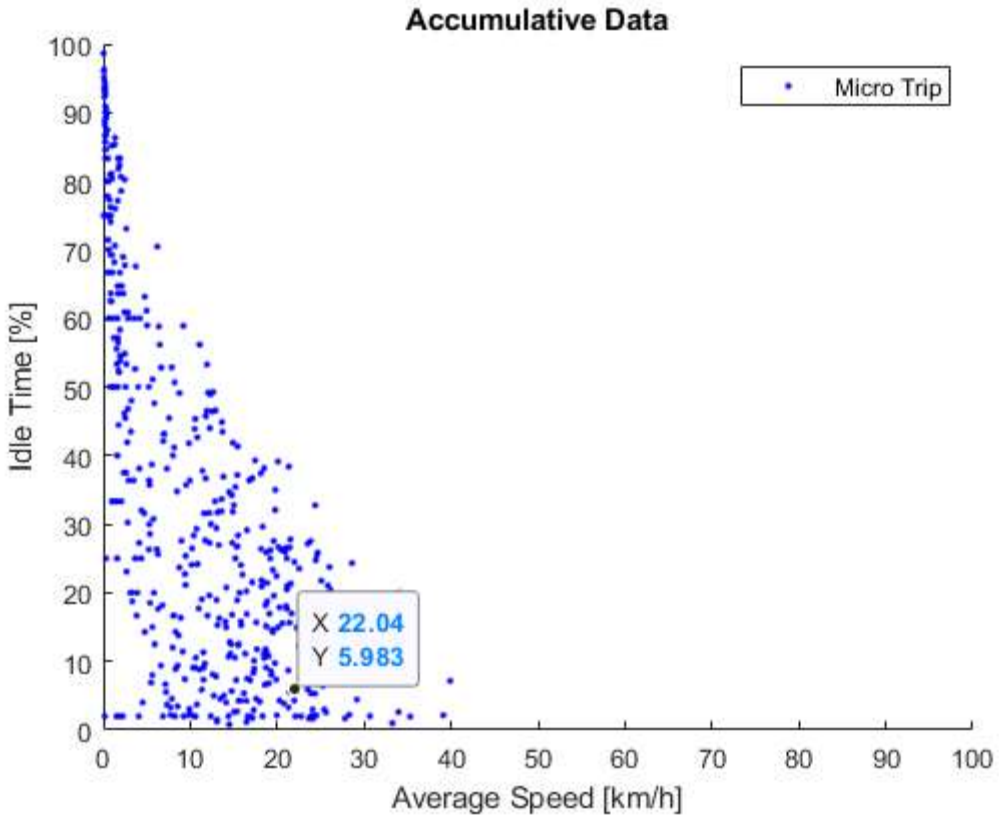


شکل ۸-۳۳: مشخص کردن سرعت متوسط و درصد زمان توقف ریز سفرهای مسیرهای مختلف

همانطور که مشاهده می شود با افزایش درصد زمان توقف ریز سفر، سرعت متوسط آن کاهش پیدا می‌کند و همچنین با افزایش سرعت متوسط ریز سفرهای یک مسیر درصد زمان توقف آن کاهش می‌یابد که البته منطقی به نظر می‌رسد.

۸ ۷ ۵ دسته بندی داده‌ها به کمک روش k-means

اگر داده های تمامی مسیرهای مورد مطالعه در این پژوهش را با یکدیگر تجمیع کنیم و دو ویژگی اصلی ریز سفرهای آن یعنی سرعت متو سط و در صد زمان توقف را ا ستخراج کنیم نتیجه م شابه با شکل ۸-۳۴می شود. در داده‌های تجمعی تمامی مسیرها، ۵۰۱ عدد ریز سفر ثبت شده است و طول این داده‌ها برابر با ۲۷۴۴۲ ثانیه و یا ۴۵۷ دقیقه است.



شکل ۸-۳۴: استخراج ویژگی داده های تجمعی مسیرهای مورد مطالعه

در **Error! Reference source not found.** برای نمونه، دو ویژگی یک ریز سفر که همان ریز سفر شماره‌ی یک داده های تجمعی است نشان داده شده است، سرعت متوسط و درصد زمان توقف این ریز سفر مطابق با همان مقادیری است که در بخش قبلی در مورد آن بدست آمده بود.

حال که این ریزسفرها به شکل مجزا بدست آمده اند کافی است تعدادی از آنها با توجه به زمان مورد نیاز برای سیکل رانندگی نهایی انتخاب شوند و بعد از در کنار هم قرار گرفتن سیکل نهایی را تولید کنند، مساله ای که وجود دارد این است که کدام ریز سفرها کاندید مناسبی برای تشکیل یک سیکل رانندگی‌ای هستند که بتواند نماینده ای از تمامی مسیرها باشد. برای پاسخ به این سوال لازم است که ریز سفرها را دسته یا طبقه بندی کنیم و سپس نسبت

به انتخاب آنها اقدام کنیم. برای دسته بندی روش های مختلفی پیشنهاد شده است که عموم آنها با توجه به یک نُرم یا فاصله تعریف شده است.

در این پژوهش از روش k-means استفاده شده است، در این روش کاربر خبره در ابتدا مشخص میکند که تعداد دسته‌ها برابر با چند باشد [۷۰]، اگر این تعداد برابر با k باشد روش کار به شرح زیر خواهد بود:

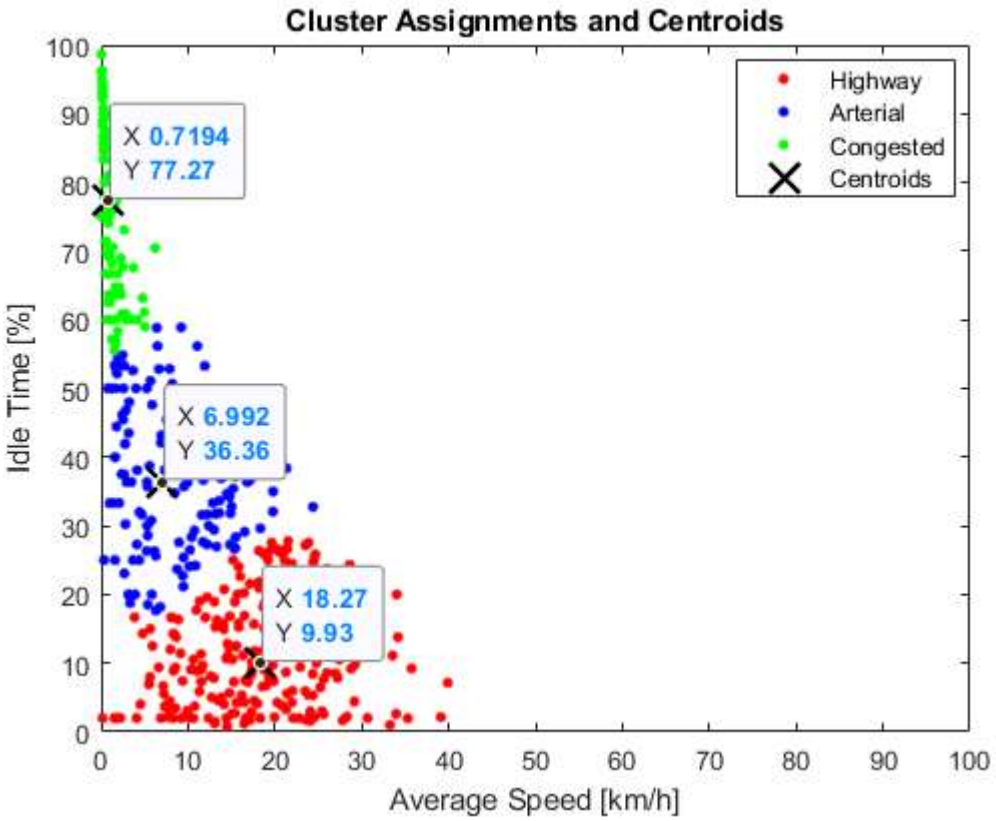
۱. انتخاب یک داده به شکل تصادفی به عنوان نماینده ی دسته‌ی اول.

۲. حال $k-1$ داده ی دیگر به شکلی انتخاب می‌شود که دورترین فاصله‌ی اقلیدسی از داده‌های قبلی را داشته باشد.

۳. داده های دیگر به د سته‌های موجود به نحوی ا ضافه می شوند که نزدیک‌ترین فا صله را تا مرکز هر د سته داشته باشند.

۴. بعد از ا ضافه شدن هر داده به هر د سته، مرکز د سته‌ی جدید با توجه به میانگین فا صله‌ی هند سی ا صلاح می‌شود و این کار ادامه پیدا می‌کند تا همگی داده‌ها وارد دسته‌ها شوند.

داده‌های ریز سفرها در این پروژه به سه دسته تقسیم شده‌اند که هرکدام به ترتیب بیان کننده‌ی مسیرهای پر ترافیک، شریانی و بزرگراهی هستند. مسیرهای بزرگراهی دارای بیشترین سرعت متوسط و کمترین زمان توقف هستند. مسیرهای پرترافیک مسیرهایی هستند که کمترین سرعت متو سط و بیشترین زمان توقف را دارا هستند. م سیرهای شریانی ویژگی ای بین این دو م سیر دارند. بعد از پیاده سازی این الگوریتم د سته بندی بر روی داده ها نتیجه زیر که در شکل ۸-۳۵ رسم شده حاصل می‌شود.



شکل ۸-۳۵: دسته بندی ریز سفرها به کمک روش k-means

آنچه در این بخش اهمیت دارد پیدا کردن درصد مشارکت زمانی هر کدام از این دسته‌ها در کل ریز سفرها است [۷۰]. علیت این اهمیت این است که اگر هدف، ساختن یک سیکل رانندگی هزار ثانیه‌ای باشد لازم است مشخص شود که میزان مشارکت هر کدام از سه نوع ریز سفر در این هزار ثانیه به چه ترتیبی است. در جدول ۸-۲ اطلاعاتی که از این سه دسته استخراج شده به همراه اطلاعات داده‌های تجمعی آورده شده است.

جدول ۸-۲- ویژگی های داده های تجمعی و دسته ها

نوع دسته	طول زمانی (ثانیه)	تعداد ریز سفرها	سرعت متوسط (کیلومتر بر ساعت)	درصد زمان توقف
داده های تجمعی	۲۷۴۴۲	۵۰۱	۱۵,۲	۳۰,۳۶
ریز سفرهای بزرگراهی	۱۶۳۰۶	۲۴۰	۱۷,۶	۱۱,۳۹
ریز سفرهای شریانی	۷۳۶۲	۱۵۱	۸,۱۱	۳۷,۵۳
ریز سفرهای پر ترافیک	۳۷۷۴	۱۱۰	۱,۱۵	۷۶,۳۷

همانطور که در جدول ۸-۲ مشاهده می‌شود تقریبا نیمی از ریز سفرهای مرتبط با اتوبوس‌ها در شهر تهران چه از نظر زمانی و چه از نظر تعداد از نوع بزرگراهی است. درصد مشارکت زمانی ریز سفرهای بزرگراهی، شریانی و پرترافیک به ترتیب ۵۹,۴۱، ۲۶,۸۲ و ۱۳,۷۵ درصد است. حال که دسته بندی داده ها انجام شده است باید سیکل ساخته و ارزیابی شود در بخش بعد به نحوه‌ی ساخت سیکل پرداخته می‌شود.

۸ ۷ ۶ ساخت سیکل ضمن در نظر گرفتن قیود

در ابتدای این بخش لازم است به این پرسش جواب داده شود که طول زمان سیکل رانندگی مورد نیاز چه اندازه است. عموم سیکل های اتویوس های درون شهری از طول زمانی ۱۰۰۰ ثانیه برای ساخت سیکل استفاده کرده اند. برای سیکل رانندگی اتوبوس های تهران نیز یک فا صله‌ی ۱۰۰۰ ثانیه ای در نظر گرفته می شود. حال که زمان سیکل مشخص شده همانطور که پیشتر اشاره شد باید درصد مشارکت هر دسته از سه –دسته‌ی پیشین را تعیین کنیم. درصد مشارکت زمانی و کمی ریز سفرهای سه دسته‌ی تعیین شده در جدول ۸-۳ با توجه به اطلاعات جدول ۸-۲ بدست آمده است.

جدول ۸-۳- درصد مشارکت کمی و زمانی ریز سفرها در سیکل نهایی

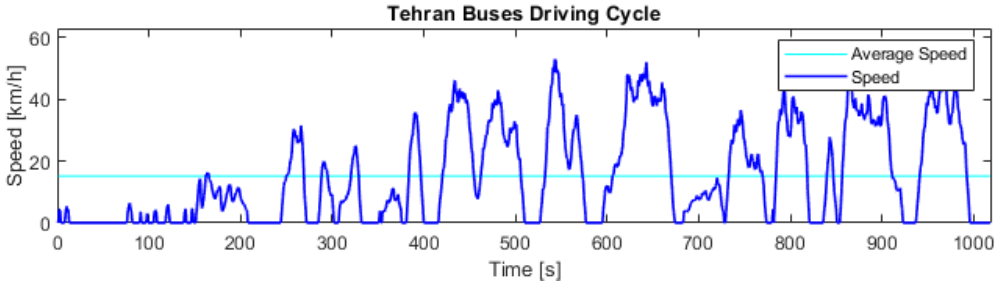
نوع دسته	طول زمانی (ثانیه)	تعداد ریز سفرها	تعداد مشارکت ریز سفرها برای ساخت سیکل	درصد مشارکت زمانی	مدت زمان مشارکت در سیکل نهایی (ثانیه)
ریز سفرهای بزرگراهی	۱۶۳۰۶	۲۴۰	۹	٪۵۹,۴۱	۵۹۴,۱
ریز سفرهای شریانی	۷۳۶۲	۱۵۱	۸	٪۲۶,۸۲	۲۶۸,۸۲
ریز سفرهای پر ترافیک	۳۷۷۴	۱۱۰	۶	٪۱۳,۷۵	۱۳۷,۵

برای ساخت سیکل با توجه به تعداد مشارکت انواع ریز سفر و درصد زمانی آنها، به شکل تصادفی تعدادی ریز سفر از هر کدام از دسته‌های بالا ابتدا انتخاب میشوند و سپس کنار هم قرار می‌گیرند و سیکل را شکل می‌دهند. لازم به توضیح است در عمل برای اینکه در پیدا شدن ریز سفر برای تشکیل سیکل رانندگی به مشکل برخورده نشود یک بازه ی زمانی برای هر کدام از دسته‌ها در نظر گرفته میشود، برای مثال برای ریزسفر بزرگراهی کد به گونه ای اصلاح میشود که ۹ ریز سفر انتخاب شود و طول مجموع آنها بین ۵۸۵ و ۶۱۰ ثانیه باشد. برای دو دسته ی دیگر نیز چنین بازه‌ی زمانی‌ای در نظر گرفته می‌شود.

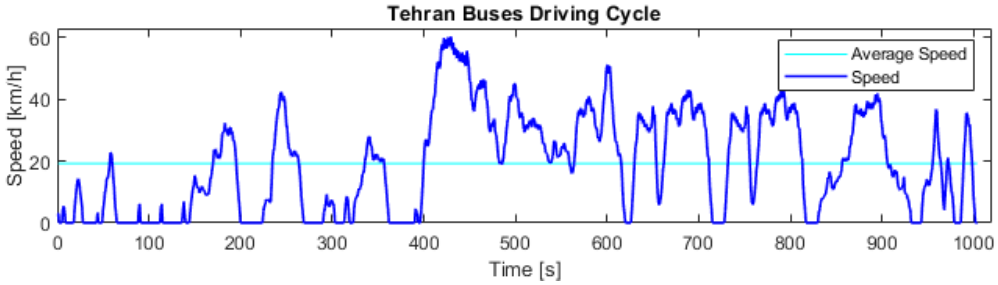
برای ارزیابی سیکل ساخته شده نیز در همین مرحله اقدام میشود، اگر سرعت متوسط و درصد زمان توقف و شتاب موثر سیکل، خطای قابل توجهی با داده های تجمعی داشته باشد سیکل ساخته شده نمی‌تواند نمایندگی داده

های تجمعی را برعهده بگیرد ولی اگر این خطا کم باشد سیکل ساخته شده یک کاندید مناسب برای بیان رفتار ترافیکی داده های تجمعی است. تعداد سیکل‌های ساخته شده میتواند با توجه به قیودی که برای ارزیابی سیکل در نظر گرفته میشود بسیار متفاوت باشد. برای مثال اگر قید ارزیابی فقط سرعت متوسط باشد میتوان تقریبا با تمامی جایگشت هایی که از ریز سفرها وجود دارد چنین سیکلی را ساخت، ولی با افزایش قیود در نظر گرفته شده که در این پژوهش درصد زمان توقف و شتاب موثر نیز با آن اضافه شده میتوان سیکل های کمتری ساخت. به همین علت سیکل های ساخته شده یکتا نیستند و صرفا باید قیود ارزیابی سیکل را رعایت کنند. سیکلی که خطای کمتری نسبت به قیود ارزیابی دارد سیکل رانندگی مناسب تری برای آزمایش‌های بعدی است.

در شکل ۸-۳۶ سیکل شماره ۱ و در شکل ۸-۳۷ سیکل شماره ۲ آورده شده است، اطلاعات این دو سیکل در جدول ۸-۴ آورده شده است.



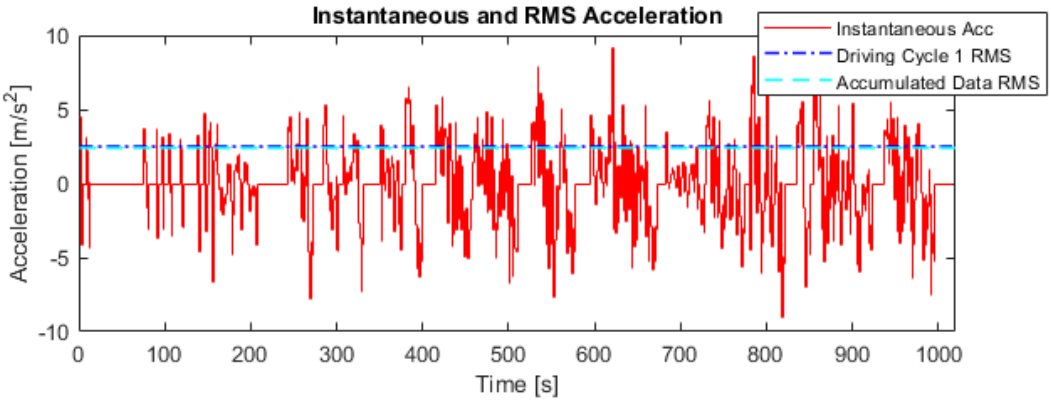
شکل ۸-۳۶: سیکل ساخته شده‌ی شماره ۱



شکل ۸-۳۷: سیکل ساخته شده‌ی شماره ۲

همانطور که از مقایسه‌ی دو پارامتر این دو سیکل رانندگی مشاهده میشود سیکل اول خطای بسیار کمی از نظر ویژگی با داده های تجمعی دارد. ولی سیکل دوم هم از نظر سرعت متوسط و هم از نظر درصد زمان توقف دارای خطای قابل توجهی است. در شکل ۸-۳۸ شتاب لحظه‌ای سیکل شماره‌ی ۱ با رنگ قرمز مشخص شده است، همچنین مقدار موثر این شتاب با رنگ آبی رسم شده است. مقدار شتاب موثر داده‌های تجمعی نیز با رنگ فیروزه‌ای رسم شده است. همانطور که قابل مشاهده است مقدار این شتاب به شتاب داده‌های تجمعی نزدیک است و خطای

اندکی دارد. پس از این مشاهدات متوجه میشویم سیکل دوم نماینده‌ی مناسبی برای اتوبوس‌های شهر تهران نیست و سیکل اول را به عنوان نماینده انتخاب می‌کنیم. بدین ترتیب سیکل رانندگی اتوبوس‌های درون شهری شهر تهران انتخاب میشود. مشخصات این سیکل در جدول ۸-۴ آمده است.



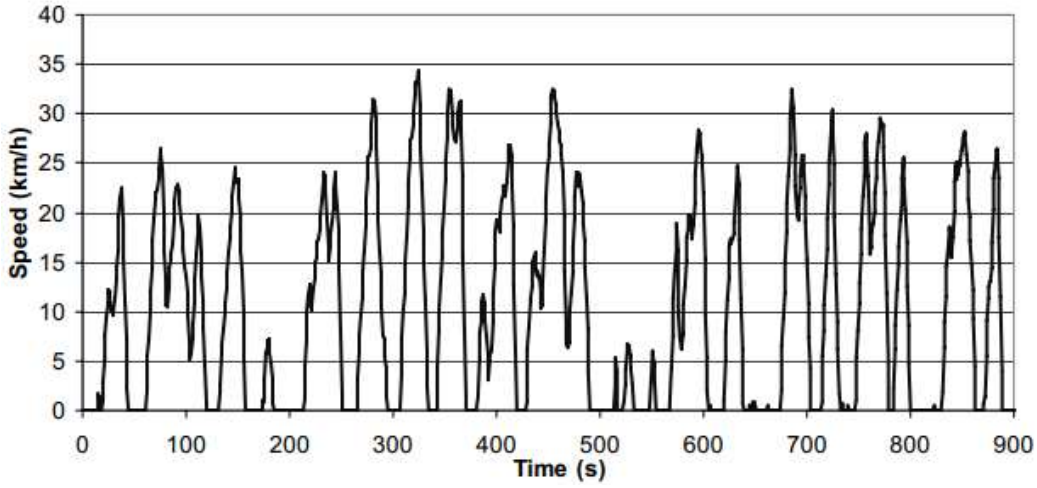
شکل ۸-۳۸: نمودار شتاب لحظه ای و موثر سیکل شماره ۱ و شتاب موثر داده های تجمعی

جدول ۸-۴- مقایسه ویژگی داده های تجمعی مسیرها و سیکل های رانندگی تولید شده

نوع دسته	طول زمانی (ثانیه)	تعداد ریز سفرها	سرعت متوسط (کیلومتر بر ساعت)	درصد زمان توقف	شتاب موثر (متر بر مجذور ثانیه)
داده های تجمعی	۲۷۴۴۲	۵۰۱	۱۵,۲	۳۰,۳۶	۲,۴۰
سیکل تولید شده شماره ۱	۱۰۱۷	۲۴	۱۵,۲	۳۱,۷۹	۲,۴۸
خطا	-	-	٪۰	٪۴,۷	٪۳,۳
سیکل تولید شده شماره ۲	۱۰۰۴	۱۹	۱۹,۲۵	۲۵,۹۹	۴,۴۹
خطا	-	-	٪۳۶,۳۴	٪۱۳,۰۱	٪۳,۳۳

۸.۸ مقایسه سیکل رانندگی اتوبوس‌های تهران با سایر سیکلهای اتوبوس در دنیا

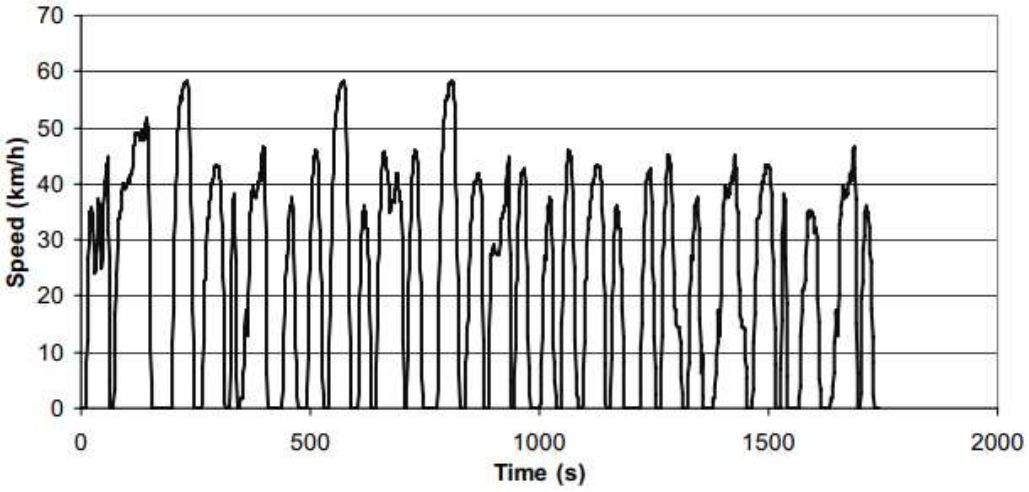
در این بخش اطلاعات بدست آمده برای سیکل رانندگی اتوبوس های درون شهری شهر تهران با سایر سیکلهای رانندگی کشورهای مختلف دنیا مقایسه میشود. هدف از این مقایسه بدست آوردن یک تقریب از نحوه‌ی رانندگی در سایر کشورها و در صورت لزوم مقایسه‌ی کیفیت هوا در آن شهرها با شهر تهران است. در شکل ۸-۳۹ تصویر سیکل رانندگی بخش داخلی شهر لندن تحت عنوان Millbrook Westminster London bus آورده شده است. برای این سیکل رانندگی ۹۰۰ ثانیه ای، در صد زمان توقف برابر با ۳۱,۲ در صد و سرعت متو سط آن ۱۴,۵۷ کیلومتر بر ساعت بوده است، در مورد شتاب موثر آن اطلاعاتی ارائه نشده است.



شکل ۸-۳۹: سیکل Millbrook Westminister London Bus

با توجه به مشخصاتی که برای سیکل رانندگی شهر تهران محاسبه شد مشاهده میگردد که رفتار این سیکل رانندگی تا حدودی به سیکل رانندگی شهر تهران نزدیک میباشد.

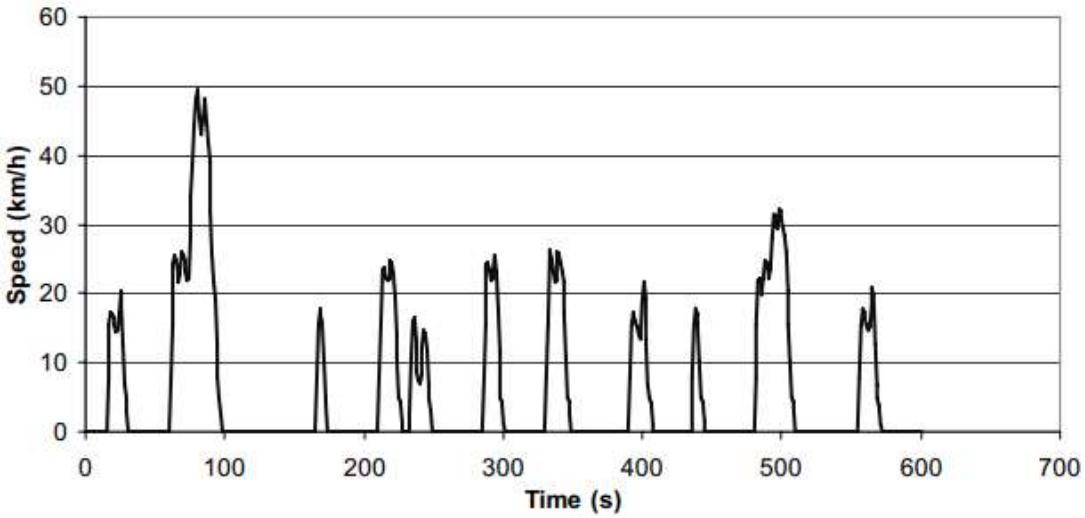
در شکل ۸-۴۰ سیکل رانندگی شهر برانزویک آلمان آورده شده است. مدت زمان این سیکل رانندگی برابر با ۱۷۴۰ ثانیه است. سرعت متوسط آن برابر با ۲۷,۰۳ کیلومتر بر ساعت و درصد زمان توقف آن ۱۶,۵۵ درصد است. شتاب موثر این سیکل برابر با ۲,۴۵ متر بر مجذور ثانیه بوده است. با مقایسه این مشخصات با سیکل بدست آمده برای شهر تهران مشاهده میشود فقط در پارامتر شتاب موثر شباهت وجود دارد و از نظر دو پارامتر دیگر اختلاف بسیار است.



شکل ۸-۴۰: سیکل Braunschweig City

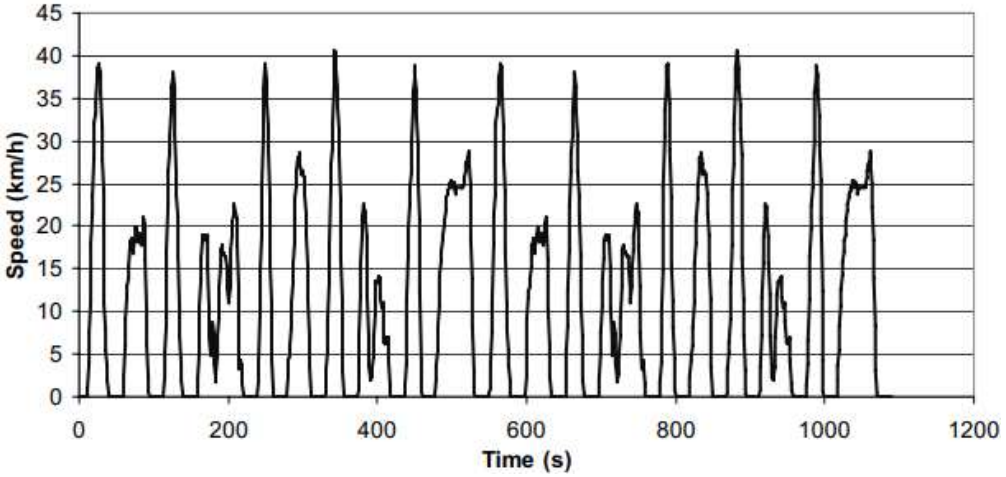
مدت زمان این سیکل تقریبا دو برابر مدت زمان سیکل رانندگی شهر تهران است. در حقیقت مدت زمان سیکل کافی است بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه باشد. در صورت لازم داشتن زمان بیشتر میتوان سیکل بدست آمده را در آزمایشات تکرار کرد و برای وسیله‌ی نقلیه تعیین کرد که سیکل مورد نظر را دو یا چندبار طی کند.

در شکل ۸-۴۱ سیکل رانندگی اتوبوس‌های شهر نیویورک در ایالات متحده آورده شده است. مدت زمان این سیکل برابر با ۶۰۰ ثانیه است. درصد زمان توقف آن برابر با ۵۴,۶۷ درصد و سرعت متوسط آن ۱۳,۱۸ کیلومتر بر ساعت است، همچنین شتاب موثر این سیکل برابر ۳,۴۹ متر بر مجذور ثانیه است. اختلاف مشخصات این سیکل با سیکل شهر تهران نیز بسیار قابل توجه است.



شکل ۸-۴۱: سیکل NY Bus

در شکل ۸-۴۲ سیکل رانندگی منهتن نیویورک آورده شده است. سرعت متوسط این سیکل برابر با ۱۵,۱۱ کیلومتر بر ساعت و درصد زمان توقف آن برابر با ۲۷,۰۹ درصد است. همچنین شتاب موثر آن برابر با ۳,۰۳ متر بر مجذور ثانیه است. در مقایسه با سیکل شهر بدست آمده برای شهر تهران سرعت متوسط این دو سیکل تقریبا با هم برابر است. از نظر شتاب موثر و درصد زمان توقف اختلاف غیرقابل صرف نظر کردنی وجود دارد. مدت زمان این سیکل نیز ۱۰۸۹ ثانیه است.



شکل ۸-۴۲: سیکل Manhattan Bus

برای مقایسه‌ی بهتر داده‌های سیکل‌های معرفی شدهفغش۱۵ غ۵ آنها را در جدول ۸-۵ دسته بندی کرده ایم.

جدول ۸-۵- مقایسه ی سیکل اتوبوس تهران با چند سیکل مختلف

نام سیکل	طول زمانی (ثانیه)	سرعت متوسط (کیلومتر بر ساعت)	درصد زمان توقف	شتاب موثر (متر بر مجذور ثانیه)
اتوبوس درون شهری تهران	۱۰۱۷	۱۵,۲	۳۱,۷۹	۲,۴۸
Westminster London bus	۹۰۰	۱۴,۵۷	۳۱,۲	نامعلوم
Braunschweig City	۱۷۴۰	۲۷,۳	۱۶,۵۵	۲,۴۵
NY Bus	۶۰۰	۱۳,۱۸	۵۴,۶۷	۳,۴۹
Manhattan Bus	۱۰۸۹	۱۵,۱۱	۲۷,۰۹	۳,۰۳

برای مقایسه‌ی بهتر اطلاعات جدول ۸-۵ در نمودار شکل ۸-۴۳ رسم شده است، لازم به ذکر است که در نمودار حاضر مقادیر رسم شده نسبت به بیشترین مقدار هر پارامتر که در قابل مشاهده است یکه شده است.



شکل ۸-۴۳: نمودار مقایسه ی سیکل اتوبوس تهران با چند سیکل مختلف

۸.۹ نتیجه گیری

در این پژوهش در ابتدا چیستی سیکل رانندگی بررسی گردید، سپس به اهمیت وجود سیکل رانندگی برای اندازه‌گیری میزان آلایندگی وسایل نقلیه و همچنین استفاده از آن برای طراحی خودروهای برقی و هایبریدی پرداخته شد. انواع سیکل‌های رانندگی شناسایی شد و مشاهده گردید که برای هر وضعیت ترافیکی متصور برای یک شهر میتوان سیکل رانندگی تعریف کرد، برای مثال سیکل‌های رانندگی میتوانند یکنواخت، پراسترس (شهری)، برون شهری، شریانی، نرمال، اتوبوس و از این دست باشند.

برای ساخت سیکل رانندگی مشاهده گردید که قبل از هر چیز به انتخاب مسیرهایی برای داده برداری نیاز است و این مسیرهای باید به گونه ای باشند که داده‌ها دارای پراکندگی مناسبی باشند و به قول دیگر از نظر تنوع از غنای مناسبی برخوردار باشند بگونه‌ای که از تمامی مسیرها و وضعیت‌های ترافیکی داده برداشته شده باشد، همچنین مدت زمانی که داده‌ها جمع آوری میشود باید به گونه‌ای باشد که داده‌های ترافیکی تحت تاثیر پارامترهای زودگذر و تاثیرگذار مثل ایام تعطیلات و یا شلوغی های منا سبتی نبا شد. سپس به انواع روش‌های جمع آوری داده پرداخته شد و دیده شد که امروزه دیگر از روش‌های قدیمی مثل تعقیب خودرو استفاده نمیشود و معمولا داده‌ها به کمک GPS جمع آوری میگردد. برای ساخت سیکل چهار روش مبتنی بر ریز سفر، بخش بندی، طبقه بندی الگو و مودال معرفی شده است. با مقایسه‌ی چهار روش ساخت سیکل به این نتیجه میتوان رسید که روش مبتنی بر ریز

سفر بهترین گزینه برای مسائل مربوط به تعیین آلایندگی است ولی در این روش داده‌های برداشته شده باید مربوط به یک ناحیه‌ی ترافیکی خاص باشند. از سوی دیگر در معرفی روش مبتنی بر بخش‌بندی دیده شد که میزان آلایندگی وسایل نقلیه به وضعیت ترافیکی و نوع خدمات مسیر نیز وابسته است.

با توجه به توضیحات ارائه شده در بالا، برای ساخت سیکل رانندگی شهر تهران اساس کار بر استفاده از روش ریز سفر قرار داده شده است، ولی با توجه به عدم امکان نادیده گرفتن و ضعیت‌های مختلف رانندگی و نوع خدمات مسیر، ریز سفرها به کمک روش k-means به سه دسته‌ی پرترافیک، شریانی و بزرگراهی تقسیم شده اند و برای ساخت سیکل بر اساس درصد زمانی مشارکت انواع دسته‌ها در داده‌های تجمعی ریز سفرها انتخاب شده اند. میتوان ادعا کرد این روش هم از مزایای روش مبتنی بر ریز سفر برخوردار است چرا که تمامی توقف – حرکت ها در آن بررسی شده است و همچنین با توجه به دسته بندی ریز سفرها و انتخاب آنها بر اساس درصد مشارکت زمانی در داده های تجمعی از مزایای بیان شده در روش مبتنی بر بخش بندی نیز در این پروژه استفاده شده است. مدت زمان سیکل ساخته شده ۱۰۱۷ ثانیه است که ۳۱,۷۲ در صد از آن و سیله‌ی نقلیه در حالت توقف بوده است و سرعت متوسط آن ۱۵,۲ کیلومتر بر ساعت است.

میتوان از سیکل موجود برای ساخت نمودار توان – زمان و سپس طراحی یک اتوبوس هایبریدی و یا الکتریکی به کمک آن استفاده کرد. همچنین میتوان از سیکل ساخته شده برای آنالیز میزان آلایندگی موتورهای دیزلی در نرم افزارهای شبیه سازی استفاده کرد. برای سنجش واقعی میزان آلایندگی موتورهای دیزل همچنین میتوان داده‌ها موجود را به دینامومتر منتقل کرد و به کمک تجهیزات آزمایشگاهی میزان آلایندگی موتور را سنجید. همچنین میتوان از سیکل ساخته شده برای امور مرتبط با برنامه ریزی شهری و کنترل ترافیک بهره گرفت چرا که به کمک آن میتوان تخمینی از رفتار اتوبوس‌های شهر تهران در اختیار داشت.

فصل ۹ مقایسه فنی بر پایه معیار عملکرد، مصرف سوخت، میزان آلایندگی، زیرساخت و پیچیدگی سیستم

۹ ۱ مقدمه:

اتوبوس‌های برقی و هیبریدی دارای ویژگی‌های عملکردی مختلفی هستند که آن‌ها را از اتوبوس‌های مرسوم دیزلی و CNG متمایز می‌کند. این ویژگی‌ها که باید موردتوجه و اهمیت قرار گیرند را می‌توان از جنبه‌های ذیل موردبررسی قرار داد:

جنبه‌های فنی شامل: میزان پیمایش، شتاب، زمان شارژ، در دسترس بودن، انعطاف‌پذیری در تغییر مسیر، مصرف سوخت، پیچیدگی سیستم و زیرساخت.

جنبه‌های زیست‌محیطی شامل: انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلایندگی صوتی (نویز)، و آلایندگی هوا.

در ادامه و در این بخش به مقایسه این ویژگی‌ها پرداخته می شود. قابل‌ذکر است که پیشرانه‌های موردمطالعه برای انواع پیشرانه برقی (شارژ بین‌راهی، شارژ شبانه و ترولی)، هیبریدی (سری و موازی)، CNG و دیزلی انجام می‌گیرد. همچنین مشخصات ساختاری اتوبوس‌های تحت بررسی (بدون در نظر گرفتن نوع پیشرانه) در جدول ۹-۱ نشان داده شده است. این مشخصات برگرفته از اطلاعات مورداستفاده در منابع مختلف است. شایان ذکر است که مطالعات این بخش برای اتوبوس‌های با طول ۱۲ متر انجام گرفته ولی می‌توان از نتایج آن برای تحلیل و مقایسه دیگر انواع اتوبوس شهری نظیر اتوبوس‌های ۱۸ متری استفاده کرد.

جدول ۹-۱: مشخصات کلی اتوبوس‌های موردمطالعه

تعداد سرنشین (تعداد صندلی)	**۵۰-۳۲**
استاندارد طول	**۱۲ متری**
وزن بدون سرنشین (تن)	**۱۳-۱۱**
وزن با سرنشین (تن)	**۲۰-۱۸**
توان سیستم پیشرانه (kW)	**۲۲۰-۱۶۰**

۹ ۲ مقایسه فنی پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی با اتوبوس‌های CNG و دیزلی

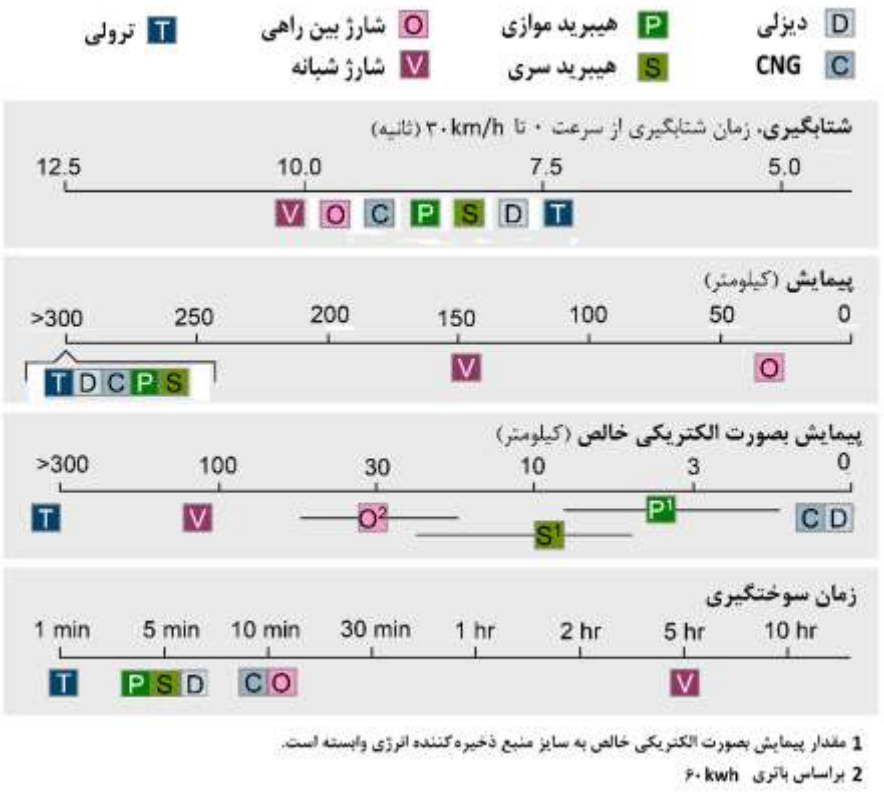
در شکل ۹-۱مقایسه عملکردی بین انواع اتوبوس‌های درون‌شهری با پیشرانه‌های تحت بررسی نشان داده شده است[۳]. در ادامه به بررسی هرکدام از این معیارها پرداخته می‌شود.

۹ ۲ ۱ زمان شتاب‌گیری

با توجه به فعالیت اتوبوس‌های شهری در فضای پرترافیک و شلوغ شهری عملاً می‌توان معیار زمان شتاب گیری را در درجه اهمیت کمتری قرار دارد. بنابراین همان‌طور که در شکل ۹-۱ نیز مشاهده می شود زمان شتاب گیری از سرعت ۰ تا km/h ۳۰ در انواع پیشرانه نزدیک به هم بوده و می‌توان تمام اتوبوس ها را از این حیث در یک دسته‌بندی قرار داد.

۹ ۲ ۲ پیمایش با یک‌بار شارژ یا سوخت‌گیری

در ردیف دوم شکل ۹-۱مسافت قابل پیمایش انواع اتوبوس‌ها با یک‌بار شارژ یا سوخت‌گیری نشان داده شده است. همان‌طور که در گزارش مرحله اول به‌طور مفصل شرح داده شد، در اتوبوس‌های شارژ بین‌راهی با توجه به محدود بودن ظرفیت باتری میزان پیمایش با یک‌بار شارژ محدود است. اما در نوع شبانه میزان پیمایش بیش از نوع شارژ بین‌راهی است. در اتوبوس ترولی به دلیل تغذیه بالاسری اتوبوس میزان پیمایش بسیار بالا یا به‌بیان‌دیگر نامحدود است. در اتوبوس‌های هیبرید نوع سری و موازی با توجه به تغذیه پیشرانه اتوبوس از طریق سوخت دیزل میزان پیمایش به‌مراتب بیش‌تر از اتوبوس‌های برقی دارای باتری است. همچنین مسافت قابل پیمایش با یک‌بار سوخت‌گیری اتوبوس‌های با سوخت فسیلی دیزلی و CNG بیش از انواع اتوبوس‌های برقی (دارای باتری) است. بنابراین ازلحاظ معیار پیمایش به‌غیراز دو نوع اتوبوس شارژ شبانه و شارژ بین‌راهی دیگر انواع در وضعیت بهتری قرار دارند.



شکل ۹-۱: مقایسه عملکردی انواع اتوبوس‌های درون‌شهری با پیشرانه‌های: برقی (شارژ بین‌راهی، شارژ شبانه و ترولی)، هیبریدی (سری و موازی)، CNG و دیزلی

۹ ۲ ۳ مسافت قابل پیمایش به‌صورت الکتریکی خالص

اهمیت این معیار به محدوده فعالیت درون‌شهری اتوبوس‌ها بر می‌گردد. بدین معنی که با توجه به محدوده کاری درون شهری اتوبوس‌های شهری و ایجاد آلایندگی توسط آنها، مطلوب آن است که اتوبوس در محدوده آلوده شهری بتواند با حداقل آلایندگی حرکت کند. بطوریکه، همانطور که در گزارش مرحله اول شرح داده شد، در بعضی کشورها حتی قوانینی وضع شده تا از حرکت خودروهای غیر الکتریکی در برخی مکان های آلوده مراکز شهرها و تونل ها جلوگیری شود. بنابراین این معیار می تواند دارای اهمیت بالایی باشد. همانطور که در شکل ۹-۱نشان داده شده است، اتوبوس ترولی در صورت وجود سیم انتقال توان بالاسری می تواند تمامی مسیر را بصورت الکتریکی بپیماید. میزان پیمایش اتوبوس برقی شارژ شبانه نیز بیش از اتوبوس برقی شارژ بین راهی است. همچنین اتوبوس‌های هیبریدی سری و موازی بسته به میزان ظرفیت باتری مورد استفاده می توانند مسافتی (کمتر از اتوبوس‌های برقی) به صورت الکتریکی خالص بپیمایند. ولی اتوبوس‌های دیزلی و CNG بدلیل عدم وجود ذخیره کننده الکتریکی هیچ مسافتی را

نمی توانند بطور الکتریکی یا به عبارت دیگر بدون ایجاد آلایندگی طی کنند. این موضوع یکی از معایب اتوبوس‌های با سوخت فسیلی (دیزلی و CNG) جهت فعالیت در نقاط آلوده و یا حساس به آلودگی درون شهری است.

۹ ۲ ۴ زمان سوخت‌گیری و یا شارژ

اهمیت معیار زمان سوخت گیری بیشتر به تجهیزات زیر ساخت مرتبط می شود. بدین معنی که در صورتیکه زمان سوختگیری یا شارژ پایین باشد، قاعدتا ایستگاه سوختگیری می تواند پاسخگوی تعداد بیشتری اتوبوس باشد. در اتوبوس‌های با سوخت دیزلی زمان سوختگیری پایین است. در اتوبوس‌های با سوخت CNG در صورت استفاده از دستگاه های سوخت گیری سریع می توان در زمان کوتاهی سوختگیری را انجام داد. در خودروهای هیبریدی نیز همانند اتوبوس‌های نوع دیزلی زمان سوختگیری کوتاه است. در اتوبوس نوع ترولی نیازی به شارژ نخواهد بود. در نوع برقی شارژ بین راهی، بدلیل پایین بودن ظرفیت باتری نسبت به نوع شارژ شبانه زمان شارژ به نسبت کمتر است که این زمان با توجه به میزان ظرفیت باتری متغیر است. در شکل ۹-۱و جدول ۹-۲مقایسه ای بین زمانهای سوختگیری انواع پیشرانه تحت بررسی نشان داده شده است.

۹ ۲ ۵ انعطاف پذیری در پیمایش و تعویض مسیر

منظور از معیار انعطاف پذیری در پیمایش و تغییر مسیر، قابلیت جابجایی اتوبوس در مسیر و خطوط مختلف است. این معیار از این لحاظ حائز اهمیت که در سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی شهری در برخی موارد نظیر وجود مشکل در طول مسیر و یا کمبود اتوبوس در مسیرهای دیگر، نیاز است که اتوبوس در مسیر دیگری حرکت کند. بنابراین هر چه انعطاف پذیری اتوبوس در تعویض مسیر بیشتر باشد، امکان جابجایی آن بیشتر است. در جدول ۹-۲ انعطاف پذیری هر کدام از سیستمهای پیشرانه بررسی شده است[۳]. همانطور که در جدول ۹-۲ نشان داده است به‌غیر از اتوبوس ترولی و برقی شارژ بین راهی بقیه پیشرانه ها قابلیت جابجایی بین مسیرها و تعویض مسیر را دارند. اتوبوس شارژ بین راهی به دلیل کم بودن ذخیره انرژی در باتری، قابلیت پیمایش مسافت کوتاهی در مسیری غیر از مسیر خود دارد. همچنین اتوبوس‌های ترولی قابلیت حرکت فقط در مسیر دارای شبکه بالاسری را دارند. همانطور که در گزارش اول و در معرفی انواع اتوبوس تجاری در جهان شرح داده شد، در برخی از اتوبوس‌های ترولی از منبع توان کمکی دیگری (موتور دیزلی یا باتری) استفاده می شود تا اتوبوس بتواند بطور محدود بین مسیر ها جابجا شده و یا در مسیرهایی که امکان عبور تغذیه بالاسری وجود ندارد و یا دشوار است (نظیر تقاطع ها یا تونل ها) تردد کند.

جدول ۹-۲: ارزیابی انعطاف پذیری هر کدام از سیستمهای پیشرانه

دیزلی و CNG	**+ قابلیت جابجایی بین مسیرها و تعویض مسیر** **+ بعد از دو روز نیاز به سوخت گیری دارد.** **+ زمان سوخت گیری کوتاه (بین ۵ تا ۱۰ دقیقه)**

هیبرید سری و هیبرید موازی	+ قابلیت جابجایی بین مسیرها و تعویض مسیر + بعد از دو رویز نیاز به سوخت گیری دارد. + زمان سوخت گیری کوتاه (حدود ۵ دقیقه)
ترولی	- قابلیت حرکت فقط در مسیر دارای شبکه بالاسری. در صورت وجود منبع توان کمکی می تواند مسافت کمی (حدود ۵ تا ۱۰ کیلومتر) بدون نیاز به شبکه طی کند. + نیاز به سوخت گیری ندارد. در صورت استفاده از منبع توان کمکی دیزلی هر چند وقت یکبار نیاز به سوختگیری دارد.
شارژ بین راهی	– به دلیل کم بودن ذخیره انرژی در باتری، قابلیت پیمایش مسافت کوتاهی در مسیری غیر از مسیر خود دارد. –+ چند بار در طول روز شارژ می شود. زمان شارژ کوتاه است (کمتر از ۱۰ دقیقه)
شارژ شبانه	+ به دلیل ظرفیت بالای باتری قابلیت جابجایی بین مسیرها و تعویض مسیر را دارد. – در انتهای روز نیاز به شارژ دارد. شارژ باتری زمانبر است (بیش از ۳ ساعت).

۹ ۲ ۶ مصرف سوخت و انرژی

یک معیار اساسی جهت مقایسه انواع پیشرانه، میزان مصرف سوخت و مصرف انرژی در آنها است. میزان مصرف سوخت و مصرف انرژی یک خودرو به پارامترهای مختلفی نظیر: وزن خودرو، میزان بار، ابعاد خودرو، فناوری سیستم پیشرانه و همچنین مشخصات سیکل رانشی آن وابسته است[۷۳]. بنابراین جهت تعیین و اندازه‌گیری دقیق میزان مصرف سوخت می بایست هر کدام از این پارامترها را با دقت مدنظر قرار داد. در کشور ایران همانطور که در گزارش مرحله دوم بطور دقیق بررسی شد فقط از دو نوع پیشرانه دیزلی و CNGدر اتوبوس‌ها شهری استفاده می شود که داده های مرتبط با مصرف سوخت همین دو نوع اتوبوس هم بصورت محدود و تقریبی در دسترس است. بنابراین در این بخش به منظور مقایسه میزان مصرف سوخت و انرژی انواع اتوبوس‌ها از ترکیب اطلاعات داخلی و مطالعات کشورهای دیگر (به دلیل عدم وجود مطالعات داخلی) استفاده شده است.

در جدول ۹-۳ میزان مصرف سوخت و انرژی هر کدام از انواع اتوبوس نشان داده شده است. در اینجا میزان مصرف سوخت اتوبوس دیزل (۶۰L/100km) بر اساس میانگین عدد استعلامی برای سیکل کاری اتوبوس‌های شهر تهران و شهرهای بزرگ کشور (گزارش مرحله دوم) در نظر گفته شده است. محدوده مصرف سوخت اتوبوس دیزل در مطالعات خارجی ۴۸-۸۰ L/100km است[۷۴]. همچنین مصرف سوخت اتوبوس هیبریدی، بر اساس اعداد گزارش‌شده در مراجع [۳] و [۴][۳] به‌دست‌آمده که حدوداً برابر ۷۷٪ مصرف سوخت اتوبوس دیزلی (برابر ۴۵ L/100km) است. برای اتوبوس‌های CNG ، از میزان مصرف سوخت استعلام شده از سازمان اتوبوس‌رانی (گزارش مرحله دوم) استفاده شده است که در اینجا میزان مصرف سوخت برابر (۶۰ kg/100km) در نظر گرفته شده است. محدوده مصرف سوخت اتوبوس گازسوز در مطالعات خارجی ۴۰-۶۵ kg/100km است[۷۴].

میزان مصرف انرژی اتوبوس‌های ترولی، شارژ شبانه و شارژ بین‌راهی (برحسب اطلاعات واقعی در مطالعات جهانی [۳]) به ترتیب برابرkwh/km ۱/۸، ۱/۹۱ kwh/km و ۱/۸ kwh/km در نظر گرفته شده است.

جدول ۹-۳: میزان مصرف سوخت و انرژی اتوبوس‌های مورد مطالعه

نوع اتوبوس	میزان مصرف سوخت	میزان مصرف انرژی به ازای کیلومتر
اتوبوس دیزلی	۰/۶(L/km)	۲۲ Mj
اتوبوس CNG	۰/۶(kg/km)	۳۰ Mj
اتوبوس هیبریدی	۰/۴۵ (L/km)	۱۶/۵ Mj
اتوبوس الکتریکی ترولی	۱/۸۱ (kWh/km)	۶/۵ Mj
اتوبوس الکتریکی شارژ شبانه	۱/۹۱ (kWh/km)	۶/۹ Mj
اتوبوس الکتریکی شارژ بین راهی	۱/۸۱ (kWh/km)	۶/۵ Mj

۱ میزان انرژی هر لیتر گازوییل معادل 35.9 Mj است[۷۵].
۲ میزان انرژی هر کیلوگرم CNG معادل 50 Mj است [۷۶].
۳ 1 kwh= 3.6 Mj

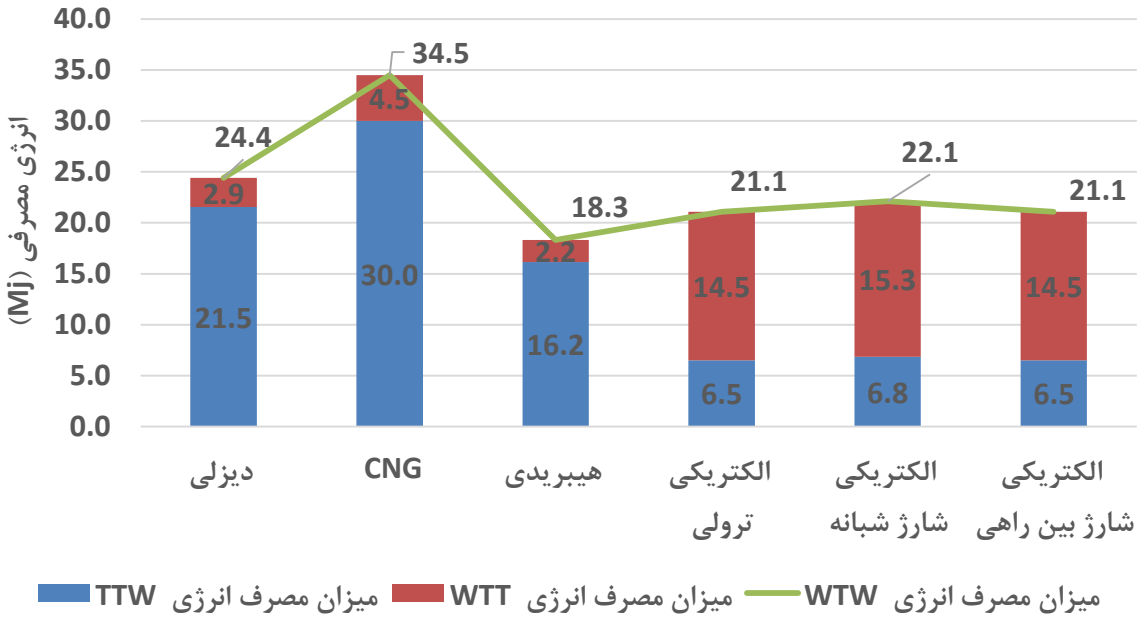
همانطور که در جدول نشان داده شده است، در اتوبوس‌های برقی با توجه به بازدهی بالای موتور الکتریکی نسبت به موتور دیزلی این اختلاف مصرف انرژی به خوبی قابل مشاهده است. ولی از طرفی تولید انرژی الکتریکی و انتقال آن خود انرژی بر است و بازدهی از چاه تا چرخ کل سیستم الکتریکی را کاهش می‌دهد. بنابراین به منظور بررسی دقیقتر میزان انرژی مصرفی اتوبوس می بایست در دو مرحله ۱) تولید و استخراج منبع انرژی یا به اصطلاح از چاه تا مخزن[1] (WTT) و ۲) در حین فعالیت اتوبوس یا به اصطلاح از مخزن تا چرخ[2] (TTW) مورد بررسی قرار گیرد.

در جدول ۹-۴ میزان انرژی مصرفی جهت تولید منبع انرژی از چاه تا مخزن (WTT) و همچنین میزان انرژی مصرفی اتوبوس (TTW) و انرژی مصرفی کل یا از چاه تا چرخ ۳(TTW) نشان داده شده است.

[1] Well to tank
[2] Tank to Wheel
[3] Well to Wheel

جدول ۹-۴: مطالعه چاه تا چرخ میزان مصرف انرژی انواع اتوبوس‌های مورد مطالعه

نوع اتوبوس	میزان مصرف سوخت	میزان مصرف انرژی TTW (MJ/km)	میزان مصرف انرژی WTT (MJ/km)	میزان مصرف انرژی WTW (MJ/km)
اتوبوس دیزلی	۶۰(L/100km)	۲۲	۲/۹	۲۴/۴
اتوبوس CNG	۶۰(kg/100km)	۳۰	۴/۵	۳۴/۵
اتوبوس هیبریدی	۴۵ (L/100km)	۱۶/۲	۲/۲	۱۸/۳
اتوبوس الکتریکی ترولی	۱/۸۱ (kWh/km)	۶/۵	۱۴/۵	۲۱/۱
اتوبوس الکتریکی شارژ شبانه	۱/۹۱ (kWh/km)	۶/۸	۱۵/۳	۲۲/۱
اتوبوس الکتریکی شارژ بین راهی	۱/۸۱ (kWh/km)	۶/۵	۱۴/۵	۲۱/۱



شکل ۹-۲: نمودار میزان مصرف انرژی از چاه تا چرخ انواع اتوبوس‌های مورد مطالعه

همانطور که در جدول ۹-۴ مشاهده می شود علیرغم پایین بودن میزان مصرف اتوبوس‌های الکتریکی، به دلیل پایین بودن بازدهی نیروگاه های تولید برق در کشور (بازدهی برق ترکیبی[1] ۳۷٪ [۷۷]) و همچنین تلفات بالای سیستم انتقال (تلفات ۱۶/۶٪[۷۸]) میزان WTW انرژی مصرفی بالا خواهد بود که این موضوع به خوبی در نمودار شکل ۹-۲ نشان داده شده است. همچنین با در نظر گرفتن تلفات ۱۰٪ فرایند تولید و پالایش سوخت دیزل و همچنین تلفات ۲٪ آن در فرآیند انتقال [۷۹]، مشاهده می شود WTW انرژی مصرفی این نوع اتوبوس قابل رقابت با انواع برقی خواهد بود و حتی در نوع دیزلی هیبرید این مقدار نسبت به مقدار اتوبوس‌های الکتریکی نیز کمتر است. در اتوبوس‌های CNG، با در نظر گرفتن تلفات استخراج، انتقال و فشرده سازی گاز طبیعی، که برای یک سیستم انتقال گاز با طول km ۱۰۰۰ معادل ۱۳٪ در نظر گرفته شده است[۷۹]، مقدار WTW انرژی مصرفی بیش از دیگر انواع اتوبوس خواهد بود. قابل ذکر است که در دنیا میزان اختلاف مصرف انرژی اتوبوس‌های دیزلی و CNG بطور معمول حدود ۲۰٪ است[۸۰]. این در حالی است که این مقدار اختلاف برای اتوبوس‌های داخل کشور، همانطور که در جدول ۹-۴ و نمودار شکل ۹-۲ مشاهده می شود، حدود ۸۰٪ است.

به منظور افزایش بازدهی تولید برق در کشور می توان به راه‌کارهایی نظیر: استفاده از فناوری‌های نوین در صنعت نیروگاهی و استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر اشاره کرد.

۹ ۲ ۷ پیچیدگی سیستم پیشرانه

تاکنون در مراجع به راهکار خاصی جهت مقایسه پیچیدگی انواع سیستم های پیشرانه اتوبوس برقی اشاره نشده است. به منظور مقایسه پیچیدگی سیستم پیشرانه، راهکار پیشنهادی مقایسه تعداد اجزا اصلی مورد استفاده در هر کدام از انواع پیشرانه است. می توان موتور احتراق داخلی، موتور الکتریکی، ژنراتور الکتریکی، ذخیره کننده انرژی و سیستم انتقال و جعبه دنده را اجزا اصلی انواع پیشرانه دانست که در برخی از پیشرانه فقط تعدادی از این اجزاء مورد استفاده قرار می گیرد. پیشرانه اتوبوس های دیزلی و CNG دارای ساختار ساده ای هستند که در بین اجزاء بیان شده فقط در آنها از موتور احتراق داخلی و همچنین سیستم انتقال و جعبه دنده با نسبت متغیر استفاده میشود. سیستم پیشرانه اتوبوس های الکتریکی (هر سه نوع ترولی، شارژ شبانه و شارژ بین راهی) نیز ساده است و در آنها تنها از منبع انرژی الکتریکی و همچنین موتورالکتریکی به عنوان محرکه چرخ ها استفاده می شود. این در حالی است که اتوبوس های هیبریدی به دلیل استفاده همزمان از دو نوع موتور احتراق داخلی و الکتریکی و همچنین سیستم ذخیره ساز باتری، دارای سیستم پیشرانه پیچیده تری نسبت به دیگر انواع پیشرانه مورد بررسی است. همچنین همانطور که در گزارش مرحله اول بطور مفصل شرح داده شد به دلیل کوپلینگ مکانیکی بین موتور احتراق داخلی و موتور الکتریکی در اتوبوس هیبرید موازی این ساختار از لحاظ مکانیکی و هم از لحاظ کنترلی به مراتب پیچیده تر از نوع سری است. در جدول ۹-۵ مقایسه ای بین تعداد اجزاء زیر سیستم پیشرانه انواع اتوبوس درون

[1] Mix generation

شهری و پیچیدگی نسبی آنها نشان داده شده است. در جدول منظور از رنگ سبز، پیچیدگی کمتر، منظور از رنگ زرد، پیچیدگی متوسط و رنگ قرمز پیچیدگی بالا است.

جدول ۹-۵: مقایسه بین تعداد اجزاء زیر سیستم پیشرانه انواع اتوبوس درون شهری و پیچیدگی نسبی آنها (منظور از رنگ سبز (علامت ++)، پیچیدگی کمتر، منظور از رنگ زرد (علامت +)، پیچیدگی متوسط و رنگ قرمز (علامت –) پیچیدگی بالا است)

نوع اتوبوس	موتوراحتراقی	موتور الکتریکی	ژنراتور الکتریکی	ذخیره کننده انرژی	سیستم انتقال و جعبه دنده	پیچیدگی
اتوبوس دیزلی	دارد	ندارد	ندارد	ندارد	جعبه دنده متغیر	++
اتوبوس CNG	دارد	ندارد	ندارد	ندارد	جعبه دنده متغیر	++
اتوبوس هیبریدی سری	دارد	دارد	دارد	دارد	جعبه دنده متغیر	+
اتوبوس هیبریدی موازی	دارد	دارد	ندارد	دارد	جعبه دنده ثابت	--
اتوبوس الکتریکی ترولی	ندارد	دارد	ندارد	ندارد	جعبه دنده ثابت	++
اتوبوس الکتریکی شارژ شبانه	ندارد	دارد	ندارد	دارد	جعبه دنده ثابت	++
اتوبوس الکتریکی شارژ بین راهی	ندارد	دارد	ندارد	دارد	جعبه دنده ثابت	++

۹ ۳ مقایسه انواع پیشرانه اتوبوس‌های درون شهری از جنبه زیست محیطی

جنبه‌های زیست‌محیطی یکی از معیارهای مهم ممیزی و مقایسه انواع اتوبوس‌های درون‌شهری است. در این بخش به بررسی مسائل زیست‌محیطی مرتبط با فعالیت انواع پیشرانه برقی (شارژ بین‌راهی، شارژ شبانه و ترولی)، هیبریدی (سری و موازی)، CNG و دیزلی پرداخته می‌شود. جنبه‌های زیست‌محیطی در سه بخش آلایندگی صوتی ، انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده های هوای شهری مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

۹ ۳ ۱ آلایندگی صوتی (نویز صوتی)

طبق نظر سازمان جهانی بهداشت بعد از آلودگی هوا و آب، آلودگی صوتی به عنوان سومین آلودگی خطرناک در جهان شناخته می‌شود[۸۱]. سروصدا یا آلودگی صوتی را می‌توان به‌صورت صدای ناخواسته‌ای دانست که موجب بر هم زدن آرامش در زمان استراحت و یا تمرکز افراد در حین انجام کار می‌شود، به همین دلیل صدای موسیقی نیز اگر در یک موقعیت و زمان نامناسب اجرا شود به‌عنوان منبع آلودگی صوتی در نظر گرفته می‌شود. واحد اندازه‌گیری صدا برحسب دسی‌بل (dB) و بر اساس تغییرات فشار هوا، مقدار آن بین صفر دسی‌بل (آستانه شنوایی) تا ۱۳۰ دسی‌بل

(آستانه کری) بیان می‌شود. گوش انسان بلندی صدا را در فرکانس‌های مختلف یکسان درک نمی‌کند، بر همین اساس فیلتری بر روی دستگاه‌های اندازه‌گیری صدا نصب می‌شود، (فیلتر وزنی (A)) تا محدوده اندازه‌گیری منطبق بر محدوده شنوایی انسان باشد. به عبارت بهتر در شبکه A مقادیر تراز فشار صوت متناسب با حساسیت گوش انسان توزین می‌گردد. واحد تراز صدا به‌صورت ((A) dB) نوشته می‌شود.[۸۲]

آلودگی صوتی در ابعاد مختلف سلامتی انسان را به مخاطره می‌اندازد و در درازمدت دارای عوارض متعدد و مختلفی است که در جدول ۹-۶ به آن اشاره شده است[۸۲].

جدول ۹-۶: اثرات مختلف آلودگی صدا بر انسان

دستگاه شنوایی	افت دائم و موقت شنوایی
بالینی	افزایش هورمون کلسترول (ضربان قلب)، کورتیزول خون (استرس) و افزایش فشا رخون- انعقاد ر گهای خونی، سکته قلبی، سردرد، کج‌خلقی، سوءهاضمه، زخم معده و روده
خواب	در خواب آستانه شنوایی پایین است، به عبارت دیگر جنبه تخریبی فیزیولوژیکی سروصدا بیشتر است. سروصدا ممکن است اثر و ارزش شفابخش خواب را از بین ببرد.
نوزادان(جنین)	موجب انقباض رگ‌هایی که مسئول تهیه غذا و اکسیژن برای جنین هستند و کاهش وزن در نوزادان
روحی و روانی	کاهش تمرکز و یادگیری

حد مجاز آلودگی صدا در هوای آزاد و حتی داخل اماکن به صورت تراز معادل برای دوره‌های معین زمانی از شبانه روز تعریف شده است. اندازه‌گیری یا محاسبه تراز معادل فشار صوت برای آن دوره‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا قابلیت مقایسه با حدود مجاز را خواهد داشت. کشورهای مختلف، دوره‌های زمانی متفاوتی را برای محاسبه یا مبنای تراز معادل تصویب کرده‌اند. معروفترین دوره های زمانی، ساعت ۷ صبح تا ساعت ۲۲ برای تراز روز (DL)، به عنوان دوره ۱۵ ساعته روز و از ساعت ۲۲ تا ۷ صبح روز بعد (NL)، به عنوان تراز ۹ ساعته شب است. در برخی معیارها، ساعت ۱۹ تا ۲۲ به عنوان تراز ابتدای شب (EL) و ساعت ۲۳ تا ۷ صبح روز بعد، با اعمال ضرایب مربوطه به عنوان تراز معادل شب (NL) مقرر شده است.

در ایران طبق مصوبه شورای عالی محیط زیست (سال ۱۳۸۱) فقط دو دوره زمانی ۷ صبح تا ۱۰ شب برای تراز روز و ۱۰ شب تا ۷ صبح به‌عنوان تراز شب تصویب شده است. حدود مجاز آلودگی صوتی نیز بر این اساس معین شده است. در اجرای ماده ۲ آئین‌نامه اجرایی نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی مصوب جلسه مورخ ۱۹ / ۳/ ۱۳۷۸ هیئت‌وزیران، حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران به شرح ذیل تعیین شد و موافقت شد که از تاریخ تصویب در سطح کشور به مورد اجرا گذارده شود[۸۲].

جدول ۹-۷: حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران

نوع منطقه	روز (۷ صبح الی ۱۰ شب) *Leq (30) dB (A)	شب (۱۰ شب الی ۷ صبح) *Leq (30) dB (A)
منطقه مسکونی	۵۵	۴۵
منطقه تجاری - مسکونی	۶۰	۵۰
منطقه تجاری	۶۵	۵۵
منطقه مسکونی - صنعتی	۷۰	۶۰
منطقه صنعتی	۷۵	۶۵

* Leq (30) dB (A) تراز معادل در مدت‌زمان 30 دقیقه اندازه‌گیری در شبکه وزنی A می‌باشد و واحد آن دسی‌بل است.

در جدول فوق تعریف هر نوع منطقه به شرح زیر است:

منطقه مسکونی: محدوده‌هایی هستند که بیش از ۵۰ درصد آن دارای کاربری مسکونی خالص باشد و بقیه آن (علاوه بر شبکه معابر) شامل خدمات مربوط به مسکونی و بدون مزاحمت برای مسکونی باشد.

منطقه تجاری - مسکونی: منطقه‌ای است که معمولاً طبقات همکف به‌صورت تجاری و طبقات بالاتر به‌صورت مسکونی پیش‌بینی شده باشد، اما کاربری مسکونی معمولاً بیش از تجاری است.

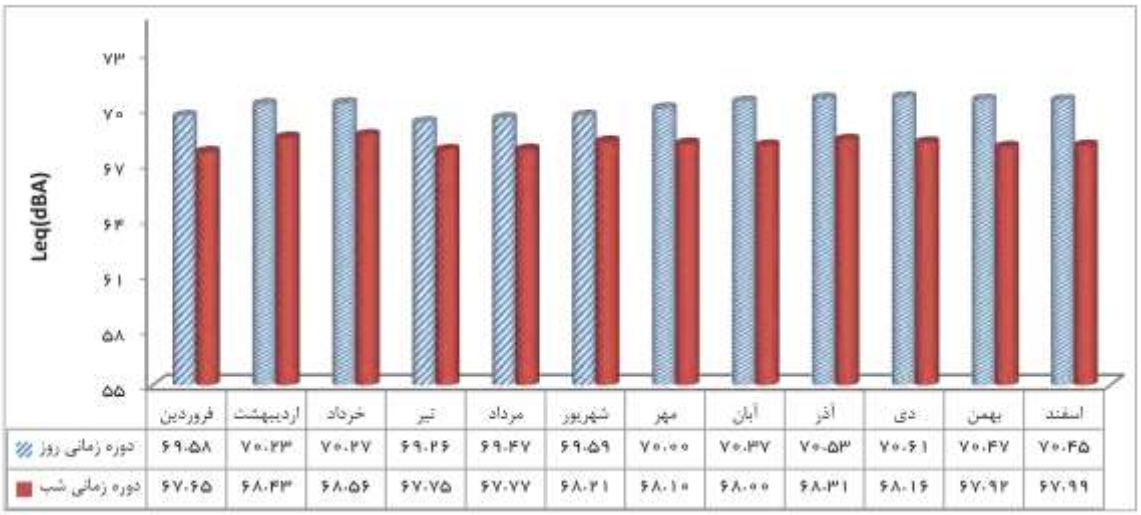
منطقه تجاری: منطقه‌ای است که عمدتاً دارای کاربری تجاری و یا کاربری‌های مربوط به آن (دفاتر اداری، تفریحی، فرهنگی و غیره) باشد (بیش از ۵۰ درصد اراضی).

منطقه مسکونی - صنعتی: منطقه‌ای است که در کنار نواحی مسکونی بعضی از صنایع غیر مزاحم و غیر آلوده قرار گیرد (مانند بعضی از صنایع کارگاهی) در اینجا کاربری عمده مسکونی است.

منطقه صنعتی: مناطقی است که دارای کاربری صنعتی بوده و طبق ضوابط محیط‌زیست استقرار آن‌ها در محیط شهر مجاز نبوده و بر اساس مطالعات زیست‌محیطی با فاصله‌ای مناسب بیرون از شهر یا نواحی مسکونی قرار گیرد. کارگاه‌های مزاحم شهری، کاربری‌های کارخانه‌ای، تولیدی و خدمات صنعتی عموماً در این محدوده واقع هستند.

در شکل ۹-۳ نمودار میانگین تراز صدا برای دو دوره زمانی روز و شب برحسب ماه‌های مختلف سال ۹۷ در ایستگاه‌های سنجش صوت شهر تهران نشان داده شده است[۸۲]. مشاهده میشود که در هر دو دوره زمانی (روز و به ویژه شب) میزان تراز صدا از حد استاندارد مسکونی بالاتر است. همانگونه که در نمودار مشخص است، میانگین تراز صوت برای

دوره زمانی روز در ماه‌های مختلف تقریبا بین ۶۹ تا ۷۱ دسی‌بل و میانگین تراز صوت در دوره زمانی شب بین ۶۷ تا ۶۹ دسی‌بل است. شایان ذکر است که تردد شبانه کامیون‌ها سهم زیادی در آلایندگی صوتی شبانه دارند.



	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دوره زمانی روز	۶۹.۵۸	۷۰.۲۳	۷۰.۲۷	۶۹.۲۶	۶۹.۴۷	۶۹.۵۹	۷۰.۰۰	۷۰.۳۷	۷۰.۵۳	۷۰.۶۱	۷۰.۴۷	۷۰.۴۵
دوره زمانی شب	۶۷.۶۵	۶۸.۴۳	۶۸.۵۶	۶۷.۷۵	۶۷.۷۷	۶۸.۲۱	۶۸.۱۰	۶۸.۰۰	۶۸.۳۱	۶۸.۱۶	۶۷.۹۲	۶۷.۹۹

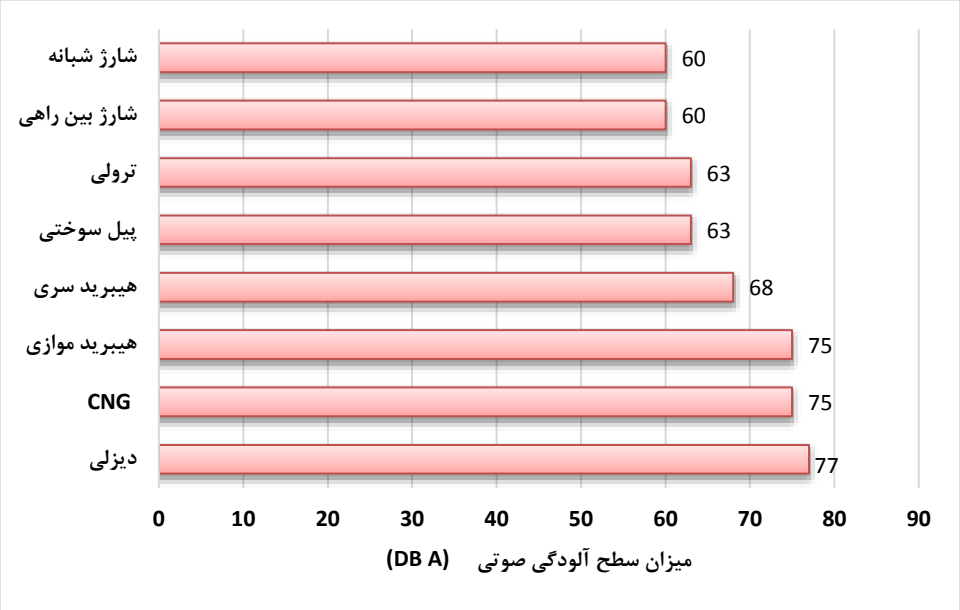
شکل ۹-۳: مقایسه میانگین تراز صوتی ماه‌های مختلف سال در تمامی ایستگاه های سنجش صوت شهر تهران در سال ۱۳۹۷[۸۲].

تردد صدها و یا حتی هزاران دستگاه اتوبوس در فضای شهری (بخصوص در شب) می‌تواند بر روی میزان تراز صوتی و آسایش شهروندان تأثیرگذار باشد. این موضوع در برخی مکان‌ها نظیر پایانه‌ها که تعداد کثیری از اتوبوس‌ها بطور همزمان ایجاد آلایندگی صوتی می کنند بیشتر نمایان می شود. همچنین در مراکز با کاربری حساس (نظیر کاربری درمانی و آموزشی) که نیاز به آرامش بیشتر است این موضوع بیشتر حائز اهمیت خواهد بود. از طرفی روزانه هزاران و یا حتی میلیون ها نفر در حال سفرهای درون شهری با اتوبوس هستند و صدها و یا هزاران نفر راننده بطور مستقیم مشغول کار در سامانه های اتوبوسرانی هستند. به عنوان مثال در تهران روزانه حدود ۴ میلیون نفر توسط اتوبوس‌های شهری جابجا می شوند که بطور متناوب در معرض صدای آنها قرار می‌گیرند. همچنین حدود هشت هزار راننده هر روز در معرض صدای اتوبوس‌های شهری اند[۸۳]. بنابراین آلایندگی صوتی می تواند اثرات مهمی بر روی سلامت جسمی و روانی این افراد داشته باشد[۸۳]. از اینرو کاهش میزان آلایندگی صوتی اتوبوس‌ها حائز اهمیت خواهد بود.

در [۸۴-۸۶] به مقایسه میزان انتشار آلاینده صوتی در انواع اتوبوس‌های درون شهری پرداخته شده است، که نتایج آن در شکل ۹-۴ بطور خلاصه نشان داده شده است. این مقایسه‌ها برای اتوبوس‌های ۱۲ متری در حال حرکت با سرعت ۲۰ km/h و در فاصله ۷/۵ متری انجام شده است. همانطور که در شکل ۹-۴ مشاهده می شود میزان آلایندگی صوتی اتوبوس‌های دیزلی و CNG بترتیب با حدود ۷۷ dB و ۷۰ dB به مراتب بیش از دیگر انواع اتوبوس‌ها است. همچنین اتوبوس‌های هیبریدی سری به دلیل عدم اتصال مکانیکی موتور دیزلی (همانطور که در گزارش اول شرح داده شد) میزان آلایندگی صوتی کمتری (حدود ۶۸ dB) ایجاد می‌کنند. آلودگی صوتی انواع اتوبوس‌های

الکتریکی به دلیل عدم وجود مولد بزرگ آلاینده صوتی ، نظیر موتور احتراقی، فقط به میزان نویز بوجود آمده در حرکت موتورالکتریکی و سیستم های جانبی اتوبوس (نظیر سیستم های خنک کننده) محدود می‌شود. همانطور که در شکل ۹-۴ مشاهده می‌شود، میزان نویز صوتی اتوبوس‌های برقی ۶۳ dB و ۶۰dB بترتیب برای نوع ترولی و برقی (شبانه و شارژ بین راهی) است. شایان ذکر است که مقیاس dB (دسی بل) بصورت لگاریتمی بوده و میزان کاهش dB ۱۰ معادل کاهش ۵۰ درصدی نویز صوتی است. برای درک بهتر از مقیاس dB، به عنوان مثال میزان نویز صوتی یک مکالمه در محیط کار حدود ۶۰ dB بوده و میزان نویز صوتی زنگ تلفن حدود ۸۰ dB است[۸۷].

در داخل کشور نیز مطالعاتی در این زمینه بر روی انواع مدل‌های اتوبوس‌های دیزلی انجام گرفته که نتایج مشابهی را نشان می دهد[۸۳, ۸۸, ۸۹]. به عنوان مثال در [۸۸] به مقایسه آلودگی صوتی سه نوع اتوبوس پر کاربرد در طی مسیر پرداخته که همانطور که در جدول ۹-۸ مشاهده می شود نتایجی نسبتا مشابهی با شکل ۹-۴ بدست آمده است. نتایج شکل ۹-۴ و جدول ۹-۸ نشان می دهند که میزان آلایندگی صوتی اتوبوس‌های دیزلی و CNG به مراتب بیش از استاندارد شهری است (جدول ۹-۸) . بنابراین به نظر می رسد استفاده از اتوبوس‌های برقی به جای اتوبوس‌های دیزلی و CNG می تواند نقش مهمی در کاهش تراز آلایندگی صوتی اتوبوس‌های درون شهری داشته باشد.



شکل ۹-۴: مقایسه تراز معادل صوتی (dB A) انواع اتوبوس‌هایی درون شهری با سرعت ۲۰ km/h و در فاصله ۷/۵ متری

جدول ۹-۸: تراز معادل (dB A) ۳۰ دقیقه ای برای اتوبوس‌های مورد مطالعه در [۸۸]

نوع اتوبوس	تعداد بررسی شده	میانگین (dB A)	حداکثر (dB A)	حداقل (dB A)
ایکاروس	۳۰	۸۰/۹۱	۸۴/۳۴	۷۷/۹۴
مان	۳۰	۷۶/۹۲	۸۱/۵۰	۷۲/۸۲
شهاب	۳۰	۷۴/۶۷	۷۹/۵۷	۷۲/۱۶
مجموع	۹۰	۷۷/۵۰	۸۴/۳۴	۷۲/۱۶

۹ ۳ ۲ آلودگی هوا

آلودگی هوا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر سلامت افراد شناخته می‌شود. طبق آمار سازمان جهانی بهداشت[۱] (WHO)، سالانه بیش از دو میلیون مرگ زودرس در دنیا به خاطر آلودگی هوای شهری اتفاق می‌افتد[۷۴]. در ایران نیز آلودگی هوا یکی از عوامل زیست محیطی خطرناک از جنبه بهداشت است که باعث بیماری‌هایی نظیر آسم، سرطان ریه، هیپرتروفی بطنی[۲]، آلزایمر، پارکینسون، اوتیسم و سکته می شود. علاوه بر ایجاد بیماری، طبق گزارش سازمان بهدا شت جهانی ، سالانه در تهران بیش از ۴۰۰۰ نفر بر اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می دهند[۹۰]. بنابراین مطالعه دقیق و مقایسه انواع اتوبوس شهری در این حوزه بسیار ضروری و حائز اهمیت خواهد بود. از اینرو در این بخش به بررسی این موضوع پرداخته خواهد شد. پیش از شروع و بررسی میزان ایجاد آلایندگی هوا در انواع اتوبوس‌ها، نیاز است تا مقدماتی درباره انواع گازهای آلاینده، گازهای گلخانه‌ای، شاخص های کیفتی هوا در شهرها و همچنین سهم هر کدام از وسایل حمل و نقل در ایجاد آلودگی هوای شهرها گفته شود. بنابراین در بخش اول به ارائه مقدمات پرداخته خواهد شد. سپس در بخش بعد به مطالعه از چاه تا چرخ میزان انتشار گازهای گلخانه ای در انواع اتوبوس‌ها پرداخته می شود و در انتها میزان انتشار آلاینده های شهری هر کدام از اتوبوس مورد بررسی قرار می‌گیرد.

1 World Health Organization

[۲] هیپرتروفی بطنی بزرگ شدن ماهیچه‌های بطنی قلب است که در نتیجه افزایش فشار خون یا تنگی دریچه آئورت رخ می‌دهد.

۹ ۳ ۳ مقدمه ای درباره انواع گازهای آلاینده و گلخانه‌ای و شاخص کیفیت هوا

مهم‌ترین آلاینده‌های ناشی از بخش حمل‌ونقل در **جدول ۹-۹** نشان داده شده است. طبق اعلام سازمان جهانی بهداشت اکسیدهای نیتروژن و دی‌اکسید سولفور تأثیر زیادی بر سلامت افراد دارند. همچنین تعداد زیادی از مرگ‌ومیرها نیز براثر ذرات معلق (PM) و ازن (O_3) اتفاق می‌افتد. به‌طوری‌که طبق اعلام سازمان جهانی بهدا شت با افزایش $10\ \mu g/m^3$ $PM_{2.5}$، ۶۰ $\mu g/m^3$ غلظت گاز O_3، ۳ تا ۵ درصد میزان مرگ و میر افراد را افزایش می‌دهد[۷۴].

جدول ۹-۹: آلاینده‌های کلیدی بخش حمل و نقل

نوع آلاینده	آلودگی محلی	گازهای گلخانه ای
مونوکسید کربن (CO)	❊	
دی اکسید کربن (CO2)	❊	❊
اکسیدهای نیتروژن (NOx)	❊	❊
هیدروکربن های غیر متان (NMHC)	❊	
متان (CH4)		❊
ذرات معلق هوا (PM)	❊	
دی اکسید گوگرد (SO2)	❊	

در ادامه بطور مختصر به معرفی هر کدام از این آلاینده‌ها پرداخته می شود.

گاز مونوکسید کربن (CO):

گاز مونوکسید کربن از احتراق ناقص سوخت در خودروهای با موتور درونسوز تولید می شود. CO می تواند به دو گاز CO_2 و O_3 که هر دو جزو گازهای گلخانه ای هستند تبدیل شود. تاثیر این گاز در غلظت های بالا می تواند بسیار خطرناک باشد.

دی اکسید کربن (CO2):

گاز دی اکسید کربن تشکیل دهنده حدود ۸۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای در جهان است. این گاز از احتراق سوخت های فسیلی حاصل می شود. میزان مجاز CO_2 خروجی وسایل نقلیه در هیچ جای دنیا بصورت قانون در نیامده است.

اکسیدهای نیتروژن (NOx):

اکسیدهای نیتروژن از مهترین گازهای آلاینده‌های هوا به حساب می‌آیند. اکسیدهای نیتروژن به دلیل فشار و دمای زیاد درون سیلندر شکل می‌گیرد. بنابراین با افزایش دمای موتور میزان تولید این گاز افزایش می یابد. در این حالت نیتروژن و اکسیژن موجود در هوا با هم واکنش نشان داده و اکسید نیتروژن تولید می‌شود.

این گاز به رنگ قهوه‌ای سرخ‌فام است و بویی بسیار تند و زننده دارد. دی‌اکسید نیتروژن در ترکیب با هوای مرطوب تولید اسید نیتریک می‌کند که موجب پوسیدگی شدید فلزات می‌شود. همچنین در غلظت‌های بالا باعث ایجاد مه‌دود شده و میدان دید را به شدت کاهش می‌دهد و بر رشد گیاهان اثر منفی شدید دارد. این گاز از اثر گلخانه‌ای نیز برخوردار است. از اثرات این گاز می توان به ایجاد سوزش در ریه ها، کاهش میزان مقاومت سیستم تنفسی، تولید ازن، تولید باران های اسیدی و تولید مه – دود فتوشیمیایی اشاره کرد[۹۱].

هیدروکربن های غیر متان[1] (NMHC):

به دلیل کم بودن زمان طی کورس احتراق در موتور، تمام هیدروکربن های مجود در سوخت نمی توانند در واکنش شیمیایی احتراق شرکت کنند، در نتیجه بخشی از سوخت بصورت خام و نسوخته از سیلندر خارج شده و به تولید هیدروکربن های نسوخته می انجامد. هیدروکربن های نسوخته باعث اثرات مختلفی بر روی پوست و چشم و ایجاد خارش می شود.

متان (CH4) :

گاز متان نیز بر اثر عدم احتراق سوخت بخصوص سوخت های گاز طبیعی ایجاد می‌شود. اگر چه این گاز سمی نیست ولی جزء گازهای گلخانه ای بوده بنحوی که تاثیر آن حدود ۲۵ برابر گاز CO_2 است.

ذرات معلق هوا[2] (PM):

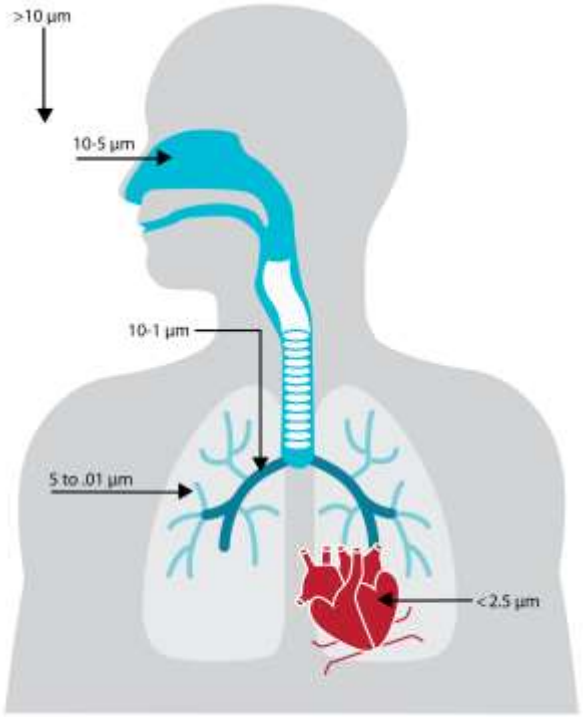
ذرات معلق هوا (PM) اصطلاحی است که برای توصیف ذرات جامد و مایع پراکنده شده در هوا استفاده می‌شود که بزرگتر از مولکول‌های مجزا (مولکول هایی با قطر تقریباً ۱nm) و کوچکتر از ۵۰۰ µm هستند. ذرات معلق هم از نظر جنس و هم از نظر سایز بسیار متنوع هستند ولی با توجه به اندازه آنها به سه نوع ذرات درشت (coarse particles) یا PM_{10}، ذرات ریز(fine particles) یا $PM_{2.5}$ و ذرات بسیار ریز (ultra fine particles) یا $PM_{0.1}$ تقسیم می شوند.

[1] Nonmethane hydrocarbons

[2] Particulate matter

بیشترین تعداد ذرات در گروه ذرات بسیار ریز که شامل ذرات معلق با قطر ۰/۱میکرون و کمتر ($PM_{0.1}$) هستند قرار می‌گیرند. این ذرات از نظر مساحت سطح، غالب‌ترین ذرات معلق هوا هستند ولی سهم اندکی در میزان جرم کلی ذرات معلق هوا دارند. این بخش از ذرات معلق بطور عمده از احتراق ناشی شده و در مرحله دوم بعنوان ذرات ثانویه از تبدیل گاز به ذره ایجاد می‌شوند. این ذرات ذاتاً ناپایدار بوده و از طریق انعقاد و فشردگی به ذرات بزرگتر تبدیل می‌شوند. سولفات‌ها، نیترات‌ها از جمله ترکیبات غالب در این ذرات هستند. بدلیل اندازه بسیار کوچک این ذرات معلق بسیار ریز و نفوذ آنها از دیواره هوا- خون در کیسه‌های هوایی، این ذرات دارای اثرات بهداشتی متعددی هستند.

ذرات ریز شامل ذراتی هستند که اندازه آنها بین ۰/۱تا ۲/۵ میکرون بوده و به همراه ذرات بسیار ریز تحت عنوان $PM_{2.5}$ شناخته می‌شوند. ذرات ریز اساساً حاوی ذراتی هستند که در اثر احتراق ایجاد شده‌اند و یا ناشی از انعقاد و فشردگی ذرات ثانویه بوجود می‌آیند. ذرات PM_{10} شامل تمام ذرات (ذرات بسیار ریز، ذرات ریز و ذرات درشت) دارای قطر ۱۰ میکرومتر و کمتر می‌شوند و قادرند از اولین سد دفاعی بدن (بینی و گلو) عبور کرده و به ریه‌ها رسیده و در آنجا رسوب کنند [۹۱, ۹۲].

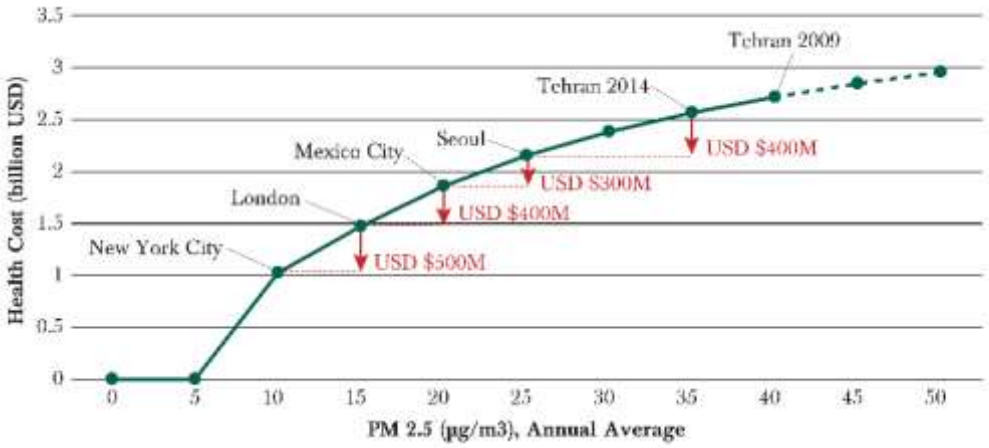


شکل ۹-۵: ورود انواع ذرات معلق به بدن [۹۲]

بررسی ها نشان می دهد بر اثر آلودگی هوای ناشی از $PM_{2.5}$ در تهران سالانه بالای ۴۰۰۰ نفر جان خود را از دست می دهند که طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت هزینه سلامت (هزینه اجتماعی[۱]) آن حدود ۲/۶ میلیارد دلار برآورده

[۱] در حقیقت هزینه اجتماعی به آن دسته از هزینه‌ها گفته می شود که از آثار جانبی منفی فعالیت‌های اقتصادی واحدهای تولیدی حاصل شده و به افراد جامعه تحمیل می شود. در اینجا منظور از هزینه اجتماعی، هزینه‌هایی است که به واسطه آلودگی هوا ناشی از فعالیت

شده است[۹۰]. نمودار شکل ۹-۶ میزان هزینه سلامت ناشی از آلاینده $PM_{2.5}$ را در چند کلانشهر دنیا برحسب میلیارد دلار آمریکا نشان می دهد(آمار منتشر شده سال ۲۰۱۶)[۹۰]. همانطور که در این نمودار مشاهده می شود، اگر میزان میانگین غلظت آلاینده $PM_{2.5}$ در تهران تا میزان این میانگین در سئول کاهش یابد حدود ۴۰۰ میلیون دلار در سال از هزینه های سلامت ناشی از آلودگی هوا کاسته می شود. همچنین با کاهش این میانگین به مقدار میانگین شهر لندن تعداد ۱۳۰۰ نفر از تعداد مرگ و میر افراد کاسته می شود[۹۰].



شکل ۹-۶: کاهش هزینه اقتصادی ناشی از کاهش میزان $PM_{2.5}$ در تهران

دی اکسید گوگرد (SO_2):

دی اکسید گوگرد گازی است بی رنگ و غیر قابل انفجار که بویی خفه کننده دارد و تقریبا دو برابر هوا وزن دارد و یکی از آلاینده های هوا محسوب می شود و همچنین تخمین زده می شود که به طور متوسط ۲ تا ۴ روز در هوا باقی بماند. میزان آلایندگی دی اکسید گوگرد خروجی موتور با میزان گوگرد موجود در سوخت رابطه مستقیم دارد. از اثرات این آلاینده می توان به نارسایی های تنفسی، کاهش سیستم دفاعی ریه ها، تشدید بیماریهای قلبی و ریوی، تخریب محصولات , گیاهان و برگ درختان و یکی از عوامل باران های اسیدی اشاره کرد[۹۱].

دیگر آلاینده‌ها:

گاز ازن (O_3) از ترکیب سه اتم اکسیژن ایجاد می شود و یک اکسید کننده قوی است. ازن در سطح زمین و یا ازن بد که به عنوان آلاینده از آن یاد می شود، یکی از آلاینده های ثانویه بوده و به طور مستقیم در هوا منتشر نمی شود بلکه توسط واکنش های شیمیایی بین اکسیدهای نیتروژن (NOx) و ترکیبات آلی فرار[1] (VOC) در حضور نور خورشید

اتوبوس‌های درون شهری به افراد جامعه وارد می شود. که این هزینه‌ها بطور کل شامل هزینه های ناشی از آسیب های سلامتی و بیماری و همچنین مرگ و میر افراد می‌شود.

[1] Volatile organic compounds

ایجاد می گردد. گازهای خروجی از تاسیسات صنعتی و برق، اگزوز موتور خودرو، بخارات بنزین و حلال های شیمیایی برخی از منابع اصلی تولید NOx و VOC می باشند. از اثرات گاز ازن می توان به: از بین رفتن بافت ریه ها و کاهش عملکرد آن، درد قفسه سینه و سرفه، حملات آسمی، کاهش بازدهی محصولات کشاورزی و شرکت در تشکیل مه-دود فتوشیمیایی اشاره کرد.

در جدول ۹-۱۰ میزان گازهای آلاینده و گلخانهای منتشر شده در بخش تولید و مصرف انرژی کشور در سال ۱۳۹۳ نشان داده شده است[۹۳]. همانطور که در جدول ۹-۱۰ مشاهده می شود بخش حمل و نقل سهم بسزایی در این آلایندگی ها دارد.

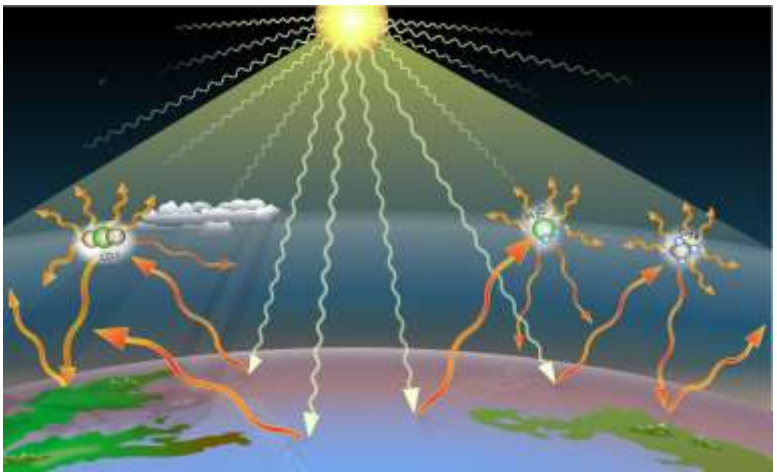
جدول ۹-۱۰: میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانهای ناشی از تولید و مصرف انرژی کشور در سال ۱۳۹۳ برحسب تن و (برحسب درصد)

نوع گاز / بخش	NO_x	SO_2	SO_3	CO	SPM	CO_2	CH_4	N_2O
مصرف نهایی انرژی								
خانگی، تجاری و عمومی (درصد)	116893 (6.22)	30076 (2.43)	296 (1.44)	47936 (0.51)	11368 (2.97)	139504993 (23.89)	4176 (6.86)	517 (4.60)
صنعت (درصد)	157225 (8.36)	107646 (8.70)	1545 (7.52)	16663 (0.18)	16029 (4.19)	94462067 (16.17)	1931 (3.17)	239 (2.12)
حمل و نقل (درصد)	927285 (49.33)	609897 (49.31)	14230 (69.26)	9198114 (97.47)	302293 (79.10)	148460233 (25.42)	49692 (81.64)	6381 (56.71)
کشاورزی (درصد)	50638 (2.69)	51959 (4.20)	316 (1.54)	11265 (0.12)	22146 (5.79)	12522887 (2.14)	566 (0.93)	3447 (30.64)
مصرف بخش انرژی								
پالایشگاهی	•	•	•	•	•	15055261 (2.58)	304 (0.50)	36 (0.50)
نیروگاهی (درصد)	627724 (33.39)	437381 (35.36)	4158 (20.24)	162624 (1.72)	30330 (7.94)	174010543 (29.80)	4201 (6.90)	630 (5.60)
جمع (درصد)	1879765 (100)	1236959 (100)	20545 (100)	9436601 (100)	382166 (100)	584015983 (100)	60869 (100)	11251 (100)

• *مقادیر در دسترس نمی‌باشند.*

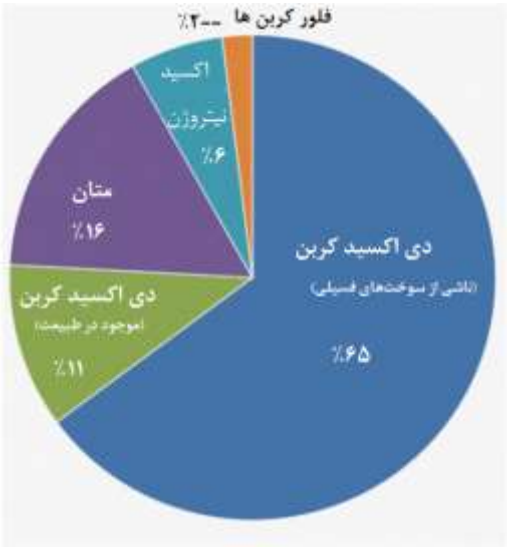
گازهای گلخانه ای

یکی از نگرانی های عمده زیست محیطی به ویژه در دستیابی به توسعه پایدار، انتشار دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای می باشد. در حقیقت اثر گلخانه ای عبارت است از گرم شدن زمین به دلیل حضور گازهای گلخانه ای. علت این نامگذاری شباهت تأثیری است که محفظه شیشه ای گلخانه ایجاد می کند. اشعه های خورشید با طول موج کوتاهتر از جو زمین عبور می کنند، سپس توسط سطح زمین جذب می شوند و موجب گرم شدن آن می‌شود. قسمتی از انرژی جذب شده، به صورت اشعه‌ای با طول موج بلندبه جو بازگردانده می شود. مقدار کمی از این اشعه ئ با طول موج بلند به طرف فضا از جو خارج می‌شود. گازهای گلخانه ای اشعه های در حال خروج را به صورت انتخابی عبور می دهند، برخی را گیر می اندازند و به برخی اجازه عبور به فضا را می دهند. گازهای گلخانه ای این امواج را جذب می کنند و آنها را به سمت پایین باز می گردانند که موجب گرم شدن جو پایینی می گردد. [۹۴]. در شکل ۹-۷ نحوه ایجاد اثر گلخانه ای نشان داده شده است[۹۵]. به دلیل این گرمایش، یخچال ها و یخ های قطبی شروع به ذوب شدن کرده و منجر به بالا آمدن سطح آب می شوند. افزایش دما همچنین منجر به تغییرات مهمی در الگوهای آب و هوایی شده و باعث تشدید بارندگی و بادها می گردد. این تغییرات می توانند منجر به افزایش تکرار خشکی ها، سیلابها و طوفان ها در بخش های مختلف جهان شوند[۹۶].



شکل ۹-۷: نحوه ایجاد اثر گلخانه ای

گازهای گلخانه ای اولیه عبارتند از: دی اکسید کربن، متان، اکسید نیتروژن و فلور کربن ها؛ ولی همانطور که در شکل ۹-۸ مشاهده می شود، درصد عمده گازهای گلخانه ای شامل گاز دی اکسید کربن می‌باشد[۹۷].



شکل ۹-۸: سهم انواع گازهای تشکیل دهنده گازهای گلخانه ای در جهان در سال ۲۰۱۰ [۹۷].

با در نظر گرفتن اثرات متفاوت انواع گازهای گلخانه ای بر اقلیم و عمر جوی متفاوت آنها و همچنین به منظور به حساب آوردن این تفاوت‌ها، هیأت بین الدول تغییر اقلیم IPCC[1] شاخص "پتانسیل گرمایش جهانی" (GWP)[2] را ارائه کرده است. طبق این شاخص، همانطور که در جدول ۹-۱۱ مشاهده می شود، هر گاز گلخانه ای به معادل CO_2 تبدیل شده و در مطالعات لحاظ می‌شود. در اینصورت مجموع گازهای گلخانه ای، CO_2 معادل ($Co_{2\,eq}$) در نظر گرفته می شود[۹۸]. به عنوان مثال همانطور که در جدول مشاهده می شود تاثیر یک کیلوگرم گاز گلخانه‌ای N_2O معادل ۲۹۸ کیلوگرم گاز CO_2 خواهد بود.

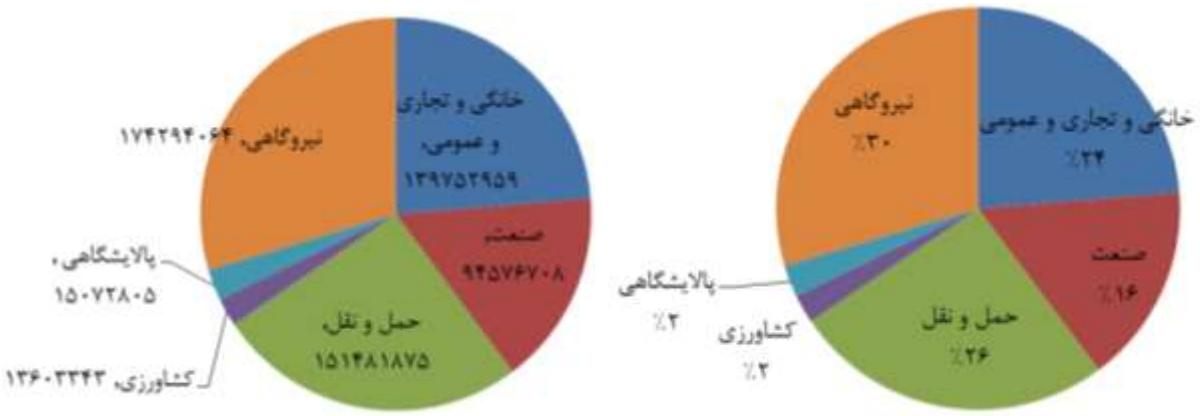
جدول ۹-۱۱: CO_2 معادل برای هر کدام از انواع گازهای گلخانه ای (GWP ۱۰۰ ساله) [۹۸]

گاز گلخانه ای	میزان CO_2 معادل
1 kg CO_2	1 kg eq CO_2
1 kg CH_4	25 kg eq CO_2
1 kg N_2O	298kg eq CO_2
1 kg CF_4	7390 kg eq CO_2
1 kg C_2F_6	12200 kg eq CO_2

در شکل ۹-۹ میزان سهم هریک از بخشهای مصرف کننده انرژی در انتشار گازهای گلخانه‌ای کشور در سال ۱۳۹۴ نشان داده شده است [۷۷]. همانطور که مشاهده می شود بخش حمل و نقل حدود ۲۶٪ از گازهای گلخانه ای سالانه کشور را تولید می کند. که این میزان سهم بسیار زیاد و حائز اهمیت است.

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change

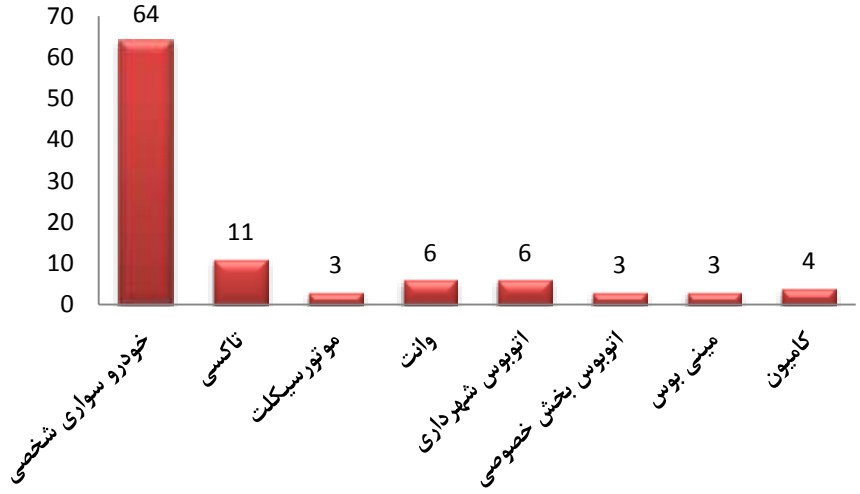
[2] Global Warming Potential



ب) الف)

شکل ۹-۹: میزان سهم هریک از بخشهای مصرف کننده انرژی در انتشار گازهای گلخانه‌ای ($Co_{2\,eq}$) در سال ۱۳۹۴: الف) برحسب تن، ب) برحسب درصد

در شکل ۹-۱۰ میزان سهم هر کدام از وسایل نقلیه در تولید گاز دی اکسید کربن در سطح شهر تهران (سال ۱۳۹۳) نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود سهم خودروهای سواری شخصی حدود ۶۴٪ از کل آلاینده ها است و این درحالی است که سهم اتوبوس‌های شهرداری (شرکت واحد) و بخش خصوصی بسیار کمتر و بترتیب حدود ۶٪ و ۳٪ از کل است. می توان دلیل این موضوع را تعداد زیاد خودروهای شخصی نسبت به اتوبوس‌های درون شهری دانست.



شکل ۹-۱۰: میزان انتشار دی اکسید کربن ناشی از دسته بندی های مختلف وسایل نقلیه در تهران در سال ۱۳۹۲[۹۹].

شاخص کیفیت هوا (AQI[1]) و اهمیت آن

مدیریت پایش و نظارت بر کیفیت هوا در شهرهای بزرگ داده های مربوط به کیفیت هوا را به شاخص کیفیت هوا تبدیل می‌کند و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار عموم مردم قرار می‌دهد. بنابراین شاخص کیفیت هوا یک ابزار کلیدی جهت آگاهی از کیفیت هوا، نحوهٔ تاثیر آلودگی هوا بر سلامت و روش های محافظتی در برابر آلودگی هوا است. به طور کلی شاخصAQI جهت گزارش روزانه کیفیت هوا است. این شاخص مردم را از کیفیت هوا (پاک بودن یا آلوده بودن آن) آگاه می سازد و اثرات سلامتی مرتبط با آن را ارائه می کند. به عبارت دیگر AQI به اثرات سلامتی ناشی از مواجهه با هوای آلوده (ناسالم) می پردازد.

جهت بررسی اهمیت هر کدام از آلاینده‌های انتشار یافته توسط اتوبوس‌های درون شهری نیاز است تا این شاخص بیشتر مورد بررسی قرار گیرد.

شاخص کیفیت هوا (AQI) برای پنج آلاینده اصلی هوا یعنی ذرات معلق، دی اکسیدنیتروژن، ازن سطح زمین، منوکسیدکربن و دی اکسیدگوگرد محاسبه می شود[۱۰۰].

سطوح مختلف شاخص کیفیت هوا مرتبط با سلامت انسان

به منظور درک آسان، شاخص کیفیت هوا (AQI) به شش دسته طبقه بندی شده است که هر دستهAQI را به سطوح مختلف سلامت انسان مربوط می سازد؛ این شش دسته به شرح ذیل است[۱۰۰]:

- **خوب (good):** میزان AQI در این حالت بین ۰ و ۵۰ است. در این شرایط کیفیت هوا رضایت بخش و دارای ریسک سلامتی ناچیز و یا فاقد ریسک سلامتی است .این حالت را با رنگ سبز نشان می دهند . در کشور ما معمولاً به این حالت، وضعیت" پاک " اطلاق می شود.
- **متوسط (moderate)** : میزان AQI در این حالت بین 50 و 100 است .کیفیت هوا در این شرایط قابل قبول است؛ اگرچه آلودگی در این سطح ممکن است برای تعداد بسیار کمی از افراد با ملاحظات بهداشتی خاص همراه باشد .در این شرایط افرادی که نسبت به ذرات معلق، دی اکسید نیتروژن و ازن حساسیت ویژه ای دارند ممکن است علائم تنفسی در آنها مشاهده شود .این حالت را با رنگ زرد نشان می دهند .در کشور ما معمولاً به این حالت، وضعیت" سالم "اطلاق می شود.
- **ناسالم برای گروه های حساس (Unhealthy for sensitive groups):** در این حالت میزان AQI بین ۱۰۱ و ۱۵۰ است .بعضی از افراد گروه های حساس در این شرایط ممکن است اثرات بهداشتی

[1] Air Quality Index

خاصی را تجربه کنند اما عموم مردم تحت تأثیر قرار نمی گیرند .این حالت را با رنگ نارنجی نشان می دهند.

- **ناسالم (Unhealthy):** در این حالت میزان AQI بین ۱۵۱ و ۲۰۰ است. در این شرایط هر فردی ممکن است اثرات بهداشتی را تجربه کند .اعضای گروه های حساس بیش از سایرین اثرات جدی را بر سلامت خود تجربه می کنند .این حالت را با رنگ قرمز نشان می دهند.
- **خیلی ناسالم (Very unhealthy):** در این حالت میزان AQI بین۲۰۱ و ۳۰۰ است. و هشداری برای سلامتی به حساب می آید و بدین معنی است که در این شرایط هر کسی ممکن است اثرات جدی سلامت را تجربه کند .این حالت را به رنگ بنفش نشان می دهند.
- **خطرناک (Hazardous):** در این وضعیت AQI از ۳۰۱ بالاتر است و اخطاری جدی برای سلامت انسان و بیانگر شرایط اضطراری است .در این وضعیت تمام افراد جامعه تحت تأثیر اثرات بهداشتی جدی قرار می گیرند .این حالت را با رنگ خرمایی نشان می دهند.

ارتباط شاخص کیفیت هوا با سطح اهمیت بهداشتی و رنگ های متناظر با آن درجدول ۹-۱۲ آمده است.

جدول ۹-۱۲: ارتباط شاخص کیفیت هوا با سطح اهمیت بهداشتی و رنگ های متناظر با آن [۱۰۰]

شاخص کیفیت هوا	سطح اهمیت بهداشتی	رنگ‌ها
وقتی که شاخص کیفیت هوا در گستره زیر است:	کیفیت هوا را این گونه توصیف می کنیم:	و با رنگ زیر نمایش می‌دهیم:
۰-۵۰	خوب	سبز
۵۱-۱۰۰	متوسط	زرد
۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای گروه‌های حساس	نارنجی
۱۵۱-۲۰۰	ناسالم	قرمز
۲۰۱-۳۰۰	خیلی ناسالم	بنفش
بالاتر از ۳۰۰	خطرناک	خرمایی

محاسبه و گزارشAQI برای یک جامعه[۱۰۰]

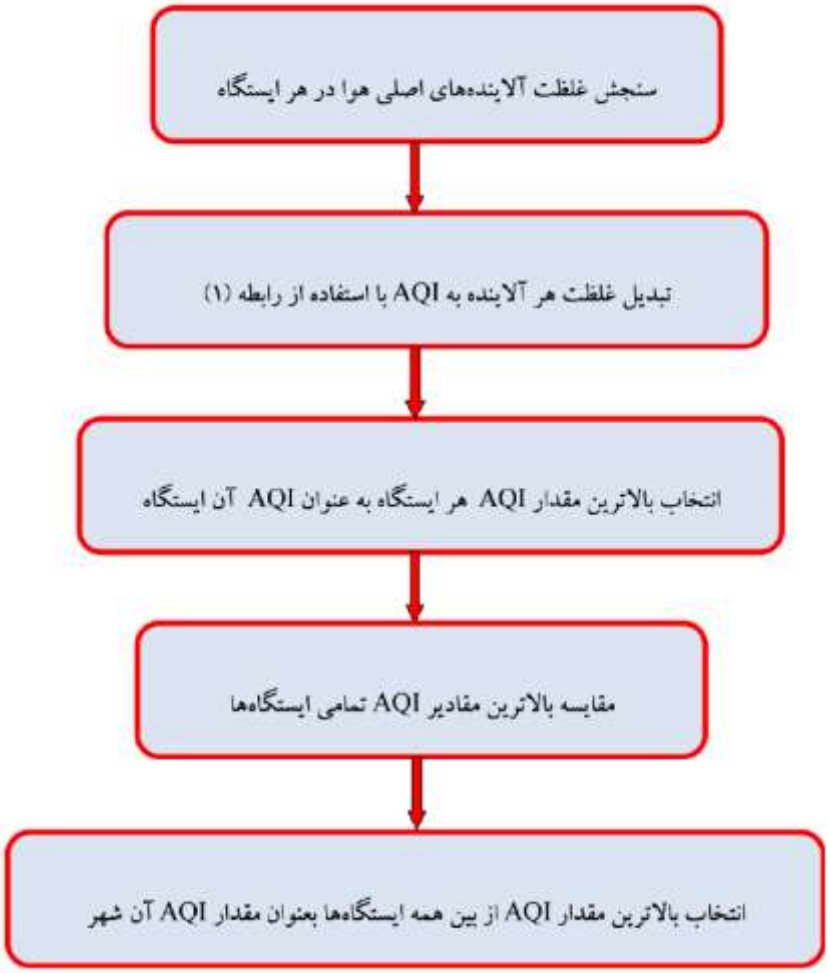
در شکل ۹-۱۱ دیاگرام محاسبه AQI برای یک شهر نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود، در مرحله اول هر کدام از آلاینده های شهری اندازه گیری می شود.

در مرحله دوم با استفاده از رابطه (۱) مقدار AQI برای هرکدام از آنها محاسبه می‌شود.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}}(C_P - BP_{Lo}) + I_{Lo} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱) داریم:

I_P: شاخص کیفیت هوا (AQI) برای آلاینده P .
C_P: غلظت اندازه گیری شده برای آلاینده P.
BP_{Hi}: نقطه شکستی که بزرگتر یا مساوی C_P است.
BP_{Lo}: نقطه شکستی که کوچکتر یا مساوی C_P است.
I_{Hi}: مقدار AQI منطبق با BP_{Hi}.
I_{Lo}: مقدار AQI منطبق با BP_{Lo}.



شکل ۹-۱۱: شمایی از مراحل محاسبه AQI برای یک شهر

به منظور استخراج پارامترهای رابطه (۱) از جدول که نقاط شکست برای AQI را مشخص می کند استفاده می شود (جدول ۹-۱۳).

پس از تعیین AQI مسئول برای هر ایستگاه طبق فلوچارت شکل میزان AQI مسئول ایستگاه های مختلف سطح شهر با هم مقایسه می شود. در نهایت بالاترین AQI تعیین کننده AQI سطح شهر خواهد بود.

جدول ۹-۱۳: نقاط شکست برای AQI[100]

طبقه بندی کیفیت هوا	AQI	نقاط شکست						
		NO_2 (ppm) یک ساعته	SO_2 (ppm) ۲۴ ساعته	CO (ppm) هشت ساعته	PM_{10} (µg/m³) ۲۴ ساعته	$PM_{2.5}$ (µg/m³) ۲۴ ساعته	O_3 (ppm) یک ساعته	O_3 (ppm)[1] هشت ساعته
خوب	۰-۵۰	۰-۰/۰۵۳	۰/۰۰۰-۰/۰۳۴	۰/۰-۴/۴	۰-۵۴	۰/۰-۱۵/۴	-	۰-۰/۰۵۹
متوسط	۵۱-۱۰۰	۰/۰۵۴-۰/۱	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	۴/۵-۹/۴	۵۵-۱۵۴	۱۵/۵-۳۵/۰	-	۰/۰۶۰-۰/۰۷۵
ناسالم برای گروه‌های حساس	۱۰۱-۱۵۰	۰/۱۰۱-۰/۳۶۰	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۹/۵-۱۲/۴	۱۵۵-۲۵۴	۳۵/۱-۶۵/۴	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴	۰/۰۷۶-۰/۰۹۵
ناسالم	۱۵۱-۲۰۰	۰/۳۶۱-۰/۶۴۰	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	۱۲/۵-۱۵/۴	۲۵۵-۳۵۴	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۰/۱۶۵-۰/۲۰۴	۰/۰۹۶-۰/۱۱۵
خیلی ناسالم	۲۰۱-۳۰۰	۰/۶۵- ۱/۲۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۱۵/۵-۳۰/۴	۳۵۵-۴۲۴	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۰/۲۰۵-۰/۴۰۴	۰/۱۱۶-۰/۳۷۴
خطرناک	۳۰۱-۴۰۰	۱/۲۵-۱/۶۴	۰/۶۰۵-۰/۸۰۴	۳۰/۵-۴۰/۴	۴۲۵-۵۰۴	۲۵۰/۵-۳۵۰/۴	۰/۴۰۵-۰/۵۰۴	[2]
	۴۰۱-۵۰۰	۱/۶۵-۲/۰۴	۰/۸۰۵-۱/۰۰۴	۴۰/۵-۵۰/۴	۵۰۵-۶۰۴	۳۵۰/۵-۵۰۰/۴	۰/۵۰۵-۰/۶۰۴	

[1] در بیشتر مناطق AQI براساس مقادیر ازن هشت ساعته گزارش می‌شود اما در برخی از مناطق AQI براساس مقادیر ازن یک‌ساعته به احتیاط نزدیکتر است. در این شرایط AQI می‌بایست هم برای مقادیر ازن هشت ساعته و هم برای مقادیر ازن یک‌ساعته محاسبه شود هر کدام بیشتر بود گزارش شود.

[2] وقتی غلظت ازن هشت ساعته از ppm ۰/۳۷۴ فراتر رود مقدار AQI، ۳۰۱ یا بالاتر باید با استفاده از غلظت ازن یک ساعته محاسبه شود.

با ذکر یک مثال با کاربرد رابطه (۱) بیشتر آشنا خواهیم شد:

مثال: در یک ایستگاه سنجش آلودگی هوا غلظت ازن یک ساعته ppm ۰/۱۵۶، غلظت ازن هشت ساعته ppm ۰/۱۳۰ و غلظت ۲۴ ساعته PM_{10} معادل $\mu g/m^3$ ۲۱۰ اندازه گیری شده است. AQI را برای آلاینده های نام برده محاسبه کنید.

حل: از آنجا که در این مثال ما ۳ آلاینده هوا (ازن هشت ساعته، ازن یک ساعته و PM_{10}) را داریم لازم است که AQI برای هر کدام از این غلظت ها با استفاده از رابطه (۱) و جدول ۹-۱۳: نقاط شکست برای AQI محاسبه شود.

الف) محاسبه AQI برای PM_{10}: در ابتدا نقطه شکست را برای PM_{10} معادل $\mu g/m^3$ ۲۱۰ از جدول ۲ تعیین می شود. با توجه به جدول ۲ مقدار $\mu g/m^3$ ۲۱۰ در دامنه غلظتی قرار دارد که کمترین مقدار آن $\mu g/m^3$ ۱۵۵ و بیشترین مقدار آن $\mu g/m^3$ ۲۵۴ است و با AQI ۱۰۱ تا ۱۵۰ مطابقت دارد. بنابراین مقدار AQI برای PM_{10} با داده های زیر قابل محاسبه است.

I_p =?
C_p = ۲۱۰ $\mu g/m^3$
BP_{Hi} = ۲۵۴
BP_{Lo} = ۱۵۵
I_{Hi} = ۱۵۰
I_{Lo} = ۱۰۱

$$I_{PM_{10}} = \frac{150-101}{254-155}(210-155)+101$$
$$I_{PM_{10}} = \frac{49}{99}(55)+101=128$$

ب) محاسبه AQI برای ازن یک ساعته: محاسبات فوق را برای ازن یک ساعته معادل ppm ۰/۱۵۶ نیز انجام می دهیم:

$$I_{O3\text{-}1\text{-}hour} = \frac{(150\text{-}101)}{(0.164\text{-}0.125)}(0.156\text{-}0.125)+101$$

$$I_{O3\text{-}1\text{-}hour} = \frac{49}{0.39}(0.031)+101=140$$

ج) محاسبه AQI برای ازن هشت ساعته: همچنین برای ازن هشت ساعته معادل ppm ۰/۱۳۰ خواهیم داشت:

$$I_{O_3\text{-}8\text{-}hour} = \frac{300-201}{0.374-0.116}(0.130-0.116)+201$$
$$I_{O_3\text{-}8\text{-}hour} = \frac{99}{0.258}(0.014)+201=206$$

د: تعیین آلاینده مسئول: در شرایط فوق الذکر با توجه به اینکه مقدار AQI مربوط به ازن هشت ساعته از همه مقادیر AQI بالاتر است لذا می بایست مقدار AQI حاصل از ازن هشت ساعته یعنی ۲۰۶ گزارش و ازن به عنوان آلاینده مسیول معرفی شود.

در جدول ۹-۱۴ روش صحیح محاسبه AQI برای یک شهر نشان داده شده است.

جدول ۹-۱۴: روش محاسبه صحیح AQI برای یک شهر

نام ایستگاه‌های سنجش در سطح شهر	آلاینده‌ها: زمان متوسط گیری	O_3: Max 1-hour average	O_3: Max moving 8-hour average	PM_{10}: moving 24-hour average	$PM_{2.5}$: moving 24-hour average	CO: Max moving 8-hour average	SO_2: Max moving 24-hour average	AQI هر ایستگاه (بالاترین مقدار هر ایستگاه)	AQI شهر (بالاترین مقدار برای شهر)
	کوهسار	۱۵	۲۰	۱۵۰	–	۱۴۰	۵۰	۱۵۰	۱۵۰
	شبنم	۱۳	۱۷	۹۰	۱۳۵	–	۶۰	۱۳۵	
	بوستان	۱۲	۱۸	۸۰	۹۰	۲	۱۰	۹۰	
	رازی	۸	۱۶	۳۶	۴۰	۸	–	۴۰	

– داده‌هایی که بعلت خرابی دستگاه‌ها یا مشکلات مربوط به بهره‌برداری و نگهداری از ایستگاه‌های سنجش قابل اعتماد نبوده و حذف شده‌اند.

مطالعه آلایندگی شهر تهران براساس شاخص AQI

جدول ۹-۱۵ نشا ن‌دهنده تعداد روزهای آلوده به لحاظ انواع آلایند ه های هوای شهر تهران براساس شاخص AQI طی سالهای۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ است[۸۲]. همانطورکه ملاحظه می‌شود، آلاینده شاخص هوای شهر تهران از سال ۱۳۸۱ الی ۱۳۸۵، آلاینده منواکسید کربن بوده که از سال ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۷ آلاینده ذرات معلق و به‌ویژه ذرات معلق با قطر کمتر از ۵/ ۲ میکرون، جایگزین این آلاینده گازی شده است. با توجه به جدول مربوطه مشاهده می‌گردد که کاهش چشمگیری در تعداد روزهای آلوده آلاینده منواکسید کربن طی سالهای ۱۳۸۱ الی ۱۳۹۷ رخداده است، به‌طوریکه از ۱۶۳ روز آلوده در سال ۱۳۸۱ به وضعیت کاملاً مطلوبی در سا لهای ۱۳۹۰ الی۱۳۹۷ رسیده است، همچنین طی این ۸ سال، شرایط هوا از نظر آلاینده دی اکسیدگوگرد در شرایط مطلوب بوده و در مورد آلاینده NO_2

نیز تنها سال ۱۳۹۵ دارای ۳ روز نامطلوب بوده است. در مورد آلاینده ازن نیز شاهد ۱۶ روز بالاتر از حد مجاز در سال ۱۳۹۷ بوده ایم.

از نظر آلاینده ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون، سال ۱۳۸۵ پاک ترین و سال ۱۳۸۷ آلوده ترین سال بوده است که از آن سال به بعد تعداد روزهای آلوده این آلاینده کاهش یافته است. شایا نذکر است، انداز هگیری آلاینده ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) از اوایل مهرماه سال ۱۳۸۹ در ایستگاه های سنجش آلودگی هوا انجام شده است و دلیل افزایش تعداد روزهای آلوده در سال های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۷ عموماً به علت اندازه گیری این آلاینده بوده است که طی این بازه زمانی، سال ۱۳۹۰ با داشتن ۲۱۸ روز آلوده از سایر سال های موردمطالعه در وضعیت نامناسب تری قرار داشته و سال ۱۳۹۷ از کمترین تعداد روزهای آلوده(۴۴ روز) به لحاظ آلاینده $PM_{2.5}$ برخوردار بوده است.

جدول ۹-۱۵: تعداد روزهای آلوده هوای شهر تهران طی سال های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ از منظر آلاینده های مختلف

	منواکسیدکربن	ازن	دی‌اکسیدنیتروژن	دی‌اکسیدگوگرد	ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون	ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون
۱۳۸۱	۱۶۳	۰	۰	۰	۱۱	–
۱۳۸۲	۱۵۹	۰	۰	۰	۱۱	–
۱۳۸۳	۸۵	۰	۰	۰	۳	–
۱۳۸۴	۸۶	۰	۰	۰	۹	–
۱۳۸۵	۷۲	۰	۰	۰	۳	–
۱۳۸۶	۷	۰	۰	۰	۱۰	–
۱۳۸۷	۷	۱۴	۰	۰	۴۳	–
۱۳۸۸	۴	۱۷	۰	۰	۲۲	–
۱۳۸۹	۴	۸	۱۶	۰	۲۱	۸۴
۱۳۹۰	۰	۰	۰	۰	۱۲	۲۱۸
۱۳۹۱	۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۴۷
۱۳۹۲	۰	۰	۰	۰	۱۰	۱۶۰
۱۳۹۳	۰	۰	۰	۰	۹	۱۱۶
۱۳۹۴	۰	۰	۰	۰	۱۱	۱۱۱
۱۳۹۵	۰	۱	۳	۰	۶	۸۸
۱۳۹۶	۰	۷	۰	۰	۸	۱۰۱
۱۳۹۷	۰	۱۶	۰	۰	۱	۴۴

در شکل ۹-۱۲تا شکل ۹-۱۶بترتیب میزان انتشار گازهای آلاینده منوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، ترکیبات آلی فرار، اکسیدهای گوگرد و ذرات معلق ناشی از صنایع و همچنین وسایل نقلیه مختلف در شهر تهران (طبق سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران در سال ۱۳۹۲) نشان داده شده است[۹۹, ۱۰۱].

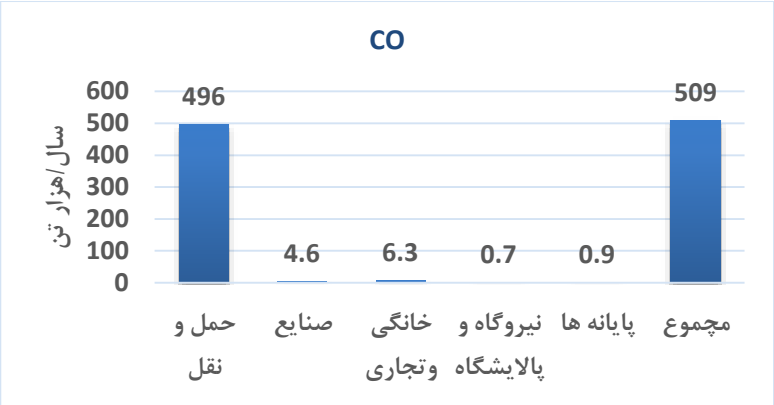
همانطور که در شکل ۹-۱۲ مشاهده می شود سهم عمده‌ای از آلایندگی گاز منو کسید کربن شهر تهران (حدود ۹۸ ٪) ناشی از بخش حمل و نقل است که در این بین سواری های شخصی، تاکسی، موتور سیکلت و وانت بترتیب با ۵۱، ۲۱، ۱۵ و ۱۱ درصد بیشترین سهم را دارا هستند. همچنین همانطور که در شکل مشاهده می شود اتوبوس‌های بخش خصوصی و شهرداری دارای سهمی حدود ۱٪ از کل آلاینده CO بخش حمل و نقل هستند.

در شکل ۹-۱۳ مشاهده می شود که سهم بخش حمل و نقل حدود ۴۷٪ از کل آلاینده‌های NOx در تهران است که در این بین خودروهای سواری و کامیون ها بترتیب با ۳۷ و ۱۳ درصد بیشترین سهم را در بخش حمل و نقل دارند. همچنین اتوبوس‌های شهرداری (شرکت واحد) و بخش خصوصی بترتیب ۱۱و ۱۰ درصد آلاینده NOx بخش حمل و نقل را ایجاد می کنند.

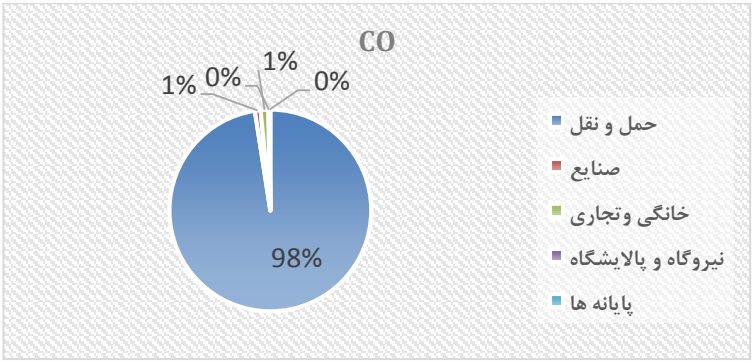
در شکل ۹-۱۴ نشان داده شده است که ۸۶٪ درصد از آلاینده ترکیبات آلی فرار شهر تهران توسط بخش حمل و نقل ایجاد می شود که در بخش حمل و نقل نیز خودروهای سواری، تاکسی‌ها، موتور سیکلت‌ها و همچنین وانت‌ها با ۴۴، ۱۲، ۳۱ و ۹ درصد بیشترین سهم را دارند. این درحالی است که سهم اتوبوس‌های شهری در انتشار آلاینده ترکیبات آلی فرار بسیار کم و حدود ۱٪ بوده است.

در شکل ۹-۱۵ مشاهده می شود که پالایشگاه ها و نیروگاهها بیشترین سهم را در انتشار آلاینده اکسیدهای گوگرد در شهر تهران دارند و پس از آنها بخش حمل‌ونقل با ۲۲٪ بیشترین میزان انتشار این آلاینده را دارد. همچنین در بخش حمل‌ونقل، خودروهای سواری شخصی با ۲۹٪ بیشترین سهم را داشته و اتوبوس‌های شهرداری و بخش خصوصی بترتیب ۱۶ و ۱۵ درصد از کل آلاینده اکسیدهای گوگرد بخش حمل و نقل را ایجاد می‌کنند.

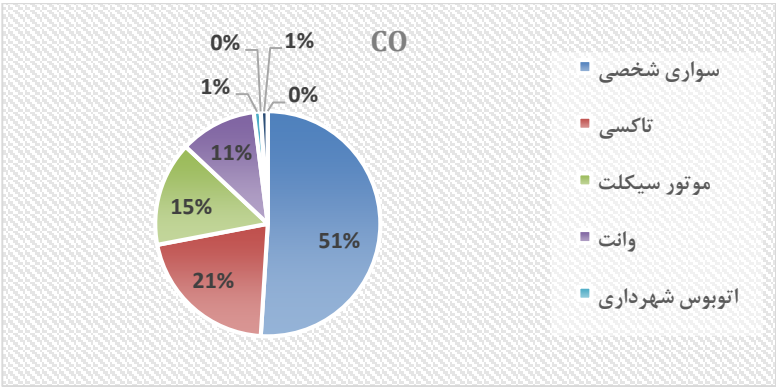
در انتها همانطور که در شکل ۹-۱۶ مشاهده می شود بخش حمل و نقل به تنهایی حدود ۷۰٪ درصد از آلاینده ذرات معلق تهران را ایجاد می کند که در بین وسایل نقلیه مختلف بخش حمل و نقل، اتوبوس‌های شهرداری و بخش خصوصی بترتیب با ۲۴ و ۳۰ درصد بیشترین آلایندگی ها را ایجاد می کنند. با توجه به سهم اصلی آلاینده PM در میزان مرگ و میر سالیانه افراد در شهر تهران (همانطور که در قبل اشاره شد) این موضوع می تواند بسیار حائز اهمیت باشد.



الف)

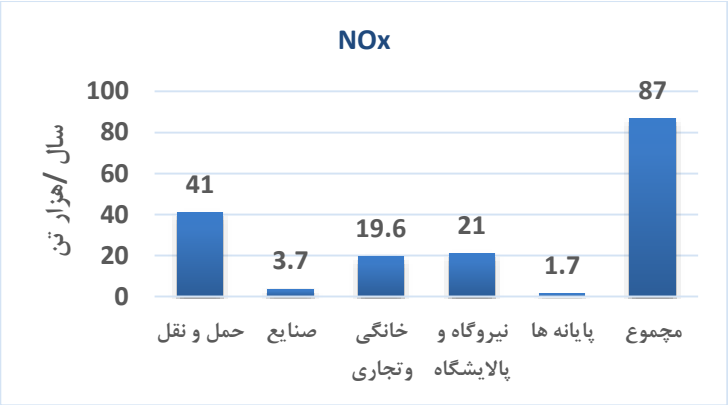


ب)

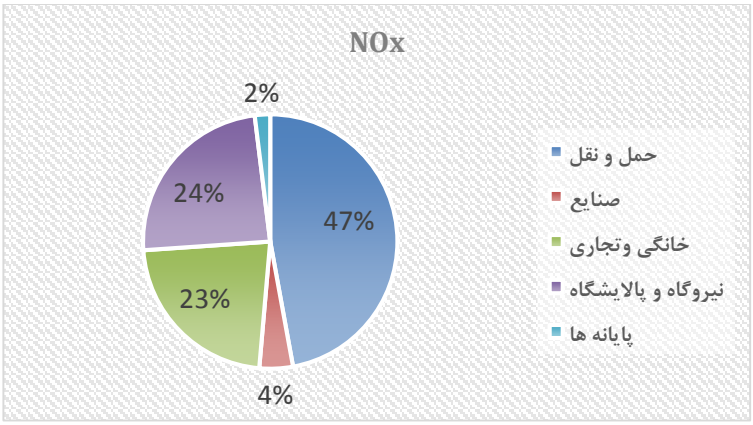


ج)

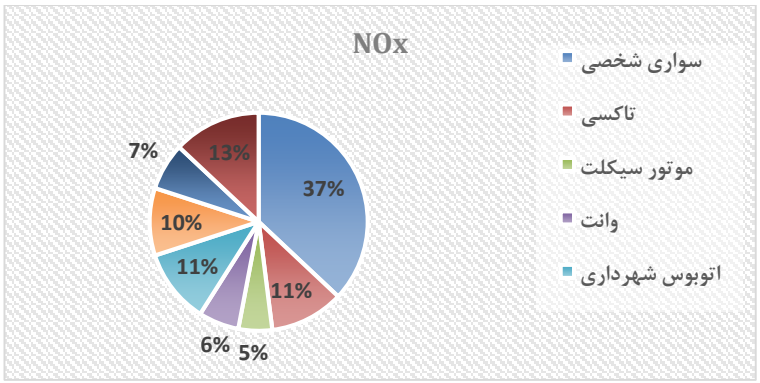
شکل ۹-۱۲: میزان انتشار منوکسید کربن ناشی از دسته بندی های الف) به تفکیک بخش (بر حسب هزار تن بر سال) ، ب) به تفکیک بخش (بر حسب درصد) و ج) بخش حمل و نقل و وسایل نقلیه مختلف در تهران در سال ۱۳۹۲



الف)

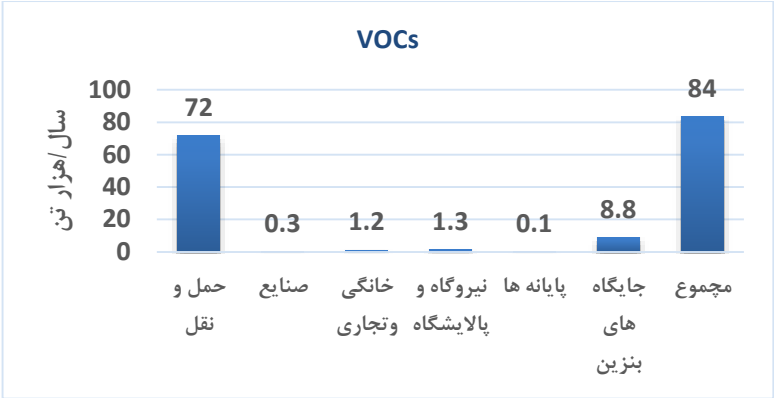


ب)

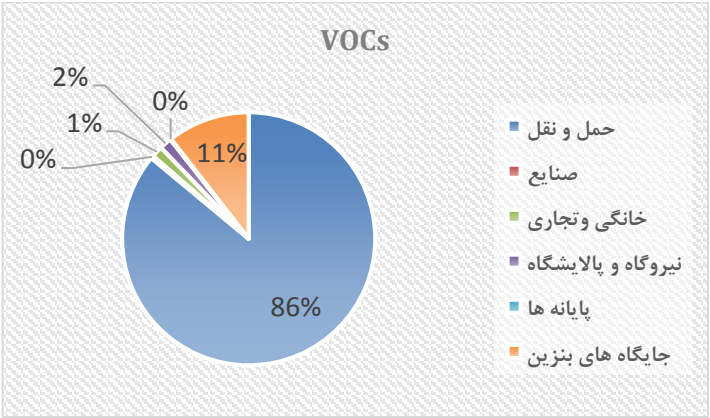


ج)

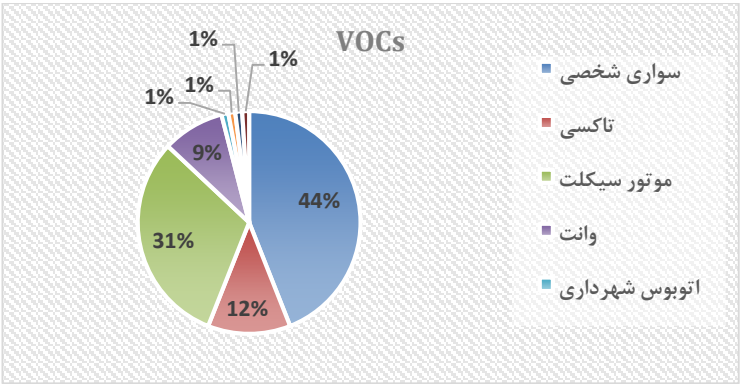
شکل ۹-۱۳: میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن ناشی از دسته بندی های الف) به تفکیک بخش (بر حسب هزار تن بر سال) ، ب) به تفکیک بخش (بر حسب درصد) و ج) بخش حمل و نقل و وسایل نقلیه مختلف در تهران در سال ۱۳۹۲



الف)

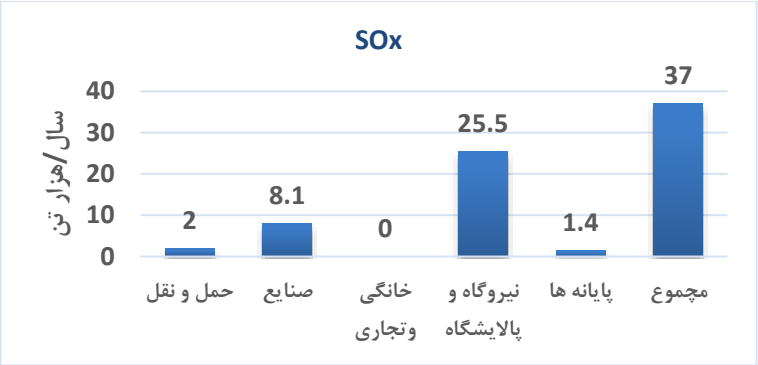


ب)

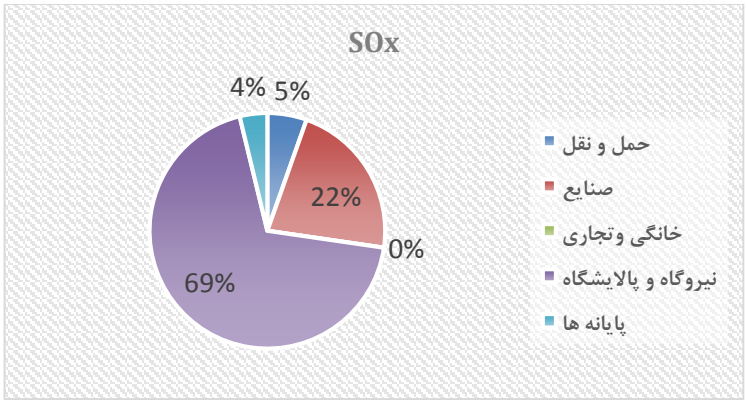


ج)

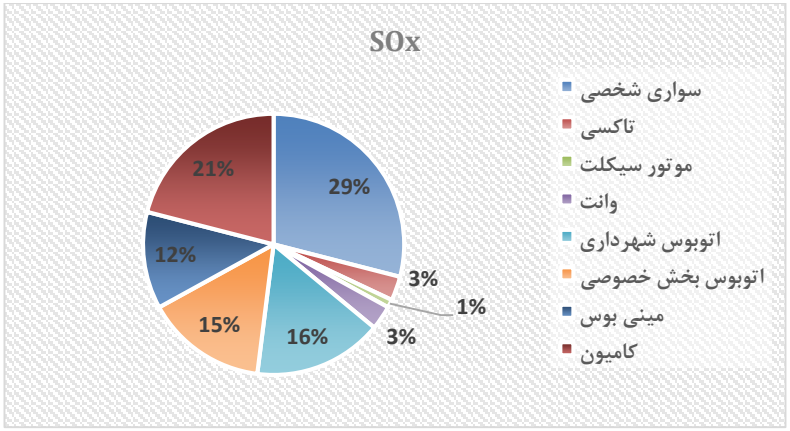
شکل ۹-۱۴: میزان انتشار ترکیبات آلی فرار ناشی از دسته بندی های الف) به تفکیک بخش (بر حسب هزار تن بر سال) ، ب) به تفکیک بخش (بر حسب درصد) و ج) بخش حمل و نقل و وسایل نقلیه مختلف در تهران در سال ۱۳۹۲



الف)

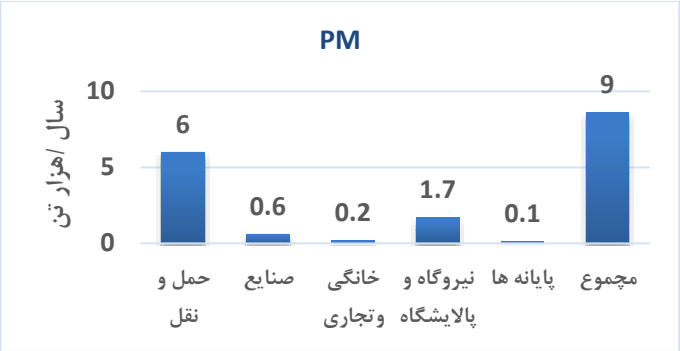


ب)

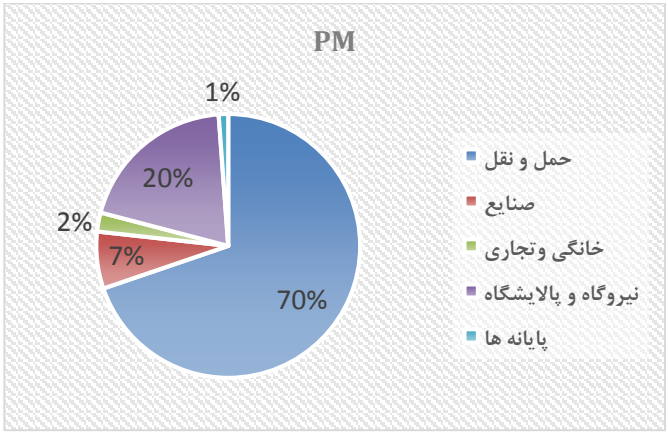


ج)

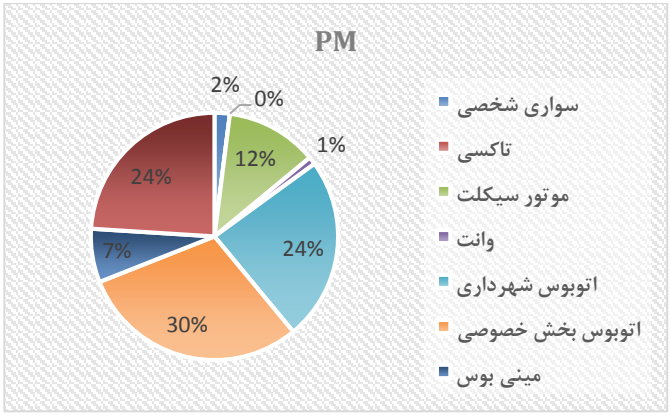
شکل ۹-۱۵: میزان انتشار اکسیدهای گوگرد ناشی از دسته بندی های الف) به تفکیک بخش (بر حسب هزار تن بر سال) ، ب) به تفکیک بخش (بر حسب درصد) و ج) بخش حمل و نقل و وسایل نقلیه مختلف در تهران در سال ۱۳۹۲



الف)



ب)



ج)

شکل ۹-۱۶: میزان انتشار ذرات معلق ناشی از دسته بندی های الف) به تفکیک بخش (بر حسب هزار تن بر سال) ، ب) به تفکیک بخش (بر حسب درصد) و ج) بخش حمل و نقل و وسایل نقلیه مختلف در تهران در سال ۱۳۹۲

باید به این نکته توجه شود که اطلاعات شکل ۹-۱۲ شکل ۹-۱۶ از سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران بر مبنای سال ۱۳۹۲ (جلد اول و دوم)[۹۹, ۱۰۱] که توسط شرکت کنترل کیفیت هوا شهرداری تهران تهیه شده است استخراج شده است. اطلاعات این سیاهه برپایه شبیه سازی ها و پیش فرض های مربوطه محاسبه شده است. بنابراین اگر چه این داده ها تنها داده های موجود می باشند ولی دقت آنها بسته به فرضیات و دقت نرم افزار مربوطه است و نمی توان قطعیتی برای آن قائل شد که این موضوع نیز در خود مراجع اشاره شده است. به عنوان مثال در سیاهه سال ۱۳۹۶ (که هنوز به چاپ نرسیده است) میزان سهم انتشار آلاینده ذرات معلق خودروهای سواری شخصی از کل سیستم حمل و نقل۱۴٪ است[۱۰۲] و این در حالی است که این مقدار در سیاهه سال ۱۳۹۲ (شکل ۹-۱۶) فقط برابر ۲٪ بوده است.

۹ ۳ ۴ مطالعه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای انواع پیشرانه اتوبوس شهری

شاید بتوان یک راهکار مقابله با انتشار گازهای گلخانه ای را استفاده از پیشرانه های مدرن هیبرید وبرقی دانست. به منظور مطالعه میزان انتشار گازهای گلخانه ای در هر نوع پیشرانه باید این نکته را مدنظر قرار داد که علاوه بر این که خود پیشرانه اتوبوس در حین فعالیت ایجاد گازهای گلخانه ای می کند، فرآیند تولید منبع انرژی (دیزل، گاز طبیعی و یا برق) نیز ایجاد گازهای گلخانه می‌کند. بنابراین به منظور مطالعه دقیق‌تر می بایست میزان انتشار گازهای گلخانه ای را از همان مرحله اول تولید منبع انرژی پیشرانه تا مرحله حرکت چرخ ها بررسی کرد، که به اصلاح به این بررسی، مطالعه چاه تا چرخ[1] گفته می شود.

با توجه به مطالب فوق، در این بخش، مطالعه میزان انتشار گازهای گلخانه در دو مرحله ۱) تولید و استخراج منبع انرژی یا به اصطلاح از چاه تا مخزن[2] (WTT) و ۲) در حین فعالیت اتوبوس یا به اصطلاح از مخزن تا چرخ[3] (TTW) انجام می شود.

مشخصات اتوبوس‌های تحت بررسی (بدون در نظر گرفتن نوع پیشرانه) همانند جدول ۹-۱ است.

مطالعه میزان انتشار گازهای گلخانه انواع پیشرانه اتوبوس شهری در مرحله تولید و استخراج منبع انرژی – از چاه تا مخزن (WTT)

منبع انرژی اتوبوس‌های ترولی و برقی، الکتریسیته تولید شده در نیروگاه ها است. بنابراین به منظور مطالعه دقیق میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شده در طی فرآیند تولید برق، می بایست روش های تولید برق در هر کشور را

[1] Well to wheel
[2] Well to tank
[3] Tank to Wheel

مورد بررسی قرار داد. در جدول ۹-۱۶ سهم منابع مختلف انرژی در بخش نیروگاهی در چند کشور نمونه در سال ۲۰۱۴ نشان داده شده است[۱][۷۴, ۱۰۳, ۱۰۴]. قاعدتا کشورهایی که از انرژی های تجدیدپذیر بیشتر در تولید برق استفاده می کنند، میزان انتشار گازهای گلخانه ای کمتری در این بخش خواهند داشت. همانطور که در جدول ۹-۱۶ نشان داده شده است، در کشور ایران سهم اصلی تولید برق (حدود ۹۲٪) را نیروگاه های با سوخت فسیلی (گاز و نفت) بر عهده دارند.

جدول ۹-۱۶: سهم منابع مختلف انرژی در تولید برق در چند کشور نمونه در سال ۲۰۱۴

کشور	برق تولید شده سالیانه (Billion kWh)	ذغال سنگ (%)	گاز طبیعی (%)	سوخت مایع (نفت) (%)	اتمی (%)	آبی (%)	بادی (%)	زیست توده(%)	سلول خورشیدی (%)
چین	4,768	72	2	0	3	20	1	3	0
آمریکا	4,048	38	30	1	19	6	4	2	0
هند	1,052	72	8	1	3	12	3	0	1
روسیه	1,012	14	49	3	17	17	0	0	0
ژاپن	966	30	43	12	0	8	1	4	2
آلمان	585	45	10	2	16	3	10	8	6
کره جنوبی	500	42	23	4	29	1	0	0	0
ایران	**239**	**0**	**65**	**27**	**2**	**6**	**0**	**0**	**0**
انگلیس	336	32	30	1	19	2	8	7	1
فرانسه	533	3	3	1	76	11	3	1	1
نروژ	145	0	2	0	0	94	2	1	1

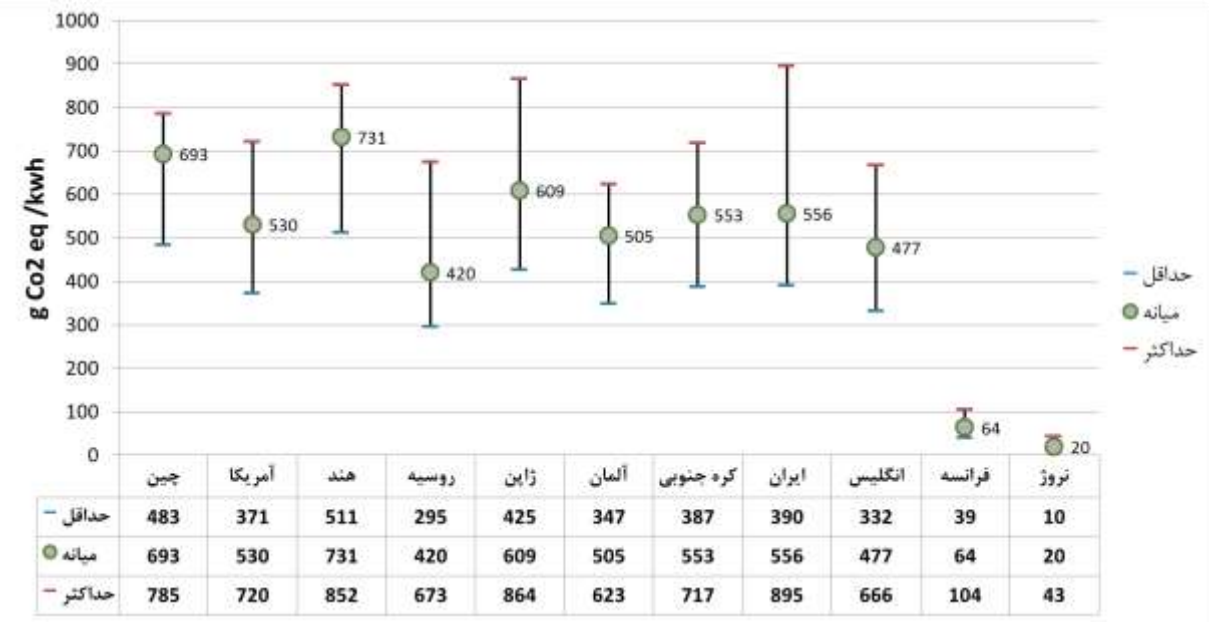
باید به این نکته توجه داشت که با توجه به فناوری مورد استفاده در انواع نیروگاه ها، حتی با یک نوع سوخت مصرفی، میزان گازهای گلخانه ای انتشار یافته می تواند متفاوت باشد. از اینرو در مرجع [۱۰۵] مطالعه‌ای بر روی ۱۶۷ نیروگاه مختلف انجام شده و میزان گازهای گلخانه ای منتشر شده در هر کدام از آنها مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج بررسی ها بر اساس نوع سوخت نیروگاه و تعداد مورد بررسی شده در جدول ۹-۱۷ نشان داده شده است. همانطور که در جدول ۹-۱۷ مشاهده می شود، برای هر نوع نیروگاه با سوخت یکسان بیشنه و کمینه میزان گازهای گلخانه‌ای اندازه‌گیری شده به همراه مقدار متوسط آن در جدول نشان داده شده است.

[۱] اعداد بصورت گرد شده نشان داده شده است. بنابراین اگر اعداد کمتر از ۰.۱٪ بوده بصورت گرد شده در جدول ۰٪ نشان داده شده است.

بنابراین با استفاده از جدول ۹-۱۶ و جدول ۹-۱۷ می توان مقدار تقریبی میزان گازهای گلخانه ای ترکیبی نیروگاه های کشورهای مختلف را محاسبه کرد. در شکل میزان انتشار گازهای گلخانه ای (g CO2 eq/kWh) در انواع کشورها با توجه به تولید برق بصورت ترکیبی[1] نشان داده شده است.

جدول ۹-۱۷: میزان انتشار گازهای گلخانه ای ($g\ CO_{2\ eq}/kWh$) بررسی شده در انواع نیروگاه ها

	تعداد موارد بررسی شده	حداقل ($g\ CO_{2\ eq}/kWh$)	حداکثر ($g\ CO_{2\ eq}/kWh$)	میانگین ($g\ CO_{2\ eq}/kWh$)
ذغال سنگ	43	660	1050	942.33
گاز طبیعی	23	380	1000	533.17
سوخت مایع (نفت)	10	530	900	773.8
اتمی	10	3	35	12.23
آبی	12	2	20	8.22
سلول خورشیدی	22	13	190	65.05
بادی	22	3	41	17.63
زیست توده	25	1	130	51.02



	چین	آمریکا	هند	روسیه	ژاپن	آلمان	کره جنوبی	ایران	انگلیس	فرانسه	نروژ
حداقل	483	371	511	295	425	347	387	390	332	39	10
میانه	693	530	731	420	609	505	553	556	477	64	20
حداکثر	785	720	852	673	864	623	717	895	666	104	43

شکل ۹-۱۷: میزان انتشار گازهای گلخانه ای (g CO2 eq/kWh) در انواع کشورها با توجه به تولید برق ترکیبی

خوشبختانه در کشور ایران مطالعاتی در این بخش انجام گرفته و میزان گازهای گلخانه ای انواع نیروگاه‌ها منتشر شده است. در جدول ۹-۱۸ میزان گازهای گلخانه ای هر بخش نیروگاهی (وزارت نیرو، بخش خصوصی و صنایع) در سال

[1] Mix generation

۱۳۹۴ نشان داده شده است[۷۷]. با استفاده از میزان انتشار انواع گازهای گلخانه ای و مقدار $CO_{2\,eq}$ معادل هر کدام از آنها (جدول ۹-۱۱) میزان $CO_{2\,eq}$ کل محاسبه و همانطور که در جدول ۹-۱۸ نشان داده شده است برابر ۶۶۱ گرم خواهد بود. بنابراین در ایران به ازای تولید یک کیلووات ساعت برق حدود ۶۶۱ گرم گازهای گلخانه ای تولید می شود.

جدول ۹-۱۸: شاخص های مختلف گازهای گلخانها ای در بخش های مختلف نیروگاهی کشور در سال ۱۳۹۴ (برحسب g/kwh)

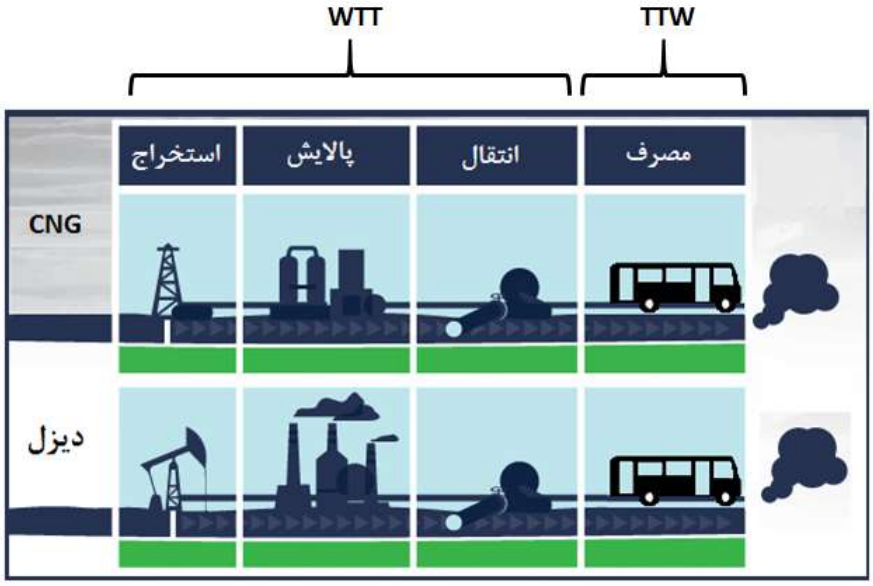
نوع نیروگاه	CH_4	N_2O	Co_2
وزارت نیرو			
بخاری	0.025	0.005	**762.258**
گازی	0.016	0.002	**822.472**
سیکل ترکیبی	0.01	0.001	**452.311**
دیزلی	0.03	0.006	**839.084**
خصوصی			
بخاری	0.014	0.002	**699.205**
گازی	0.016	0.002	**776.931**
سیکل ترکیبی	0.011	0.001	**475.196**
صنایع بزرگ	0.014	0.001	**1097.33**
میانگین کل	0.016	0.002	**660.650**
میزان $CO_{2\,eq}$	**661.6**		

با اســـتفاده از اطلاعات جدول ۹-۱۸ (مقدار ۶۶۱g $CO_{2\,eq}$/kWh) و میزان انرژی مصـــرفی هر نوع اتوبوس الکتریکی می توان میزان گازهای گلخانه WTT را محاسبه کرد. در جدول ۹-۱۹ میزان گازهای گلخانه‌ای تولید شده جهت تامین برق اتوبوس‌های الکتریکی نشان داده شده است. در اینجا میزان مصرف انرژی اتوبوس‌های ترولی، شارژ شبانه و شارژ (برحسب اطلاعات جدول ۹-۳) به ترتیب برابرkwh ۱/۸، kwh ۱/۹۱ و kwh ۱/۸ در نظر گرفته شده است. همچنین به منظور محاسبه میزان انرژی الکتریکی تولید شده در نیروگاه، تلفات خط انتقال (تفات ۱۶/۶٪[۷۸]) نیز باید در نظر گرفته شود. بنابراین طبق جدول ۹-۱۹ می‌توان میزان معادل گاز گلخانه به ازای هر کیلومتر پیمایش اتوبوس‌های الکتریکی را محاسبه کرد.

جدول ۹-۱۹: میزان گازهای گلخانه ای انتشار یافته جهت تامین برق انواع اتوبوس الکتریکی مورد مطالعه

نوع اتوبوس الکتریکی	میزان مصرف انرژی اتوبوس (kWh/km)	میزان دریافت انرژی از نیروگاه (kWh/km)	میزان (CO_2 eq /kWh) نیروگاه	میزان انتشار WTT (CO_2 eq /km)
برقی شارژ بین راهی	1.8	2.16	661.6	1191
برقی شارژ شبانه	1.91	2.29	661	1264
ترولی	1.8	2.16	661	1191

به منظور مطالعه WTT اتوبوس‌های دیزلی و CNG می بایست میزان انتشار گازهای گلخانه ای جهت استخراج، پالایش و انتقال سوخت مدنظر گرفته شود (شکل ۹-۱۸). در جدول ۹-۲۰میزان تولید WTT گازهای گلخانه ای در مطالعات کشورهای مختلف دنیا برای دو نوع سوخت دیزل و CNG نشان داده شده است. بدلیل عدم وجود اطلاعاتی در این زمینه در ایران، از اطلاعات جدول ۹-۲۰ ستفاده می شود و میزان متو سط موارد برر سی شده در مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل ۹-۱۸: شمای از چاه تا چرخ (WTW) تولید گازهای گلخانه ای در اتوبوس‌های سوخت فسیلی

جدول ۹-۲۰: میزان انتشار WTT گازهای گلخانه ای مربوط به CNG و دیزل (gCo2eq/Mj)

	دیزل[1] (gCo_{2eq}/Mj)	CNG[2] (gCo_{2eq}/Mj)	مرجع
آمریکا	19.00	25.90	مدل GREET [۱۰۶]
اتحادیه اروپا	13.80	21.10	مدل RED [۱۰۶]
کانادا	21.70	10.40	مدل GHGenius [۱۰۶]
چین	27.87	16.58	[۱۰۷]
اسپانیا	14.60	-	[۱۰۸]
ایتالیا	14.20	14.00	[۱۰۹]
اروپا	14.70	10.00	[۸۰]
متوسط	**17.8**	**16.3**	

۱ میزان انرژی هر لیتر گازوییل معادل Mj 35.9 است[۷۵].

۲ میزان انرژی هر کیلوگرم CNG معادل Mj 150 [۷۶].

مطالعه میزان انتشار گازهای گلخانه انواع پیشرانه اتوبوس شهری در مصرف سوخت در خودرو – از مخزن تا چرخ (TTW)

به منظور بررسی میزان انتشار WTW گازهای گلخانه ای نیاز است تا میزان انتشار این گازها در حین فعالیت خودرو و مصرف سوخت نیز مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به پاک بودن اتوبوس‌های برقی، هیچگونه آلایندگی (هوا) در حین فعالیت این خودروها ایجاد نمی شود. بنابراین میزان TTW گازهای گلخانه ای این خودرو ها صفر خواهد بود.

در جدول ۹-۲۱ میزان انتشار گازهای گلخانه ای در انواع اتوبوس‌های دیزلی (دسته بندی شده بر اساس استانداردهای آلایندگی مختلف)، اتوبوس‌های هیبریدی (سری و موازی) و همچنین اتوبوس‌های الکتریکی (ترولی ، شارژ شبانه و شارژ بین راهی) در مطالعات مختلف نشان داده شده است. باید به این نکته توجه داشت که علاوه بر فناوری پیشرانه میزان انتشار آلاینده‌ها به کیفیت سوخت (بطور خاص میزان گوگرد موجود در سوخت) و همچنین سیکل رانشی اتوبوس نیز بستگی دارد. با استعلامی که از سازمان اتوبوس رانی انجام گرفت متاسفانه علیرغم اهمیت این موضوع تا کنون بررسی و مطالعه‌ای جهت استخراج میزان آلایندگی اتوبوس‌های درون شهری سطح تهران انجام نگرفته است که می توان عدم وجود تجهیزات و زیرساخت مربوطه را دلیل این موضوع دانست. بنابراین با توجه به محدودیت داده‌ها از اطلاعات جدول ۹-۲۱ و میانگین مقادیر اندازه گیری شده در هر دسته بندی استفاده شده است[1].

[1] میزان تولید CO2 به پارامترهای مختلف نظیر میزان توقف اتوبوس و همچنین سیکل رانش و تعداد مسافر ها مرتبط است بنابراین در این بخش مقدار متوسط جهانی لحاظ شد.

جدول ۹-۲۱: میزان انتشار گازهای گلخانه ای در انواع اتوبوس‌های درون شهری در مطالعات مختلف برحسب (g CO2 eq/km)

	دیزل یورو ۲	دیزل یورو ۳	دیزل یورو ۴	دیزل یورو ۵	دیزل یورو ۶	CNG	هیبرید موازی	هیبرید سری	مرجع
اروپا	-	-	-	1005	1005	1014	869	796	[80]
بین المللی	1350	1250	1200	-	-	1350	-	-	[110]
چین	-	-	1171	-	-	893	-	-	[107]
اسپانیا	1384*					-	-	829	[108]
چین	-	-	-	1075	-	946		794	[111]
اروپا	1300	1150	-	-	-	1180	796	761	[106]
متوسط	1325	1200	1186	1075	1005	1092	796	784	

* نوع استاندارد آلایندگی اتوبوس نامشخص است.

پس از محاسبه میزان تولید گازهای گلخانه ای طی دو مرحله WTT و TTW می‌توان مجموع مقدار WTW را محاسبه کرد. در جدول ۹-۲۲ میزان WTW تولید گازهای گلخانه ای برای هر کدام از پیشرانه ها محاسبه شده است و نتایج نیز در

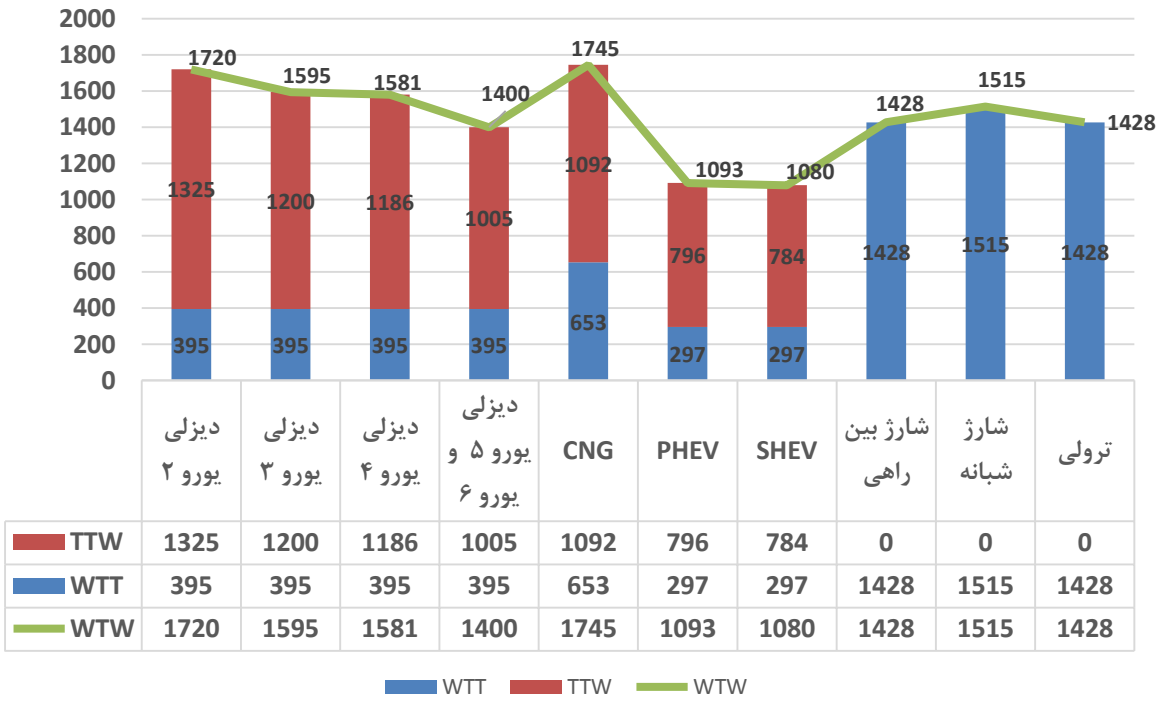
شکل ۹-۱۹ نشان داده است. شایان ذکر است که از جدول ۹-۳جهت استخراج میزان مصرف سوخت انواع اتوبوس شهری استفاده شده است.

جدول ۹-۲۲: میزان WTW انتشار گازهای گلخانه ای در انواع اتوبوس‌های تحت بررسی

نوع اتوبوس	میزان مصرف سوخت	WTT (g CO2 eq/km)	TTW (g CO2 eq/km)	مجموع (g CO2 eq/km)
دیزلی یورو ۲	60 (L/100km)	384	1325	**1720**
دیزلی یورو ۳	60 (L/100km)	384	1200	**1595**

دیزلی یورو ۴	60 (L/100km)	384	1186	**1581**
دیزلی یورو ۵ و یورو ۶	60 (L/100km)	384	1005	**1400**
CNG	*60 (kg/100km)	490	1092	**1582**
هیبرید موازی	45 (L/100km)	288	796	**1093**
هیبریبد سری	45 (L/100km)	288	784	**1080**
شارژ بین راهی	1.81 (kWh/km)	1191	0	**1191**
شارژ شبانه	1.91 (kWh/km)	1264	0	**1264**
ترولی	1.81 (kWh/km)	1191	0	**1191**

* معادل 30 (MJ/km)



	دیزلی یورو ۲	دیزلی یورو ۳	دیزلی یورو ۴	دیزلی یورو ۵ و یورو ۶	CNG	PHEV	SHEV	شارژ بین راهی	شارژ شبانه	ترولی
TTW	1325	1200	1186	1005	1092	796	784	0	0	0
WTT	395	395	395	395	653	297	297	1428	1515	1428
WTW	1720	1595	1581	1400	1745	1093	1080	1428	1515	1428

شکل ۹-۱۹: میزان WTW تولید گازهای گلخانه ای در انواع اتوبوس‌های تحت بررسی

همانطور که اشاره شد در انواع اتوبوس‌های الکتریکی میزان WTW گازهای گلخانه ای برابر همان مقدار WTT خواهد بود. با توجه به اینکه بخش عمده انرژی الکتریکی کشورمان توسط نیروگاه‌هی با سوخت فسیلی تامین می شود، عملا حتی مقدار WTW بیشتر از اتوبوس‌های دیزلی یورو ۵ خواهد بود.

در بین اتوبوس‌های تحت بررسی، اتوبوس های دیزلی یور ۲ و یورو ۳ دارای بیشترین مقدار WTW گازهای گلخانه ای است. این در حالی است که مقدار TTW این نوع اتوبوس‌ها نزدیک به اتوبوس‌های دیزلی یورو ۵ و یورو ۶

است. بنابراین دلیل افزایش WTW را می توان مقدار بالای WTT در این نوع اتوبوس دانست. مقدار بالای WTT به دو پارامتر مصرف سوخت و میزان آلایندگی استخراج، پالایش و انتقال سوخت وابسته است. که میزان بالای مصرف سوخت اتوبوس‌های دیزلی و CNG را می توان دلیل عمده این موضوع دانست.

همچنین مشاهده می شود که اتوبوس‌های هیبریدی میزان انتشار گازهای گلخانه ای کمتری نسبت به انواع دیزلی، CNG و حتی الکتریکی دارد. که دلیل این موضوع را می توان تامین بخش اعظمی از برق اتوبوس‌های الکتریکی از سوخت های فسیلی در نیروگاه ها و همچنین مصرف بالای اتوبوس‌های CNG دانست.

۹ ۳ ۵ مطالعه میزان آلودگی هوای شهری (محلی) ناشی از اتوبوس‌های درون‌شهری

در قسمت قبل به مطالعه و بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه ای توسط انواع اتوبوس درون‌شهری پرداخته شد. همانطور که پیشتر اشاره شد اتوبوس‌های شهری علاوه بر ایجاد گازهای گلخانه‌ای که بطور مستقیم تاثیر اندکی بر محیط زیست دارند، باعث ایجاد گازهای آلاینده‌ای می شوند که بطور مستقیم بر سلامت افراد و محیط زیست تاثیر گذار است. در بخش ۹- ۳- ۳ بطور مفصل به بررسی این آلاینده‌ها پرداخته شد.

در کشورمان مطالعه منظمی به منظور بررسی میزان انتشار گازهای آلاینده شهری توسط اتوبوس‌های درون‌شهری انجام نگرفته است. که دلیل این موضوع را می توان هم نیاز به تجهیزات مناسب جهت سنجش دقیق آلاینده‌ها و هم نبود سیکل رانشی استاندارد برای اتوبوس‌های درون‌شهری در کشور دانست. از اینرو در مطالعات این بخش بیشتر از اطلاعات استخراج شده از منابع خارجی استفاده شده است. در مرجع [۹۲] مطالعه دقیقی درباره میزان آلایندگی انواع اتوبوس‌های شهری انجام گرفته است. بنابراین در این بخش از گزارش به اطلاعات استخراج شده از این مرجع استنباط می‌شود. در جدول ۹-۲۳ به تعداد اتوبوس های نمونه برداری شده در هر نوع پیشرانه در مرجع [۹۲] اشاره شده است.

جدول ۹-۲۳: تعداد اتوبوس های نمونه برداری شده در هر نوع پیشرانه در مرجع [۹۲]

نوع اتوبوس	تعداد نمونه ها
اتوبوس دیزلی	29
اتوبوس هیبریدی	25
اتوبوس CNG	112

در اینجا میزان گوگرد موجود در سوخت دیزل PPM ۵۰ درنظر گرفته شده است.

در جدول نیز میزان انتشار انواع آلاینده‌های هوا در انواع اتوبوس با سوخت فسیلی (دیزل، هیبرید و CNG) نشان داده شده است.

جدول ۹-۲۴: میزان انتشار انواع آلاینده‌های هوا در انواع اتوبوس با سوخت فسیلی (دیزل، هیبرید و CNG) برحسب (g/km)

نوع پیشرانه / نوع آلاینده	دیزل	هیبرید	CNG
CO	2.5	0.623	8.5
NOx	11.2	9.6	15
PM	0.358	0.035	0.028
HC	0.074	4.7	13.9
*CO2	1075	796	1092
SOx	3.6	0	5.2

* اطلاعات مربوط به CO_2 از جدول استخراج شده است.

همچنین در جدول میزان انتشار گازهای مختلف جهت تولید یک کیلووات-ساعت برق در نیروگاههای داخلی (بصورت ترکیبی) نشان داده شده است [۱۱۲].

جدول ۹-۲۵: میزان انتشار انواع آلاینده‌های هوا جهت تولید یک کیلووات-ساعت برق در نیروگاههای داخلی (بصورت ترکیبی)

نوع آلاینده	NOx	SO2	CO	SPM	CO2	CH4
میزان آلایندگی به ازای (g/kwh)	2.83	1.66	0.62	0.11	660.6	0.02

در انتها با استفاده از مقادیر مصرف انرژی الکتریکی هر نوع اتوبوس الکتریکی به ازای کیلومتر (**جدول ۹-۳**) و همچنین بازدهی خطوط انتقال توان (۸۳/۴٪[۷۸]) می‌توان میزان انتشار آلاینده‌های انواع اتوبوس‌های الکتریکی را به ازای پیمایش یک‌کیلومتر محاسبه کرد. در جدول ۹-۲۶ این مقادیر به‌نمایش گذاشته شده است.

جدول ۹-۲۶: میزان انتشار انواع آلاینده‌ها جهت تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز انواع اتوبوس الکتریکی (g/km)

نوع آلاینده / نوع اتوبوس	NOx	SO2	CO	SPM	CO2	CH4
شارژ شبانه	4.50	2.64	0.99	0.18	1051.03	0.03
شارژ بین راهی	4.24	2.49	0.93	0.16	990.5	0.03
ترولی	4.24	2.49	0.93	0.16	990.50	0.03

۹۴ نتیجه‌گیری

در این بخش به مقایسه فنی و آلایندگی انواع پیشرانه برقی (شارژ بین‌راهی، شارژ شبانه و ترولی)، هیبریدی (سری و موازی)، CNG و دیزلی پرداخته شد. در مقایسه فنی معیارهایی نظیر قابلیت‌های شتاب‌گیری، پیمایش با یکبار شارژ یا سوخت‌گیری، مسافت قابل پیمایش بصورت برق خالص، زمان سوخت‌گیری یا شارژ، انعطاف‌پذیری در پیمایش و تعویض مسیر، بازدهی انرژی ومصرف سوخت و همچنین پیچیدگی سیستم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده این موضوع بود که عملکرد فنی اتوبوس‌های برقی در برخی موارد نظیر: بازدهی انرژی ومصرف سوخت و همچنین قابلیت پیمایش بصورت برق خالص از اتوبوس‌های با سوخت فسیلی برتری داشته و در برخی موارد نظیر: انعطاف‌پذیری در پیمایش و تعویض مسیر و زمان سوخت‌گیری یا شارژ ارجحیت با اتوبوس‌های سوخت فسیلی است.

همچنین در بخش دوم به مقایسه این نوع پیشرانه‌ها از جنبه زیست محیطی، شامل آلودگی هوا (محلی و گازهای گلخانه‌ای) و آلودگی صوتی پرداخته شد. نتایج نشان دهنده برتری کامل اتوبوس‌های برقی و هیبریدی بود.

فصل ۱۰ بررسی اقتصادی بر پایه هزینه-فایده

مطالعات اقتصادی یکی از مباحث مهم در بررسی هر فناوری است. در فناوری اتوبوس‌های درون شهری این موضوع به دلیل هزینه‌های بالای اجرای طرح‌ها بسیار پر اهمیت خواهد بود. بنابراین در این بخش به مطالعه اقتصادی انواع پیشرانه‌های با سوخت فسیلی (دیزل و CNG)، هیبریدی و همچنین الکتریکی پرداخته خواهد شد. در این گزارش، معیار بررسی اقتصادی استخراج شاخص کل مالکیت برحسب کیلومتر به ازای هر کدام از پیشرانه‌ها خواهد بود که در این بخش مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱۰ ۱ مقدمه و بررسی فرضیات

برای بررسی و مقایسه انواع اتوبوس‌ها از منظر اقتصادی، شاخص هزینه کل مالکیت[1] (TCO) در این گزارش انتخاب شده است. زیاد بودن مقدار این شاخص که دربرگیرنده هزینه‌های مختلف اتوبوس‌ها بر واحد پیمایش (کیلومتر) است، برای اتوبوس‌های الکتریکی دارای باتری، به‌عنوان یکی از موانع اصلی در زمینه اجرایی شدن آن‌ها شناخته می‌شود. این هزینه‌ها شامل قیمت خرید اتوبوس، هزینه‌های تعمیر و نگهداری، بهره‌برداری و سوخت، زیرساخت‌ها (سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه نگهداری) و هزینه آلودگی‌های منتشر شده است. کل این هزینه برای یک اتوبوس ۱۲متری شهری با انواع پیشرانه‌های (دیزلی، هیبریدی، الکتریکی و گاز طبیعی CNG) به‌طور سالانه محاسبه شده است (مشخصات کلی اتوبوس در جدول ۹-۱ اشاره شده است). سپس با فرض پیمایش سالیانه ۴۵۰۰۰ کیلومتر و عمر مفید ۱۲ سال [۱۱۳] برای اتوبوس، هزینه کل محاسبه شده بر واحد پیمایش (کیلومتر) سالیانه نرمالیزه می‌شود.

اگرچه تاکنون روش‌های مختلفی برای محاسبه هزینه کل مالکیت اتوبوس‌های الکتریکی انجام شده است[۷۴, ۱۱۴-۱۱۷]، اما مشخص است که در برآورد هزینه کل مالکیت، عدم اطمینان زیادی وجود دارد. محاسبه هزینه کل مالکیت به‌شدت وابسته به جنبه‌های عملیاتی و لجستیکی است؛ به‌عنوان‌مثال، قیمت سوخت (دیزل، گاز و برق) نقش

[1] Total cost of ownership

مجموع هزینه‌های مالکیت یاTCO ، مفهومی است که امروزه اهمیت زیادی در حوزه‌های تجاری در سرتاسر دنیا پیدا کرده است. کلیت این مفهوم آن است که به‌جای آنکه تنها بر هزینه‌های اولیه (مانند خرید سخت‌افزار یا نرم‌افزار) تکیه شود، همه هزینه‌ها در یک تصمیم باید لحاظ شوند. امروزه این مفهوم برای خودروها نیز بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌نحوی‌که بجای هزینه اولیه خودرو تمامی هزینه‌های تعمیرات ، نگهداری، سوخت، آلایندگی و ... را در طول مدت استفاده خودرو در بر می‌گیرد.

قابل‌توجهی در برآورد هزینه کل مالکیت دارد. تفاوت در هزینه اجتماعی آلاینده‌ها و جریمه و سیاست‌های مالیاتی نیز بر هزینه کل مالکیت تأثیر می‌گذارند. بنابراین، بررسی هزینه کل مالکیت ارائه شده در این مطالعه، بر اساس ترکیبی از داده‌های عملیاتی (استعلام شده از نهادهای مختلف حکومتی)، مدل‌های گزارش‌شده در مقالات و گزارش‌های فنی است.

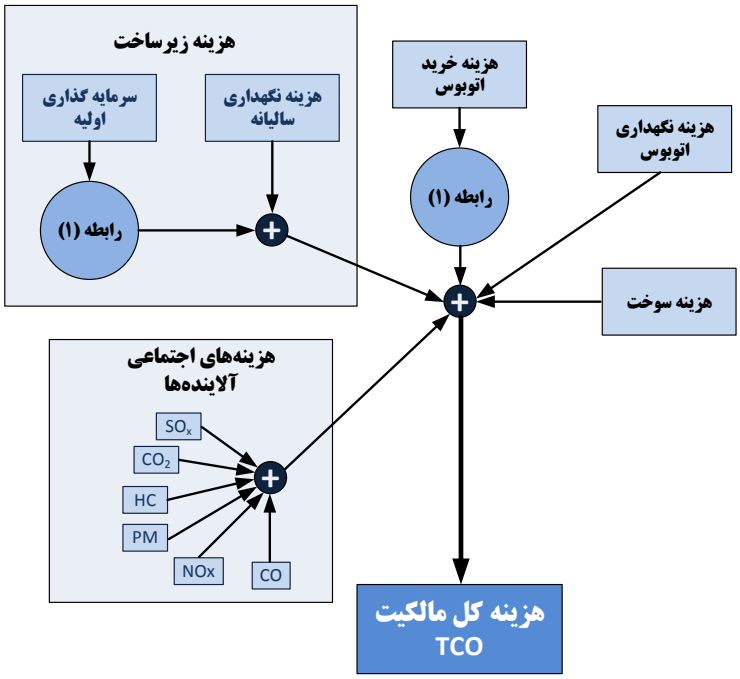
۱۰ ۱ ۱ نحوه محاسبه هزینه کل مالکیت

شکل ۱۰-۱ طرحواره ای از نحوه محاسبه و هزینه‌های دخیل در هزینه کل مالکیت را نشان می‌دهد. مقدار هزینه کل مالکیت از جمع‌کردن هزینه‌های خرید اتوبوس، نگهداری، سوخت، هزینه‌های اجتماعی نا شی از آلایندگی اتوبوس‌ها و زیرساخت برای مدت‌زمان عمر مفید اتوبوس (۱۲ سال و پیمایش ۴۵ هزار کیلومتر در سال [۱۱۸]) برحسب هزار تومان بر کیلومتر پیمایش اتوبوس محاسبه می‌شود. ضمناً هزینه‌های خرید (هزینه اولیه) اتوبوس و تجهیزات از طریق رابطه (۱۰) به هزینه سالیانه تبدیل می شوند که نرخ میانگین وزن‌دار هزینه سرمایه[1] (WACC) برابر ۵ درصد [۱۱۸] در نظر گرفته شده است.

$$A = P\left(\frac{I\left(1+I\right)^{n}}{\left(1+I\right)^{n}-1}\right) \qquad (۱۰)$$

در رابطه بالا، I همان WACC است و n تعداد سال و P هزینه اولیه است. نحوه محاسبه هزینه زیرساخت برحسب پیمایش اتوبوس بدین شرح است: دو نوع هزینه می‌توان برای زیرساخت در نظر گرفت؛ یکی هزینه اولیه که باید سرمایه‌گذاری شود و دیگری هزینه جاری برای نگهداری و سایر هزینه‌های زیرساخت تهیه شده است. این دو هزینه باید برحسب هزار تومان بر کیلومتر بیان شوند تا بتوان از آن‌ها در محاسبه هزینه کل مالکیت استفاده نمود. هزینه سرمایه گذاری اولیه را می‌توان به سالانه تبدیل نموده و با هزینه سالیانه نگهداری و تعمیر، جمع کرد.

[1] weighted average cost of capital



شکل ۱۰-۱- طرحواره محاسبه هزینه کل مالکیت (TCO)

شایان‌ذکر است که در این پژوهش، دو سناریو برای محاسبه هزینه کل مالکیت مدنظر قرار گرفته است. سناریو اول، محاسبه از دیدگاه حاکمیتی و سناریوی دوم، محاسبه از دیدگاه مصرف کننده است. به‌عنوان‌مثال، اگر حاکمیت بخواهد سوخت دیزل تولیدی در کشور را در بازارهای جهانی بفروشد، مسلماً بهای آن با بهای سوخت مصرفی شهروندان متفاوت است. لذا سناریوی اول این کمک را به تصمیم گیران حاکمیتی می‌کند که با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف، کدام پیشرانه اتوبوس می‌تواند برای کشور مناسب‌تر باشد. سناریوی دوم برای مصرف کننده عادی نوشته شده است که قصد خرید یک اتوبوس را دارد و مثلاً در این خرید، هزینه‌ای بابت آلایندگی اتوبوس خود پرداخت نمی‌کند.

۱۰ ۱ ۲ فرضیات اولیه مرتبط با ناوگان

در این گزارش، یک ناوگان فرضی برای محاسبه هزینه کل مالکیت مورد بررسی قرار گرفته که تا حد امکان سعی شده تشابه زیادی با خطوط BRT تهران داشته باشد. فرضیات و نحوه محاسبات تعداد اتوبوس‌های این ناوگان به شرح ذیل است.

- طول خط فرضی که تقریبا برابر میانگین طول ۱۰ خط BRT تهران است [جدول ۱-۶ گزارش مرحله دوم]: ۱۸ کیلومتر
- پیمایش سالیانه یک اتوبوس: ۴۵۰۰۰ کیلومتر
- زمان فعالیت خطوط BRT طبق جدولهای زمانبندی موجود [۱۱۹] : ۱۷ ساعت در شبانه روز

- تعداد ایستگاه‌های فرضی که میانگین تعداد ایستگاه‌های خطوط BRT تهران است (رفت و برگشت) [جدول ۱-۶ گزارش مرحله دوم] : ۴۶ ایستگاه
- زمان میانگین انتظار فرضی در هر ایستگاه که میانگین انتظار در ساعات شلوغ و ساعات عادی است [۱۲۰]: ۱۰۰ ثانیه
- زمان میانگین صرف شده برای توقف در هر ایستگاه (سرفاصله تردد ناوگان): ۱۰۰ ثانیه
- زمان استراحت در پایانه و عدم فعالیت یک اتوبوس در ۱۷ ساعت شبانه روز: ۱ ساعت
- تعداد روزهای غیر تعطیل سال: ۲۸۵ روز

هدف، محاسبه تعداد اتوبوس‌های لازم برای این خط فرضی است؛

تعداد رفت و آمد (مسیر کامل خط) یک اتوبوس در سال برابر است با:

$$۴۵۰۰۰ \div (۲\times۱۸) = ۱۲۵۰ \quad (۱)$$

تعداد رفت و آمدهای اتوبوس در شبانه روز برابر است با:

$$۱۲۵۰ \div ۲۸۵ = ۴/۴ \quad (۲)$$

میزان توقف در طول ایستگاه‌های مسیر رفت و برگشت به صورت ذیل قابل محاسبه است:

$$۲۳ \times ۲ \times ۱۰۰ = ۴۶۰۰ \text{ ثانیه} = ۷۶ \text{ دقیقه} \quad (۳)$$

مدت زمان صرف شده در طول روز برای توقف در ایستگاه‌ها برابر است با:

$$۴/۴ \times ۷۶ = ۳۳۴/۴ \text{ دقیقه} = ۵/۵۷ \text{ ساعت} \quad (۴)$$

برای محاسبه سرعت متوسط حرکت یک اتوبوس در مسیر فرضی ابتدا پیمایش متوسط آن در طول شبانه روز محاسبه می‌گردد:

$$۴/۴ \times ۲ \times ۱۸ = ۱۵۸/۴ \text{ کیلومتر} \quad (۵)$$

زمان متوسط حرکت اتوبوس در طول یک شبانه روز نیز بصورت ذیل قابل محاسبه است:

$$۱۷ - ۵/۵۷ - ۱ = ۱۰/۴۳ \text{ ساعت} \quad (۶)$$

سرعت متوسط برابر است با:

$$۱۵۸/۴ \div ۱۰/۴۳ = ۱۵/۲ \text{ کیلومتر بر ساعت} \quad (۷)$$

برای انتظار ۱۰۰ ثانیه‌ای مسافر در ایستگاه اتوبوس (سرفاصله تردد ناوگان)، فاصله یک اتوبوس با بعدی بصورت ذیل قابل محاسبه است:

$$۱۵/۲ \times ۱۰۰۰ \times ۱۰۰ \div ۳۶۰۰ = ۴۲۳ \text{ متر} \quad (۸)$$

نهایتا تعداد اتوبوس‌های این ناوگان با توجه به طول خط (رفت و برگشت) و فاصله مورد نیاز برای سرفاصله ۱۰۰ ثانیه‌ای، بدین صورت قابل محاسبه است:

$$۱۸ \times ۲ \times ۱۰۰۰ \div ۴۲۳ = ۸۵ \text{ دستگاه} \quad (۹)$$

۱۰ ۱ ۳ هزینه اولیه اتوبوس‌ها

در جدول ۱۰-۱ بهای خریداری اتوبوس‌های ۱۲ متری شهری با پیشرانه‌های مختلف بیان شده است. برای محاسبه هزینه خرید اتوبوس، از اطلاعات استعلام شده از سازمان اتوبوسرانی و اعداد گزارش [۳] استفاده شده است. نرخ تبدیلی ارز (دلار) به تومان، برابر ۱۰۰۰۰ در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۰-۱- بهای خرید اتوبوس‌های ۱۲متری شهری مختلف

	دیزلی	هیبریدی		تمام برقی			گاز طبیعی فشرده CNG
		سری	موازی	شارژ شبانه	شارژ بین راهی	ترولی	
سرمایه گذاری اولیه (میلیارد تومان)	۲	۲/۴۴	۲/۶۵	۴	۳/۶۳	۲/۷۳	۲/۳

هزینه پیمایش (هزار تومان بر کیلومتر)	۵/۰۱	۶/۱۲	۶/۶۴	۱۰	۹/۱	۶/۸۴	۵/۷۷

در رابطه با قیمت اتوبوس طبق جدول ۱۰-۱ می‌توان بیان کرد که تمام اتوبوس‌های الکتریکی (باتری و ترولی) گران‌تر از همتای دیزلی خود هستند. هزینه اضافه‌شده، مربوط به هزینه بخش‌های الکتریکی (پک‌های باتری، موتور الکتریکی و سیستم جانبی) است. همچنین مطابق این جدول واضح است که تفاوت قیمت قابل توجهی بین اتوبوس‌های هیبریدی موازی و سری وجود ندارد. در مورد اتوبوس‌های تمام برقی با تغذیه باتری، نوع شارژ بین راهی نسبتاً ارزان‌تر از اتوبوس شارژ شبانه است. دلیل این امر استفاده از پکیج باتری به نسبت کوچک‌تر است.

۱۰ ۱ ۴ هزینه سوخت

هزینه سوخت و انرژی بر اساس **جدول ۹-۳** محاسبه شده است. ضمناً قیمت گازوئیل به ازای هر لیتر ۵۰۰۰ تومان (معادل نیم دلار [۱۲۱]) برای حاکمیت و ۳۰۰ تومان برای مصرف‌کننده منظور شده است. همچنین بهای برق به ازای هر کیلووات ساعت ۱۰۰۰ تومان (۱۰ سنت) برای حاکمیت و ۷۰ تومان برای مصرف‌کننده در نظر گرفته شده است [۱۲۲]. برای اتوبوس‌های گاز فشرده طبیعی (CNG) قیمت ۶۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم (عرضه‌شده در جایگاه‌ها) برای مصرف‌کننده و ۳۰۰۰ تومان (۳۰ سنت) برای هر کیلوگرم برای حاکمیت در نظر گرفته شده است.

میزان مصرف انرژی (سوخت) اتوبوس‌های مختلف در جدول ۱۰-۲ برای سناریو حاکمیتی بیان شده است. ملاحظه می‌شود که از منظر حاکمیت، اتوبوس‌های دیزلی و گاز طبیعی به ترتیب داری بیشترین هزینه‌های سوخت هستند. ازلحاظ هزینه عملیاتی (مصرف انرژی)، اتوبوس‌های الکتریکی بهتر از اتوبوس دیزلی هستند. اتوبوس تمام برقی با تغذیه باتری، از نظر مصرف انرژی، به‌طور متوسط حدود ۳۸٪ هزینه کمتری را فراهم می‌کند. این در حالی است که اتوبوس‌های هیبریدی سری و موازی، به‌طور متوسط تنها حدود ۲۵٪ درصد هزینه انرژی را کاهش می‌دهد.

جدول ۱۰-۲ – انرژی و بهای سوخت مصرفی انواع اتوبوس‌های مورد بررسی (سناریو حاکمیتی)

	دیزل	هیبرید	تمام برقی			گاز طبیعی فشرده CNG
			شارژ شبانه	شارژ بین راهی	ترولی	
مصرف	۰/۶ (L/km)	۰/۴۵ (L/km)	۱/۹۱ (kWh/km)	۱/۸ (kWh/km)	۱/۸ (kWh/km)	۰/۶ (Kg/km)
قیمت واحد سوخت	۵ (هزار تومان بر لیتر)	۵ (هزار تومان بر لیتر)	۱ (هزار تومان بر کیلووات ساعت)	۱ (هزار تومان بر کیلووات ساعت)	۱ (هزار تومان بر کیلووات ساعت)	۳ (هزار تومان بر کیلوگرم)
قیمت سوخت در	۳ (هزار تومان در کیلومتر)	۲/۲۵ (هزار تومان در کیلومتر)	۱/۹۱ (هزار تومان در کیلومتر)	۱/۸ (هزار تومان در کیلومتر)	۱/۸ (هزار تومان در کیلومتر)	۱/۸ (هزار تومان در کیلومتر)

کارکرد اتوبوس						

همچنین مقدار هزینه سوخت از دید مصرف کننده که همان قیمت سوخت و برق با یارانه است در جدل نشان داده شده است.

جدول ۱۰-۳ – انرژی و بهای سوخت مصرفی انواع اتوبوس‌های مورد بررسی (سناریو مصرف کننده)

	دیزل	هیبرید	تمام برقی			گاز طبیعی فشرده CNG
			شارژ شبانه	شارژ بین راهی	ترولی	
مصرف	۰/۶ (L/km)	۰/۴۵ (L/km)	۱/۹۱ (kWh/km)	۱/۸ (kWh/km)	۱/۸ (kWh/km)	۰/۶ (Kg/km)
قیمت واحد سوخت	۰/۳ (هزار تومان بر لیتر)	۰/۳ (هزار تومان بر لیتر)	۰/۰۷ (هزار تومان بر کیلووات ساعت)	۰/۰۷ (هزار تومان بر کیلووات ساعت)	۰/۰۷ (هزار تومان بر کیلووات ساعت)	۰/۰۶ (هزار تومان بر کیلوگرم)
قیمت سوخت در کارکرد اتوبوس	۰/۱۸ (هزار تومان در کیلومتر)	۰/۱۴ (هزار تومان در کیلومتر)	۰/۱۳ (هزار تومان در کیلومتر)	۰/۱۳ (هزار تومان در کیلومتر)	۰/۱۳ (هزار تومان در کیلومتر)	۰/۳۶(هزار تومان در کیلومتر)

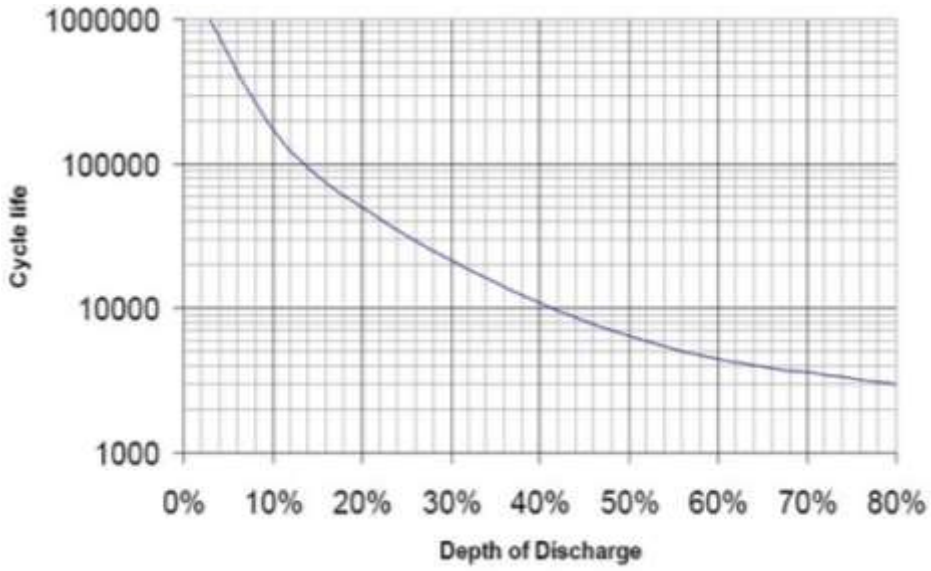
۱۰ ۱ ۵ هزینه نگهداری

در این گزارش برای محاسبه هزینه نگهداری از مرجع [۷۵] و [۱۲۳] استفاده شده است که خود متوسطی از عدد گزارش‌شده در چندین مقاله و گزارش مختلف است. دیگر هزینه‌ای که می‌بایست برای نگهداری اتوبوس‌های الکتریکی دارای باتری بطور جداگانه درنظر گرفت، هزینه باتری تعویضی است.

عمر باتری به دو طریق درنظر گرفته می‌شود. اولین روش معرفی عمر باتری، عمر تقویمی است که برحسب سال در نظر گرفته می‌شود. روش دوم محاسبه عمر باتری، برحسب میزان سیکل کاری باتری در طول عمر آن است که به آن عمر دوره‌ای[1] گفته می‌شود. درحقیقت عمر دوره‌ای باتری به پارامترهای مختلفی نظیر دمای عملکردی و نرخ دشارژ بستگی دارد. ولی پارامتر بسیار تاثیر گذار بر عمر دوره‌ای باتری، میزان عمق دشارژ باتری و میزان انرژی دریافت شده از باتری در هر سیکل کاری است. در **شکل ۱۰-۲** ارتباط تعداد سیکل عمر باتری و میزان درصد انرژی مورد استفاده از باتری بر حسب درصد در هر سیکل شارژ و دشارژ باتری برای یک باتری لیتیوم یون نشان داده شده است[۱۲۴]. به عنوان مثال همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، اگر از ۸۰٪ ظرفیت باتری در هر سیکل دشارژ استفاده شود میزان

[1] Cycle life

عمر باتری برابر ۲۰۰۰ سیکل است. حال اگر از ۳۰٪ ظرفیت باتری استفاده شود عمرباتری برابر ۲۰۰۰۰ سیکل خواهد بود.



شکل ۱۰-۲- منحنی تعداد سیکل عمر باتری و میزان درصد انرژی مورد استفاده از باتری در یک باتری لیتیوم یون[۱۲۴]

حال اگر از اتوبوس شارژ شبانه استفاده شود و ظرفیت باتری برابر ۳۸۰kwh باشد. در این صورت میزان انرژی مصرفی روزانه باتری برابر است با میزان پیمایش روزانه ضرب‌در میزان مصرف به ازای کیلومتر که طبق مقدار نهایی رابطه (۵) و جدول ۱۰-۲ برابر است با:

$$۱۵۸/۴ \times ۱/۹۱ = ۳۰۱/۷۸ \text{ kwh} \qquad (۱۱)$$

که این مقدار انرژی تقریبا برابر ۷۵٪ ظرفیت باتری است. بنابراین طبق شکل ۱۰-۲ طول عمر دوره‌ای باتری برابر با ۳۰۰۰ سیکل است و چون باتری هر شب شارژ میشود طول عمر دروه‌ای باتری تقریبا برابر ۱۰ سال خواهد بود:

$$۳۰۰۰ \div ۲۸۵ \approx ۱۰ \text{ سال} \qquad (۱۲)$$

از این‌رو در طول عمر ۱۲ ساله اتوبوس نیاز به یکبار تعویض مجموعه باتری است.

حال با در نظر گرفتن ظرفیت ۱۰۰ kwh باتری در اتوبوس شارژ بین راهی و فرض بر این باشد که ایستگاه‌ها در ابتدا و انتهای خط باشند. میزان مصرف انرژی باتری در هر مسیر (از یک ایستگاه شارژ تا ایستگاه شارژ دیگر) برابر است با:

$$۱۸ \times ۱/۸ = ۳۲/۴ \text{ kwh} \quad (۱۳)$$

که این میزان تقریبا برابر ۳۰٪ ظرفیت باتری خواهد بود. از اینرو طبق شکل ۱۰-۲ در این حالت عمر باتری برابر ۲۰۰۰۰ سیکل خواهد بود. طبق مقدار نهایی رابطه (۲) میانگین رفت و آمد روزانه هر اتوبوس برابر ۴/۴ است. بنابراین هر اتوبوس بطور میانگین روزانه ۸/۸ بار شارژ می‌شود. ازاین‌رو عمر دوره‌ای اتوبوس تقریبا تقریبا برابر ۸ سال خواهد بود:

$$۲۰۰۰۰ \div ۲۸۵ \div ۸/۸ \approx ۸ \text{ سال} \quad (۱۴)$$

بنابراین در اتوبوس شارژ بین راهی نیز فقط نیاز به یکبار تعویض باتری در طول عمر اتوبوس خواهد بود. این خود یکی از مزایای اصلی اتوبوس‌های شارژ بین راهی نسبت به اتوبوس‌های شارژ شبانه محسوب می‌شود.

بنابراین با درنظر گرفتن یکبار تعویض باتری در طول عمر اتوبوس‌های الکتریکی و با درنظر گرفتن هزینه باتری $/kwh ۲۵۰ خواهیم داشت:

هزینه نگهداری ناشی از تعوض باتری در اتوبوس شارژ شبانه:

$$۳۸۰ \times ۲۵۰ = ۹۵۰۰۰ \text{ دلار} = ۹۵۰،۰۰۰،۰۰۰ \text{ تومان} \quad (۱۵)$$

هزینه نگهداری ناشی از تعوض باتری در اتوبوس شارژ بین راهی:

$$۱۰۰ \times ۲۵۰ = ۲۵۰۰۰ \text{ دلار} = ۲۵۰،۰۰۰،۰۰۰ \text{ تومان} \quad (۱۶)$$

۱۰ ۱ ۶ هزینه زیرساخت

هزینه زیرساخت با استفاده از اطلاعات گزارش مرجع [۱۱۸] و همچنین برخی اصلاحات محاسبه شده است. نحوه محاسبه در ادامه توضیح داده خواهد شد.

فرضیاتی که مورد اصلاح قرار گرفته‌اند بدین قرار است: هزینه‌های زیرساخت اتوبوس‌های ترولی از گزارش جامع پروژه ترولی [۱۲۵] استخراج شده‌اند. درباره اتوبوس‌های شبانه با توجه به زمان کافی برای اتوبوس در شارژ شب، فرض شده که از شاررژهای معمولی با توان شارژر ۵۰ کیلووات و قیمت اولیه آن ۱۰هزاردلار (معادل ۱۰۰ میلیون تومان) استفاده شده است. همچنین برای اتوبوس‌های شارژ بین راهی، به‌دلیل نیاز به شارژ باتری در هر مسیر رفت و آمد، شارژر سریع با توان شارژر ۳۰۰ کیلووات (از نوع شارژ سریع) و قیمت اولیه ۱۱۰هزار دلار (معادل یک میلیارد و صد میلیون تومان) در نظر گرفته شده است [۱۲۶]. ضمنا هزینه نگهداری سالیانه نیز برابر ۱٪ هزینه اولیه است[۱۲۶].

اگر در اتوبوس‌های شارژ شبانه فرض شود که هر اتوبوس بطور مستقل در طول شب توسط یک شارژر شارژ شود، بنابراین به ۸۵ شارژ نیاز خواهد بود. همچنین در مورد اتوبوس‌های شارژ بین راهی فرض شود که اتوبوس‌ها فقط در پایانه‌های ابتدایی و انتهایی شارژ شوند و همچنین فرض شود که شارژ هر اتوبوس حدود ۱۰ دقیقه طول بکشد (حدود ۶ دقیقه برای شارژ و ۴ دقیقه هم برای وصل و قطع اتوبوس به شارژر) و فرض دیگر این باشد که به منظور تسهیل در حرکت ناوگان اتوبوس‌رانی، هر اتوبوس به محض ورود به پایانه وارد ایستگاه شارژ شود خواهیم داشت. با توجه مدت زمان ۱۰۰ ثانیه فاصله اتوبوس‌ها تعداد شارژرها در هر پایانه برابر است با:

$$۱۰\times۶۰\div۱۰۰ \approx \text{۶ عدد} \qquad (۱۷)$$

بنابراین در این حالت به ۶ شارژر سریع در هر پایانه و در مجموع به ۱۲ شارژر نیاز است.

هزینه زیرساخت شامل دو بخش هزینه اولیه و هزینه سالیانه تعمیر و نگهداری می‌گردد. هزینه اولیه توسط رابطه (۱) به هزینه سالیانه تبدیل می‌شود و با هزینه سالیانه تعمیر و نگهداری جمع می‌شود. همانطور که پیشتر اشاره شد این هزینه‌ها برای یک ناوگان ۸۵ دستگاه اتوبوس است که هر کدام سالیانه ۴۵۰۰۰ کیلومتر طی می‌کنند. لذا می‌توان این هزینه‌ها را با توجه عمر ناوگان برحسب کیلومتر پیمایش یک اتوبوس نرمالیزه نمود.

هزینه اولیه زیرساخت اتوبوس‌های با سوخت فسیلی شامل مواردی نظیر: زمین، مخازن، تاسیسات و پمپ‌های دیزل و یا کمپرسور و نازل‌های CNG است. هزینه زیرساخت اتوبوس‌های ترولی شامل هزینه‌های توسعه زیر ساخت است و همچنین هزینه اتوبوس‌های برقی شامل هزینه‌های زمین و تاسیسات، شارژرها و همچنین هزینه تاسیسات الکتریکی برای زیر ساخت اتوبوس‌ها خواهد بود. طبق استعلامی که از مرکز توسعه فناوری خودروهای برقی انجام گرفت میزان هزینه برای توسعه زیر ساخت برق اتوبوس‌ها برابر ۱۰۰۰ $/KW در نظر گرفته شده است. هزینه‌های مربوط به زیرساخت اتوبوس‌های مختلف در **جدول ۱۰-۴** بیان شده است.

جدول ۱۰-۴- جدول محاسبات هزینه زیرساخت اتوبوس‌ها برای ناوگاه ۸۵ اتوبوسی

		دیزلی	هیبریدی		تمام برقی			گاز طبیعی فشرده CNG
			سری	موازی	شارژ شبانه	شارژ بین راهی	ترولی	
سرمایه گذاری اولیه ناوگان (میلیارد تومان)		۱۰	۱۰	۱۰	۶۱	۵۹/۲	۱۷۱/۸	۲۰
خرج سالیانه	سرمایه گذاری اولیه ناوگان (میلیارد تومان در سال)	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۴/۹	۴/۷	۱۳/۷۸	۱/۶
	نگهداری زیرساخت ناوگان (میلیارد تومان در سال)	۱	۱	۱	۰/۹۳	۰/۹۴	۸/۶	۱/۶۳
هزینه زیرساخت بر حسب پیمایش هر اتوبوس (هزار تومان بر کیلومتر)		۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۷	۲/۱	۲	۵/۸۵	۰/۸۴

۱۰ ۱ ۷ هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلاینده‌های هوا

اثر آلاینده‌ها و هزینه‌ای که آنها برای دستگاه‌های حکومتی و مردم ایجاد می‌کنند با شاخصی به نام هزینه‌های اجتماعی مورد بررسی قرار گرفته است. این هزینه ها شامل هزینه‌های درمان بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا و مرگ و میر افراد می‌باشد[۱۰۳, ۱۲۷-۱۳۰].

در جدول ۹-۲۵ میزان انتشار آلودگی ناشی از تولید kwh ۱ برق در نیروگاه‌های داخلی نشان داد شد. همچنین در جدول ۹-۲۴ میزان انتشار آلاینده های مختلف ناشی از فعالیت هر کدام از انواع پیشرانه‌های با سوخت فسیلی (دیزل، هیبرید و CNG) ارائه شد. به منظور تخمین هزینه‌های اجتماعی این آلاینده ها می‌بایست تاثیر هر کدام از آنها بر سلامت افراد مطالعه شود. متاسفانه در کشور ما مطالعه جامع و دقیق در این حوزه انجام نگرفته است که شاید می توان تنها مطالعه انجام گرفته را در[۹۰] دانست که میزان هزینه اجتماعی آلودگی ذرات معلق در تهران مورد بررسی قرار گرفته است.

به منظور مطالعه هزینه اجتماعی آلاینده‌های نیروگاهی، که به دلیل اینکه بیرون از شهرها قرار دارند دارای هزینه اجتماعی کمتری نسبت به آلودگی درون شهری هستند، از اطلاعات ترازنامه انرژی[۹۳] که توسط وزارت نیرو ارایه شده است استفاده می‌شود. بنابراین در جدول ۱۰-۵ میزان آلاینده‌ها به همراه هزینه‌های اجتماعی تولید kwh ۱ برق

نشان داده است. همانطور که در جدول ۱۰-۵ مشاهده می‌شود، هزینه اجتماعی به ازای هر کیلو وات ساعت حدود ۴۵۰ تومان خواهد بود.

جدول ۱۰-۵ - هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌های مختلف برای تولید یک کیلو وات ساعت برق

نوع آلاینده	NOx	SO_2	CO	SPM	CO_2	CH_4	N_2O
میزان آلایندگی به ازای (گرم بر کیلووات ساعت)	۲/۸۳	۱/۶۶	۰/۶۲	۰/۱۱	۶۶۰/۶	۰/۰۲	≈۰
هزینه اجتماعی (هزار تومان بر کیلوگرم)	۸۱/۵	۲۱/۱۴	۹/۹۱	۴۶/۲۵	۰/۲۶	۲/۶۴	۴۵/۸۱
هزینه اجتماعی (هزار تومان بر کیلووات ساعت)	۰/۲۳	۰/۰۳	۰/۰۱	≈۰	۰/۱۷	≈۰	≈۰
هزینه کل اجتماعی (هزار تومان بر کیلووات ساعت)	۰/۴۵						

به منظور مطالعه هزینه اجتماعی، بدلیل نبود اطلاعات داخلی از اطلاعات [۷۴] که نتیجه بررسی منابع مختلف است استفاده شده است. فقط همانطور که اشاره شد در مطالعه ای که درباره میزان آلایندگی PM و هزینه اجتماعی آن در تهران توسط سازمان بهداشت جهانی انجام گرفته هزینه اجتماعی ناشی از ۸/۶ هزار تن سالانه آلاینده PM برابر ۲/۶ میلیارد دلار در نظر گرفته شده است[۹۰]. از اینرو میزان هزینه اجتماعی آلاینده PM برحسب گرم بصورت زیر در نظر گرفته شد:

۳۰۲۰ تومان/گرم=۰/۳۰۲ دلار/گرم = ۸/۶ هزار تن ÷۲/۶ میلیارد دلار (۱۸)

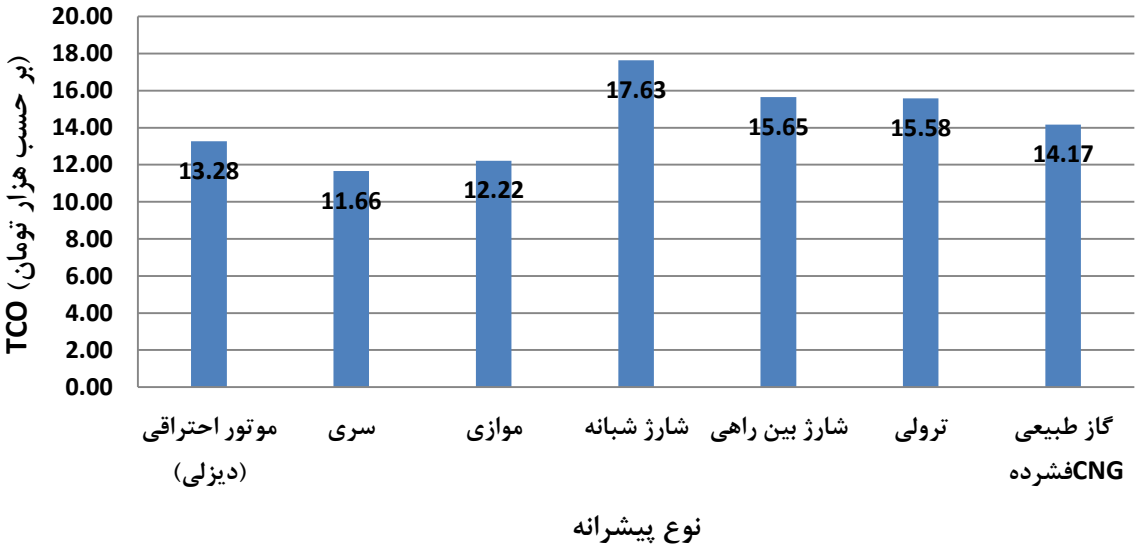
جدول ۱۰-۶- هزینه‌های اجتماعی آلاینده‌های مختلف برای سایر اتوبوس‌ها

نوع آلاینده	CO	مقدار آلاینده (بر حسب گرم در کیلومتر پیمایش)	۲/۵	۰/۶۲۳	۸/۵	
	NOx		۱۱/۲	۹/۶	۱۵	
	PM		۰/۳۵۸	۰/۰۳۵	۰/۰۲۸	
	HC		۰/۰۷۴	۴/۷	۱۳/۹	
	CO2		۱۰۷۵	۷۹۶	۱۰۹۲	
	SOx		۳/۶	۰	۵/۲	
هزینه اجتماعی	نوع آلاینده	هزینه اجتماعی واحد آلاینده (هزار تومان در کیلوگرم)				
	CO	۰/۹۷	هزینه اجتماعی (برحسب هزار تومان در کیلومتر پیمایش)	≈ ۰	≈ ۰	≈ ۰
	NOx	۱۷۲/۵		۱/۹۳	۱/۶۶	۲/۵۹
	PM	۳۰۲۰		۱/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۸
	HC	۱۹		≈ ۰	۰/۰۹	۰/۲۶
	CO2	۰/۸		۰/۸۷	۰/۶۴	۰/۸۶
	SOx	۱۰۶/۶۱		۰/۳۸	≈ ۰	۰/۵۵
	هزینه کل (هزار تومان در کیلومتر پیمایش)			**۴/۲۶**	**۲/۴۹**	**۴/۳۷**

در نهایت جمع بندی هزینه‌های یک اتوبوس ۱۲ متری شهری از دیدگاه حاکمیت در جدول ۱۰-۷ بیان شده است. همانطور که پیش‌تر نیز اشاره شد، قیمت دلار برابر ۱۰۰۰۰ تومان در نظر گرفته شده است. هزینه کل مالیت در ستون آخر این جدول قرار داده شده است. مشاهده می‌شود که اتوبوس الکتریکی هیبرید سری دارای کمترین هزینه مالکیت است و در مقابل اتوبوس شارژ شبانه، بخاطر هزینه اولیه و هزینه نگهداری بالا بیشترین هزینه مالکیت را داراست. هزینه بقیه انواع اتوبوس در بین این دو نوع اتوبوس قرار دارد که می‌توان به ترتیب، در نمودار شکل ۱۰-۳ مشاهده نمود.

جدول ۱۰-۷- هزینه‌های یک اتوبوس ۱۲ متری (هزینه‌های حکومت)

نوع پیشرانه		قیمت پایه اتوبوس (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه نگهداری (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه سوخت (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه زیرساخت (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه اجتماعی (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه کل مالکیت (هزار تومان در کیلومتر)
موتور احتراقی دیزلی		۵/۰۱	۰/۵۳	۳	۰/۴۷	۴/۲۶	۱۳/۲۸
هیبرید الکتریکی	سری	۶/۱۲	۰/۳۳	۲/۲۵	۰/۴۷	۲/۴۹	۱۱/۶۶
	موازی	۶/۶۴	۰/۳۶	۲/۲۵	۰/۴۷	۲/۴۹	۱۲/۲۲
تمام برقی (باتری)	شارژ شبانه	۱۰/۰۳	۲/۷۶	۱/۹۱	۲/۰۸	۰/۸۶	۱۷/۶۳
	شارژ بین راهی	۹/۱	۱/۹۳	۱/۸	۲/۰۲	۰/۸۱	۱۵/۶۵
	ترولی	۶/۸۴	۰/۲۸	۱/۸	۵/۸۵	۰/۸۱	۱۵/۵۸
گاز طبیعی فشرده CNG		۵/۷۷	۰/۷۹	۱/۸	۰/۸۵	۴/۳۷	۱۳/۵۷



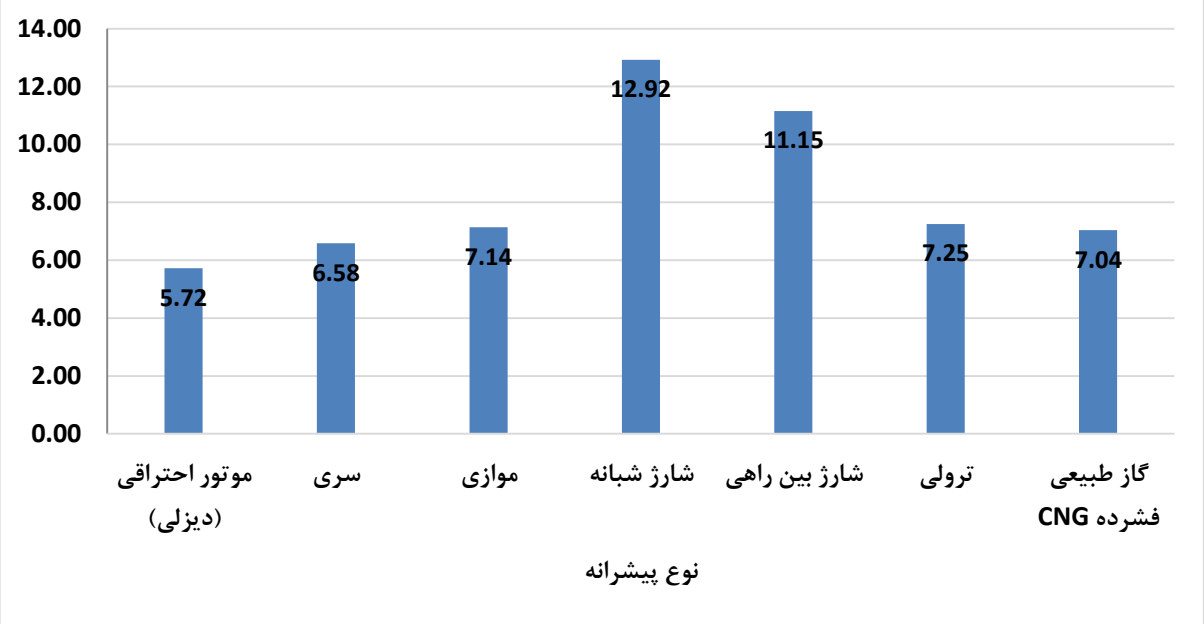
شکل ۱۰-۳- نمودار مقایسه هزینه کل مالکیت از دیدگاه حاکمیت

برای محاسبه هزینه کل مالکیت از دیدگاه مصرف کننده، هزینه‌های مربوط به زیرساخت و هزینه‌های اجتماعی، صفر در نظر گرفته می‌شوند. چرا که اگر فردی قصد خرید یک نوع اتوبوس نماید، این دو نوع هزینه را پرداخت نمی‌کند. همچنین بهای انرژی نیز مطابق با جدول ۱۰-۳ محاسبه می‌گردد.

هزینه‌های مربوط به خرید اتوبوس و هزینه نگهداری آن، مشابه مرحله قبل (یعنی از دیدگاه حاکمیت) می‌باشد. نهایتا، هزینه کل مالکیت از منظر مصرف کننده، مطابق جدول ۱۰-۸ محاسبه می‌گردد. ملاحظه می‌شود که در این سناریو، اتوبوس دیزلی کم هزینه ترین گزینه خواهد بود که دلیل آن سوخت بسیار ارزان و همچنین عدم پرداخت مستقیم هزینه‌های اجتماعی سوخت از سوی مصرف کننده است. در این سناریو، گران‌ترین اتوبوس، اتوبوس الکتریکی شارژ شبانه است که علت افزایش قیمت آن نسبت اتوبوس ترولی، عدم پرداخت هزینه ایجاد زیرساخت ترولی توسط شهروند خریدار است. نمودار شکل ۱۰-۴ هزینه‌های کل مالکیت را به ترتیب برای انواع اتوبوس‌های مختلف از دیدگاه مصرف کننده نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که از منظرمصرف کننده نیز، اتوبوس هیبریدی سری گزینه نسبتا مناسبی به نظر می‌رسد.

جدول ۱۰-۸- هزینه‌های یک اتوبوس ۱۲ متری (هزینه‌های مصرف کننده)

نوع پیشرانه		قیمت پایه اتوبوس (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه نگهداری (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه سوخت (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه زیرساخت (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه اجتماعی (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه کل مالکیت (هزار تومان در کیلومتر)
موتور احتراقی دیزلی		۵/۰۱	۰/۵۳	۰/۱۸	۰	۰	**۵/۷۲**
هیبرید الکتریکی	سری	۶/۱۲	۰/۳۳	۰/۱۴	۰	۰	**۶/۵۸**
	موازی	۶/۶۴	۰/۳۶	۰/۱۴	۰	۰	**۷/۱۴**
تمام برقی (باتری)	شارژ شبانه	۱۰/۰۳	۲/۷۶	۰/۱۳	۰	۰	**۱۲/۹۲**
	شارژ بین راهی	۹/۱۰	۱/۹۳	۰/۱۳	۰	۰	**۱۱/۱۵**
	ترولی	۶/۸۴	۰/۲۸	۰/۱۳	۰	۰	**۷/۲۵**
گاز طبیعی فشرده CNG		۵/۷۷	۰/۷۹	۰/۳۶	۰	۰	**۶/۹۲**



شکل ۱۰-۴- نمودار مقایسه هزینه کل مالکیت از دیدگاه شهروندان

باید به این نکته توجه کرد که می‌توان با بومی‌سازی ادوات و زیرساخت اتوبوس‌های برقی هزینه تمام شده آن‌را تا حد قابل‌توجهی کاهش داد. طبق مطالعات انجام گرفته در مرکز موتورهای پیشرفته، با بومی سازی و داخلی سازی سیستم پیشرانه می‌توان هزینه تولید را تا حدود ۲۰٪ کاهش داد که با درنظر گرفتن همین میزان کاهش هزینه برای زیرساخت شارژ در صورت بومی سازی شارژرها می‌توان هزینه کل مالکیت را نیز کاهش داد. از طرفی باتری به عنوان یکی از عوامل افزایش هزینه اولیه اتوبوس مطرح است. طبق بررسی‌های انجام شده هزینه باتری سالانه با شیب قابل توجهی در حال کاهش است. همانطور که در شکل ۱۰-۵ نشان داده شده است، طبق بررسی های موسسه بلومبرگ از سال ۲۰۱۸ تا سال ۲۰۳۰ شیب کاهشی ۱۸٪ را می‌توان برای مجموعه باتری متصور شد[۱۳۱]. با در نظر گرفتن قیمت کنونی ۲۵۰ $/kwh ، در انتهای سال ششم یعنی زمان تعویض باتری‌ها قیمت برآورد شده مجموعه باتری برابر ۹۳ دلار خواهد بود (در شکل نیز حدود ۹۴ دلار ذکر شده است). با درنظر ۷۰٪ از هزینه مجموعه باتری به عنوان هزینه سلول می‌توان قیمتی حدود ۷۰ $/kwh برای سلول‌های تعویض شده اتوبوس درنظر گرفت. بنابراین هزینه نگهداری ناشی از تعویض باتری در اتوبوس شارژ شبانه:

$$۳۸۰\,kwh \times ۷۰\$ = \text{۲۶۶۰۰ دلار} = \text{۲۶۶،۰۰۰،۰۰۰ تومان}$$

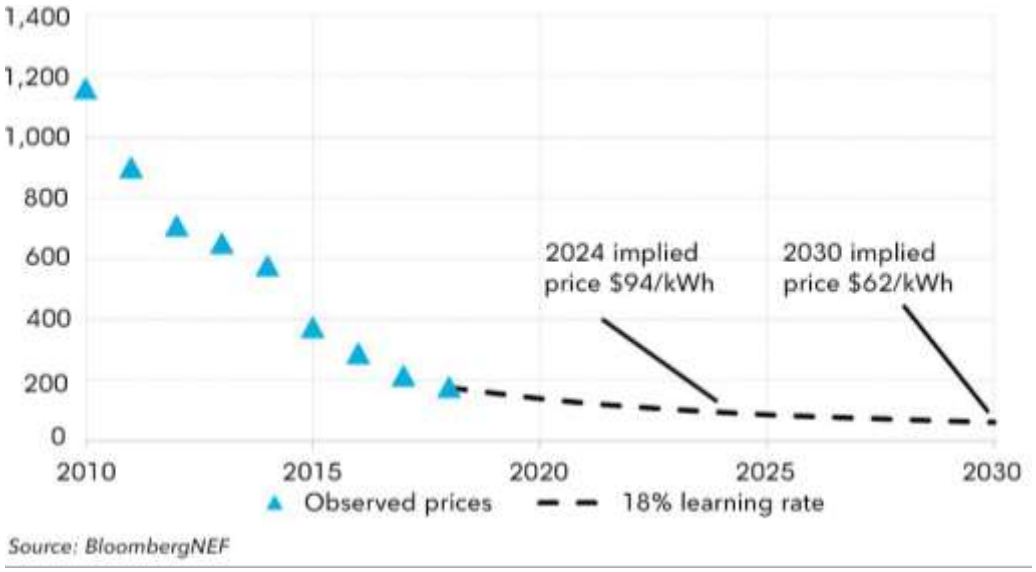
هزینه نگهداری ناشی از تعوض باتری در اتوبوس شارژ بین راهی در هر دوره تعویض:

$$۱۰۰\,kwh \times ۷۰\$ = \text{۷۰۰۰ دلار} = \text{۷۰،۰۰۰،۰۰۰ تومان}$$

خواهد بود.

با توجه به فرضیات فوق می‌توان هزینه یک اتوبوس ۱۲ متری شهری با انواع پیشرانه مختلف از دیدگاه حاکمیت را درطبق جدول ۱۰-۹ بازنویسی کرد.

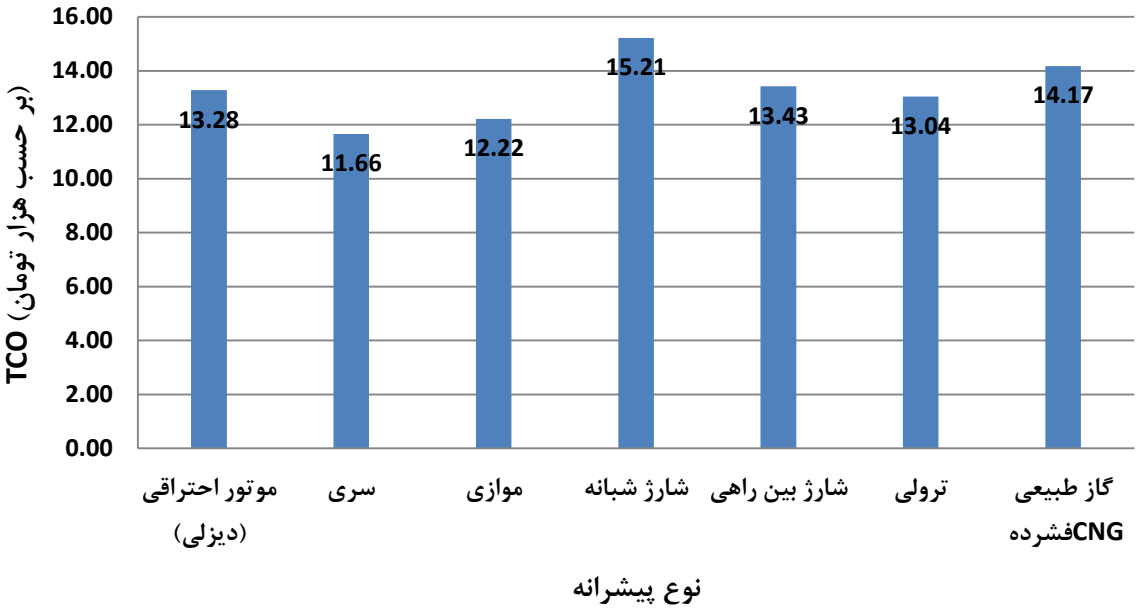
مشاهده می‌شود با فرض بومی سازی داخلی اتوبوس‌های برقی و همچنین پیش‌بینی کاهش هزینه باتری در طی سالیان آتی هزینه مالکیت اتوبوس‌های برقی قابل رقابت با دیگر انواع پیشرانه خواهد بود.



شکل ۱۰-۵- پیش بینی هزینه باتری لیتیومی توسط موسسه بلومبرگ[۱۳۱]

جدول ۱۰-۹- هزینه‌های یک اتوبوس ۱۲ متری (هزینه‌های حکومت) با فرض بومی سازی و پیش‌بینی کاهش هزینه باتری

نوع پیشرانه		قیمت پایه اتوبوس (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه نگهداری (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه سوخت (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه زیرساخت (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه اجتماعی (هزار تومان در کیلومتر)	هزینه کل مالکیت (هزار تومان در کیلومتر)
موتور احتراقی دیزلی		۵/۰۱	۰/۵۳	۳	۰/۴۷	۴/۲۶	**۱۳/۲۸**
هیبرید الکتریکی	سری	۶/۱۲	۰/۳۳	۲/۲۵	۰/۴۷	۲/۴۹	**۱۱/۶۶**
	موازی	۶/۶۴	۰/۳۶	۲/۲۵	۰/۴۷	۲/۴۹	**۱۲/۲۲**
تمام برقی (باتری)	شارژ شبانه	۸/۰۲	۲/۷۶	۱/۹۱	۱/۶۶	۰/۸۶	**۱۵/۲۱**
	شارژ بین راهی	۷/۲۸	۱/۹۳	۱/۸	۱/۶۱	۰/۸۱	**۱۳/۴۳**
	ترولی	۵/۴۸	۰/۲۸	۱/۸	۴/۶۸	۰/۸۱	**۱۳/۰۴**
گاز طبیعی فشرده CNG		۵/۷۷	۰/۷۹	۱/۸	۰/۸۵	۴/۳۷	**۱۳/۵۷**



شکل ۱۰-۶- نمودار مقایسه هزینه کل مالکیت از دیدگاه حاکمیت با فرض بومی سازی و پیش‌بینی کاهش هزینه باتری

۱۰ ۲ نتیجه‌گیری

در این بخش به مطالعه اقتصادی انواع پیشرانه‌های با سوخت فسیلی (دیزل و CNG)، هیبریدی و همچنین الکتریکی پرداخته شد. در این گزارش، معیار بررسی اقتصادی استخراج شاخص کل مالکیت (TCO) برحسب کیلومتر به ازای هر کدام از پیشرانه‌ها خواهد بود که در این بخش مورد بررسی قرار گرفت.

در این پژوهش، دو سناریو برای محاسبه هزینه کل مالکیت مدنظر قرار گرفته شد. سناریو اول، محاسبه از دیدگاه حاکمیتی و سناریوی دوم، محاسبه از دیدگاه مصرف کننده است. در سناریو اول (حاکمیتی) مشاهده شد که اتوبوس الکتریکی هیبرید سری دارای کمترین هزینه مالکیت است و در مقابل اتوبوس شارژ شبانه، بخاطر هزینه اولیه و هزینه نگهداری بالا بیشترین هزینه مالکیت را داراست (جدول ۱۰-۷).

همچنین در سناریو دوم (مصرف کننده) مشاهده شد که اتوبوس دیزلی کم هزینه‌ترین گزینه خواهد بود که دلیل آن سوخت بسیار ارزان و همچنین عدم پرداخت مستقیم هزینه‌های اجتماعی سوخت از سوی مصرف کننده است. در این سناریو، گران‌ترین اتوبوس، اتوبوس الکتریکی شارژ شبانه است که علت افزایش قیمت آن نسبت اتوبوس ترولی، عدم پرداخت هزینه ایجاد زیرساخت ترولی توسط شهروند خریدار است(مطابق جدول ۱۰-۸).

در انتها مشاهده شد با فرض بومی سازی داخلی اتوبوس‌های برقی و همچنین پیش‌بینی کاهش هزینه باتری در طی سالیان آتی هزینه مالکیت اتوبوس‌های برقی قابل رقابت با دیگر انواع پیشرانه خواهد بود.

فصل ۱۱ بررسی دانش فنی و امکان سنجی بومی سازی تولید موتورهای الکتریکی مورداستفاده در سیستم پیشرانه اتوبوس‌های هیبریدی و برقی داخل کشور

در این مرحله از پژوهش به بررسی دانش فنی و امکان سنجی بومی سازی تولید موتورهای الکتریکی مورد استفاده در سیستم پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته می شود. به منظور مطالعه دانش فنی و بومی سازی در وهله اول نیاز است تا به بررسی فناوری های مختلف موتورهای الکتریکی مورد استفاده در پیشرانه انواع اتوبوس برقی و هیبریدی پرداخته شود تا ضمن رصد فناوری های روز و تجاری دنیا شناختی نسبت به معیارهای لازم جهت بومی سازی حاصل شود. پس از شناسایی فناوری روز دنیا در حوزه موتور الکتریکی پیشرانه اتوبوس برقی و هیبریدی در وهله دوم می بایست به برسسی شرایط و زیر ساخت صنعتی داخل کشور پرداخت و بستر توسعه این فناوری را مورد بررسی قرار داد.

بنابراین در این مرحله از گزارش و در بخش اول به بررسی و مطالعه و همچنین مقایسه انواع موتورهای الکتریکی کششی در کاربرد اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرد اخته می شود.

پس از شناخت فناوری روز دنیا در حوزه موتورهای الکتریکی تجاری و قابل پیاده سازی در سیستم پیشرانه اتوبوس برقی، در بخش دوم به بررسی فعالیت‌های شرکت های داخلی مرتبط با صنعت موتور الکتریکی و سیستم محرکه آن و همچنین امکان بومی سازی آن پرداخته خواهد شد.

۲ ۱۱ بررسی و مقایسه انواع موتورهای الکتریکی کششی در کاربرد اتوبوس‌های برقی و هیبریدی

اولین گام جهت امکان‌سنجی و توسعه داخلی دانش فنی موتورهای الکتریکی مورداستفاده در خودروهای برقی و هیبریدی شناخت دقیق و مناسب از انواع آن در پیشرانه‌های مختلف است. بدین منظور در این بخش از گزارش به بررسی فناوری انواع موتورهای الکتریکی کششی در کاربرد خودروهای برقی و هیبریدی و به‌طور خاص اتوبوس‌های درون‌شهری برقی هیبریدی پرداخته شده است. پس از شناخت و آگاهی از فناوری‌های موجود و آینده، در بخش بعد به بررسی و امکان‌سنجی بومی‌سازی آن‌ها پرداخته می‌شود.

۱ ۲ ۱۱ مقدمه

موتورهای الکتریکی در انواع کاربردها نظیر: کاربردهای صنعتی، مسکونی و حمل‌ونقل و .. مورد استفاده قرار می‌گیرند. در کاربردهای حمل‌ونقل از موتورهای الکتریکی به‌عنوان کشنده خودرو استفاده می‌شود. به همین دلیل از موتورهای الکتریکی مورداستفاده در این حوزه به‌عنوان موتورهای کششی[1] (تراکشن) نام برده می‌شود. در یک خودرو الکتریکی و یا هیبریدی موتور کششی الکتریکی درون سیستم پیشرانه قرار گرفته، بنابراین با توجه به نوع عملکرد و شرایط کاری خودرو، همواره این نوع موتورها دارای ویژگی های مخصوص به خود در مقایسه با موتورهای الکتریکی معمولی هستند. از اینرو در ابتدا و قبل از معرفی انواع موتورهای کششی الکتریکی مورداستفاده در پیشرانه‌های خودروهای برقی و هیبریدی و به‌طور خاص اتوبوس‌ها (برقی و هیبریدی) به معرفی این ویژگی ها پرداخته می شود.

از ویژگی‌های ایده‌آل برای یک موتورالکتریکی کششی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد[۱۳۲]:

- بازدهی بالا در سرعت‌های مختلف بخصوص در مواقع بازیابی انرژی ترمزی.
- داشتن چگالی گشتاور و توان بالا.
- گشتاور بالا در سرعت‌های کم برای شروع حرکت، شتاب گرفتن و بالا رفتن از سطوح شیب‌دار.
- توان بالا برای حرکت کردن در سرعت‌های بالا.
- داشتن توان ثابت در محدوده وسیعی از سرعت‌ها (CPSR[2]).
- پاسخ سریع دینامیکی.
- قابلیت کارکرد در شرایط سخت به عنوان مثال: حرکت و توقف‌های پی‌درپی.
- قابلیت کارکرد در شرایط سخت محیطی مانند گرد و خاک، آب، سرما و دمای بالا.
- توانایی اضافه بار متناوب (تا دو برابر توان نامی).
- کارکرد مناسب در فرکانس پایین.
- بالا بودن سختی و استحکام.

[1] Traction motor

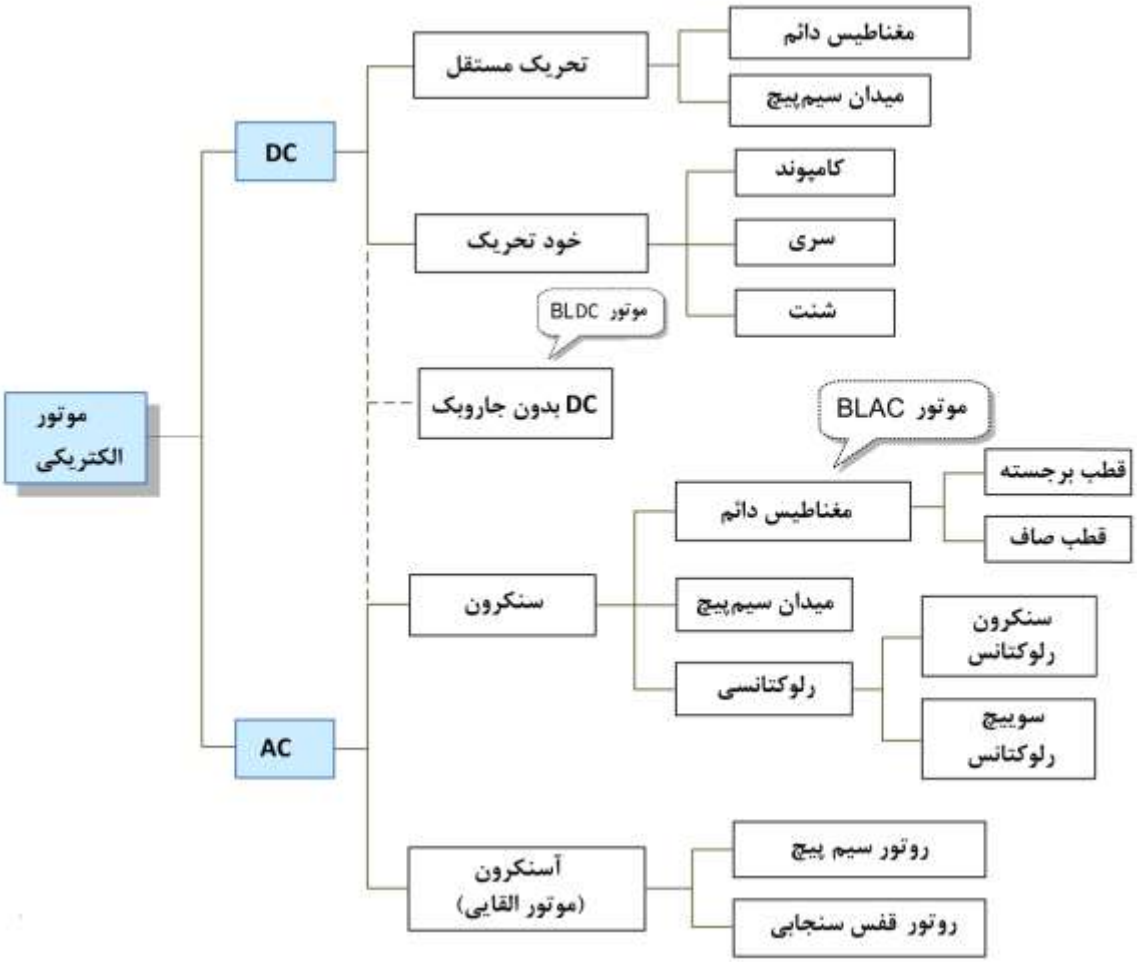
[2] Constant-Power Speed Ratio

- تحمل خطا و ایمنی بالا.
- نویز پایین صوتی و لرزشی.
- قیمت پایین.
- عدم نیاز به تجهیزات خنک‌سازی.

ویژگی‌ها فوق موجب تفاوت این موتورها با موتورهای الکتریکی معمولی می‌شود. هر کدام از معیارهای فوق با توجه به عملکرد خاص موتور الکتریکی در کاربرد کششی خودرو مطرح شده که می تواند در کاربردهای غیر کششی وجود نداشته باشد.

در سال ۱۹۰۰ فقط دو نوع موتور الکتریکی جریان مستقیم (DC) با جاروبک و موتور القایی وجود داشت، ولی طی دهه های بعد با توسعه فناوری موتورهای الکتریکی و به منظور بهبود عملکرد و بازدهی، انواع مختلف دیگری از موتورهای الکتریکی طراحی و تولید شد [۱۳۳].

در شکل ۱۱-۱ دسته‌بندی کلی از انواع موتورهای الکتریکی، براساس تغذیه و سیستم کارکرد آن‌ها نشان داده شده است[۱۳۴]. در این دسته‌بندی، موتورها به دو دسته کلی جریان مستقیم (DC) و جریان متناوب (AC) تقسیم بندی می‌شوند که هر کدام از این انواع موتورها نیز براساس ساختار به زیر شاخه‌های دیگری تقسیم می‌شوند.



شکل ۱۱-۱: دسته‌بندی انواع موتورها براساس نوع تغذیه و ساختار روتور

در ادامه به بررسی موتورهای مناسب جهت کاربرد کششی خودرو و به‌طور خاص اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته خواهد شد و معایب و مزایای هر کدام از آنها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱۱ ۲ ۲ ماشین DC

به صورت سنتی موتورهای DC جاروبک‌دار با نام موتور DC شناخته می‌شوند. بسته به ارتباط سیم‌پیچ میدان و آرمیچر چهار نوع از موتور DC دارای سیم‌پیچ میدان وجود دارند:

- تحریک جداگانه
- تحریک موازی
- تحریک سری
- تحریک کمپوند

در گذشته و در طی سالیان سال از موتورهای DC به عنوان گزینه اصلی سیستم های پیشرانه خودروهای سبک و سنگین برقی و به‌طور خاص اتوبوس‌های برقی استفاده می شد که می توان به‌طور مثال همانطور که در گزارش مرحله دوم به‌طور کامل اشاره شد به موتورهای DC مورداستفاده در اتوبوس‌های مسیر میدان امام حسین تا شهدا اشاره کرد. یکی از قابلیب های منحصر به فرد موتورهای DC و به‌طور خاص در نوع سری، مشخصه گشتاور به سرعت این نوع موتور است. این موتور می تواند در سرعت های کم گشتاور بالایی ایجاد کند که خود یکی از معیارهای مطلوب موتورهای کششی محسوب می شود[۱۳۳].

اصول کنترل موتور DC به علت قرار گرفتن نیروی مغناطیسی میدان و آرمیچر در مقطع مستطیلی، ساده است. با این وجود، مشکل اصلی موتورهای DC، به دلیل کموتاتورها و جاروبک‌های آن‌ها، باعث می‌شود که آن‌ها دارای قابلیت اعتماد کم و برای عملیات تعمیر و نگهداری و سرعت بالا نامناسب باشند. علاوه بر این، موتورهای DC دارای چگالی توان کمی هستند.

با توجه به معایب موتورهای DC با جاروبک، امروزه ، برخلاف گذشته ، از این نوع موتورها در سیستم پیشرانه خودروهای برقی مدرن استفاده نمی شود. موتور های سنکرون مغناطیس دایم و موتورهای القایی را می توان به عنوان دو گزینه اصلی موتورهای DC در پیشرانه‌های نوین دانست.

۱۱ ۲ ۳ ماشین سنکرون آهنربای دائم نوع جریان متناوب (PMSM[1])

امروزه، در اکثر خودروهای هیبرید و برقی سواری سبک از موتورهای سنکرون آهنربا دائم (PMSM) به عنوان موتور الکتریکی در بخش رانشی استفاده می شود (جدول ۱۱-۱)[۱۳۵]. در اتوبوس‌های برقی و هیبریدی نیز در بسیاری از سیستمهای پیشرانه از موتور PMSM استفاده می شود و تقریبا در تمامی اتوبوس‌های هیبرید نوع سری از این نوع ماشین به عنوان ژنراتور در سیستم پیشرانه استفاده می شود. درجدول ۱۱-۲ و جدول ۱۱-۳ به معرفی چند نمونه پیشرانه اتوبوس برقی و هیبرید که در سیستم پیشرانه آن از موتور و یا ژنراتور PMSM استفاده می شود پرداخته شده است.

جدول ۱۱-۱: نوع موتور به‌کار رفته در خودروهای سواری سبک هیبرید و برقی شرکت‌های مختلف

شرکت خودروساز	تکنولوژی موتور الکتریکی مورداستفاده
Toyota	PMSM
Honda	PMSM & BLDC
GM	Induction & PMSM
Nissan	PMSM
Lexus	PMSM
Ford	PMSM
Mazda	PMSM
BMW	PMSM
Hyundai	PMSM

[1] permanent magnet synchronous motor

Tesla	Induction & PMSM
Peugeot	PMSM

جدول ۱۱-۲: موتورهای سنکرون آهنربا دایم بکار رفته در انواع پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی [۱۳۶, ۱۳۷]

نام تولید کننده پیشرانه اتوبوس	نام پیشرانه	نوع پیشرانه	توان دایمی موتور (kW)	توان حداکثر (kW)
VOLVO	VOLVO 7700	موازی	67	120
VOLVO	VOLVO 7900	موازی	۷۰	120
UQM Technologies[137]	UQM Technologies	سری	۱۱۵	۲۰۰

جدول ۱۱-۳: ژنراتورهای سنکرون آهنربا دایم بکار رفته در انواع پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی

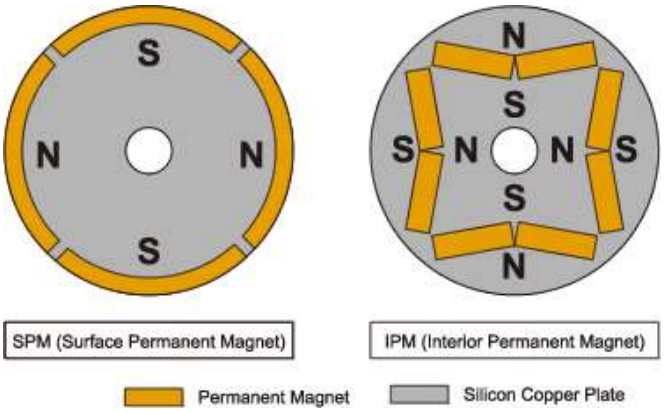
نام تولید کننده پیشرانه اتوبوس	نام پیشرانه	نوع پیشرانه	توان ژنراتور (Kw)	سری ساخت پیشرانه
BAE Systems	DDTM	سری	۱۴۵	
Simens	ELPHA	سری	۸۵	Generator 1FV5139-6WS28
Simens	ELPHA	سری	۲۰۰	PEM-Motor 1DB2022 – WS36
Simens	ELPHA	سری	۱۶۰	PEM-Motor 1DB2016 – WS54
Simens	ELPHA	سری	۳۲۰	PEM-Motor 1DB2024 – WS36
BAE Systems	BAE Systems	سری	۱۶۰	

در تمام انواع موتورهای PMSM، آهنرباهای تعبیه شده در موتور، به طور مداوم یک شار میدان مغناطیسی را تولید و به فاصله هوایی ماشین انتقال می‌دهند. تولید شار مغناطیسی و انتقال آن به فاصله هوایی ماشین یکی از پیش‌نیازهای اصلی تولید گشتاور در هر نوع موتور الکتریکی است. در این نوع موتور، میدان بدون نیاز به جریان تحریک توسط یک منبع انرژی الکتریکی خارجی (به عنوان مثال باتری)، تولید شده که موجب صرفه جویی در انرژی و کاهش تولید گرما در داخل ماشین می‌شود. این ویژگی ماشین‌های PM، به عنوان یک مزیت توسط طراحان ماشین مورداستفاده قرار گیرند. موتورهای سنکرون آهنربای دائم به دوسته کلی: ۱- موتور سنکرون که آهنربای آن داخل روتور تعبیه شده (IPM[1]) یا همان قطب برجسته ۲- موتور سنکرون که آهنربای آن بر روی سطح روتور جاسازی شده (SPM[2]) یا همان قطب صاف تقسیم بندی می شوند. در مقابل ماشین‌های IPM با توجه به تعبیه شدن آهنربا

[1] Interior permanent magnet

[2] Surface mounted permanent magnet

در داخل روتور از مقاومت و سختی بیشتری برخوردارند. علاوه بر این، تفاوت درون ذاتی بین اندوکتانس در راستای محور q و d در ماشین IPM موجب ایجاد گشتاور رلوکتانسی می‌شود. به این ترتیب، گشتاور کلی بیشتری در ناحیه تضعیف میدان مغناطیسی در سرعت‌های بالا، که برای کاربردهای کششی مناسب است، حاصل می‌شود. شکل ۱۱-۲ دو نوع موتور آهنربای دائم ذکر شده را نشان می‌دهد[۱۳۸].



شکل ۱۱-۲: انواع موتور PMSM

موتورهای IPM مزایای بسیار ارزشمندی را در اختیار طراحان قرار می‌دهند که باعث می‌شود گشتاور موتور در سرعت‌های مختلف برای مطابقت با نیازهای محرکه‌های موتورهای کششی مدرن سازگار باشد. علاوه بر این، موتورهای IPM فرصت‌های ارزشمندی برای کاهش میزان مواد مغناطیسی مورد نیاز را فراهم می‌کنند که در ادامه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. یکی از عوامل کلیدی که موجب گسترش موتورهای IPM شده این است که می‌توان بدون محدود کردن طراحان ساختارهای مختلفی از آن را طراحی کرد. طرح‌های موتور IPM با ویژگی‌های کلیدی که شامل جهت‌گیری آهنرباهای جاسازی شده در روتور، تعداد لایه‌های حفره‌های مغناطیسی[1] در هر قطب روتور که لزوما با مواد مغناطیسی پر نمی‌شوند، از هم متمایز می‌شوند.

۱۱ ۲ ۴ موتور سنکرون آهنربای دائم بدون جاروبک جریان مستقیم (PMBLDC[2])

موتورهای آهنربای دائم بدون جاروبک، دارای نیرو محرکه مغناطیسی (EMF) سینوسی و ذوزنقه‌ای هستند. از نقطه نظر کنترل، آنها را به دو دسته موتور جریان مستقیم بدون جاروبک (PM BLDC) و جریان متناوب بدون جاروبک (PM BLAC) تقسیم‌بندی می‌کنند. که نوع BLAC همان موتور PM سنکرون است که در قسمت قبل به

[1] Magnet cavity layers

[2] Permanent magnet brushless DC

آن اشاره شد. به طور کلی، شکل موج ذوزنقه‌ای EMF در BLDC یا شکل موج EMF سینوسی در BLAC برای رسیدن به تراکم گشتاور بالا و پالس گشتاور کم مورد نیاز است.

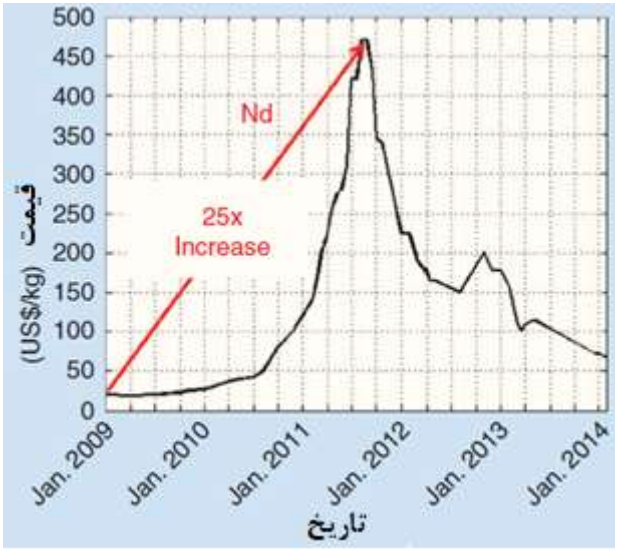
موتورهای PM BLDC توسط جریان متناوب مستطیلی AC تغذیه می‌شوند و از این رو موتورهای مغناطیس دائم بدون جاروبک تغذیه شده مستطیلی[1] نیز نامیده می‌شوند. مزیت مهم و محسوس این نوع موتور نسبت به موتور DC مرسوم، نبود جاروبک است که موجب حذف کامل مشکلات مربوط به جاروبک در موتور می‌شود. موتورهای BLDC دارای آهنربای پخش شده بر روی روتور و همچنین سیم‌پیچ متمرکز استاتور هستند که این ویژگی منجر به کاهش تلفات مسی در موتور می‌شود. بر خلاف موتورهای سنکرون IPM، این موتورها براساس موقعیت شفت روتور کنترل می‌شوندکه اخیرا روش‌های کنترل بدون حس‌گر آن به‌طور گسترده‌ای توسعه یافته است.

۱۱ ۲ ۵ مشکلات مربوط به آهنربا [۱۳۹]

به طور کلی، مزیت استفاده از موتورهای IPM همزمان با افزایش قدرت مغناطیسی آهنربا افزایش می‌یابد. امروزه یکی از عوامل کلیدی فن‌آوری موتورهای IPM در موتورهای کششی و بسیاری از کاربردهای دیگر، توسعه آهنرباهای نئودیمیوم آهن بور (NdFeB) است که در اوایل دهه ۱۹۸۰ تا به الان انجام گرفته است. اگرچه ماده مغناطیسی نئودیمیوم (Nd) را می توان در انواع مختلفی براساس توازن بین قدرت مغناطیسی، هزینه و قابلیت عملکرد تولید کرد، با این حال تقریبا تمام موتورهای کششی از نوع PM برای کاربردهای خودرو برقی از ماده مغناطیسی با بیشترین قدرت استفاده می‌کنند. Nd متعلق به خانواده عناصر نادر زمین[2] (RE) است و به میزان کمی در پوسته زمین یافت می‌شود. اما عوامل کلیدی دیگری نیز وجود دارد که امکان استفاده از آهنرباهای Nd را در موتورهای کششی خودروهای برقی دچار مشکل می‌کند. در وهله اول، تقریبا ۵۰٪ از ذخایر شناخته شده ماده Nd زمین در چین واقع شده است. چین با آگاهی از مزیت طبیعی آن در ذخایر Nd، توسعه صنعت مغناطیسی خود را به صورت چشمگیری افزایش داده که در ده سال اخیر بیش از ۹۰٪ تولید جهانی آهنربای Nd با قدرت بالا را کنترل کرده است. در سال ۲۰۱۱، به دلایل مختلف، از جمله افزایش سریع تقاضای بین المللی برای ماده Nd و تصویب مصوبه‌هایی مربوط به صنعت استخراج معادن در چین، قیمت فلز Nd به صورت چشمگیری افزایش یافت؛ به‌طوری که قیمت این ماده در اواسط سال ۲۰۱۱ بیش از ۲۰ برابر نسبت به قیمت پایه Nd آن در سال ۲۰۰۹ افزایش یافت (شکل ۱۱-۳). این افزایش چشمگیر قیمت موجب نارضایتی شدیدی در میان خریداران عمده Nd شد که می‌توان به بسیاری از تولیدکنندگان موتور الکتریکی کششی و تولیدکنندگان خودرو اشاره کرد. البته قیمت Nd پس از اواسط سال ۲۰۱۱ تقریبا به همان مقدار اولیه کاهش یافت.

[1] Rectangular-Fed PM Brushless Motors

[2] Rare-Earth



شکل ۱۱-۳: قیمت ماده مغناطیسی NdFeB در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴

پاسخ صنعت خودرو

علی‌رغم کاهش قیمت ماده Nd پس از سال ۲۰۱۱، بسیاری از خودروسازان برای جلوگیری از تکرار مشکلات افزایش قیمت مجدد این ماده، در پی راه‌کارهایی جهت جایگزینی این ماده ارزشمند شدند. این موضوع به نوبه خود موجب افزایش چشمگیری در پروژه‌های جدید تحقیق و توسعه در صنعت و دانشگاه‌ها شد تا راهکاری برای ساخت موتورهای کششی پیدا کنند؛ تا بدون استفاده از ماده آهنربایی Nd، عملکرد قابل مقایسه‌ای در برابر آن داشته باشند. این هدف به صورت قابل توجهی تبدیل به یک چالش شده و منجر به تولید انواع مختلف موتورهای جایگزین شد که در حال حاضر در مراحل مختلف توسعه آن‌ها هستند. مهم‌ترین موتورهای جایگزین عبارتند از: ۱) موتور سنکرون رلوکتانسی (SynR) ۲) موتور القایی و ۳) موتور سویچ رلوکتانسی (SR).

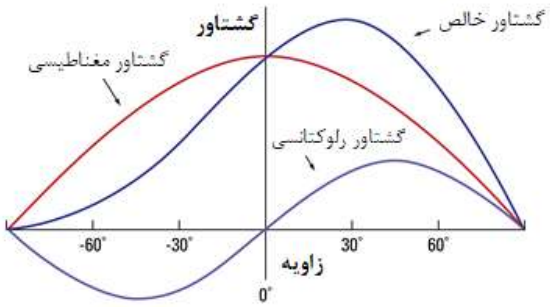
۱۱ ۲ ۶ تغییر طراحی موتور سنکرون آهنربای دائم

همان‌طور که در بالا ذکر شد، یکی از دو روش عمده برای کاهش وابستگی به ماده مغناطیسی نئودیمیوم در موتورهای کششی، توسعه موتورهای مدرن است که نیازی به مقدار شار مغناطیسی برای دستیابی به الزامات عملکرد مطلوب ندارند. یک رویکرد برای دستیابی به این هدف، استفاده از پارامترهای انعطاف‌پذیر طراحی است که موتورهای IPM برای طراحان در دسترس قرار می‌دهند. برای درک این انعطاف‌پذیری، توجه به این نکته مهم است که گشتاور کلی در موتور های IPM می‌تواند به دو مولفه متمایز نسبت داده شود. یکی از این دو مولفه که گشتاور مغناطیسی نامیده می‌شود، منتجه برآیند بین شار مغناطیسی تولید شده توسط آهنرباها و جریان‌های الکتریکی موجود در سیم-پیچ‌های استاتور است. این گشتاور مغناطیسی متناسب با دامنه چگالی شار مغناطیسی است، به طوری که ماده مغناطیسی قوی‌تر (مانند آهنرباهای نئودیمیوم ذوب شده) در یک روتور موتور IPM قادر به تحویل گشتاور مغناطیسی

بیشتری نسبت به یک ماده مغناطیسی ضعیف در یک روتور موتور است. در موتورهای IPM نسبت به نوع SPM، که آهنربا در سطح روتور تعبیه شده، یک گشتاور اضافی دیگری وجود دارد که مقدار آن ارتباطی به شدت ماده مغناطیسی به کار رفته در روتور نداشته که به آن گشتاور رلوکتانسی گفته می‌شود. معادله ۱۱-۱ رابطه کلی گشتاور یک موتور IPM که شامل گشتاور مغناطیسی (جمله اول مولفه سمت راست) و گشتاور رلوکتانسی (جمله دوم مولفه سمت راست) است را نشان می‌دهد.

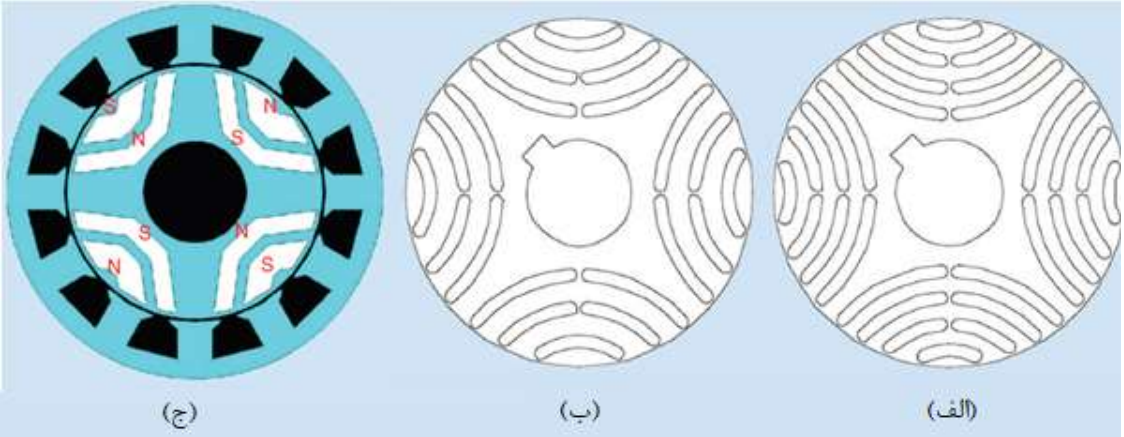
$$T_s = P_s\left(\varphi_m I_s \cos\beta + \frac{1}{2}\left(L_d - L_q\right) I_s^2 \sin 2\beta\right). \qquad ۱-۱۱$$

در رابطه فوق Is جریان سیم‌پیچ استاتور، Ld اندوکتانس در راستای محور d ، Lq اندوکتانس در راستای محور q و β زاویه جریان نسبت به محور q است. همچنین شکل ۱۱-۴ نمودار گشتاور منتجه، رلوکتانسی و مغناطیسی، را به ازای βهای مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۴: نمودار گشتاورهای مختلف موتور به ازای زوایای مختلف

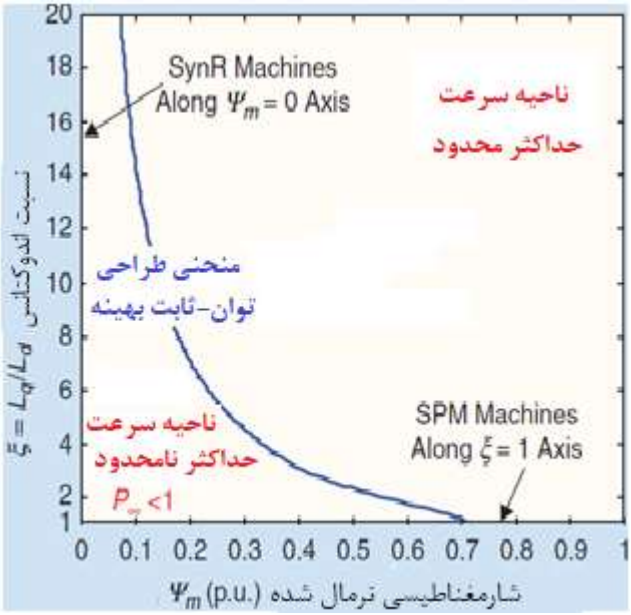
گشتاور رلوکتانسی به یک مکانیسم نیروی فیزیکی مرتبط است که به عنوان مثال باعث می‌شود یک سوزن فولادی بتواند خود را با یک میدان مغناطیسی که در آن احاطه شده است، هماهنگ کند. در نتیجه، حتی اگر تمام آهنرباهای روتور به صورت فیزیکی برداشته شوند یا کاملا مغناطیس‌زدایی شوند، گشتاور رلوکتانسی کماکان در یک موتور IPM تولید می‌شود. شناخت ذاتی تولید این نوع گشتاور در موتورهای IPM به طور طبیعی به تلاش برای طراحی موتورهای جدید IPM منجر می‌شود که به طور هدفمند از گشتاور رلوکتانسی تولید شده در آن‌ها به عنوان گشتاور غالب موتور استفاده شود تا بتوان از ماده مغناطیسی کمتری در آن‌ها استفاده کرد. یکی از راه‌های مستقیم و موثر برای رسیدن به این هدف، طراحی روتور با تعداد بیشتری از لایه‌های حفره مغناطیسی در هر قطب روتور جهت هدایت بیشتر مسیرهای جریان شار مغناطیسی روتور است. شکل ۱۱-۵ انواع موتورهای IPM به ازای تعداد لایه‌های حفره مغناطیسی در هر قطب روتور را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۵: انواع روتورهای IPM با تعداد مختلف حفره‌های مغناطیسی جهت افزایش گشتاور رلوکتانسی

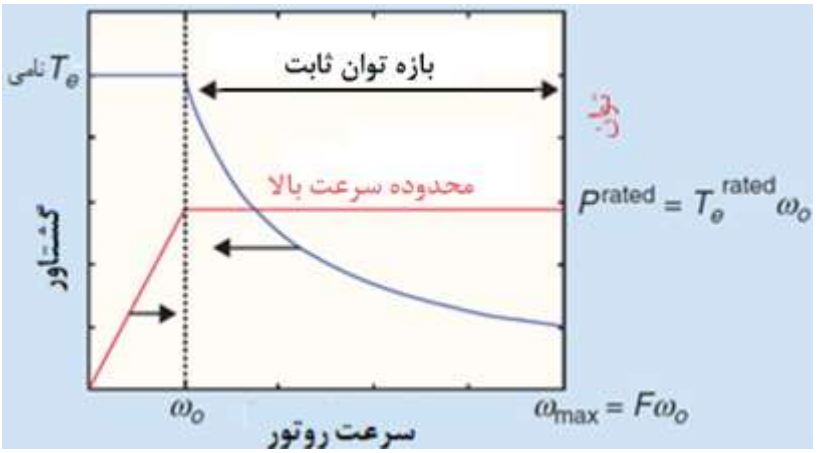
یکی از مهم‌ترین شاخصه این ناهمسان‌سازی مغناطیسی در موتور IPM تغییر در اندوکتانس اندازه‌گیری شده در جهت موازات حفره‌ها (حداکثر اندوکتانس) و سپس عمود بر حفره‌ها (حداقل اندوکتانس) است. نسبت حداکثر به حداقل اندوکتانس در موتور (Ld /Lq) به عنوان نسبت برجستگی[1] در موتور شناخته می‌شود که متناسب با گشتاور رلوکتانسی موتور است. در یک موتور IPM، برای یک گشتاور کلی (مجموع گشتاور مغناطیسی و رلوکتانسی) تعداد نامحدودی از ترکیبات گشتاور مغناطیسی و گشتاور رلوکتانسی می‌توان متصور شد که ترکیب هر کدام از آن‌ها به طراحی یک موتور IPM جدید منجر می‌شود. یک روش مفید برای تجسم این جداسازی گشتاور به دو جزء آن، استفاده از یک طرح دو بعدی است (شکل ۱۱-۶) که در آن محور افقی نشان دهنده شار پیوندی مغناطیسی (یک جایگزین برای گشتاور مغناطیسی) و محور عمودی نشان دهنده نسبت برجستگی اندوکتانس (یک جایگزین برای گشتاور رلوکتانسی) است.

[1] Saliency Ratio



شکل ۱۱-۶: نسبت میزان برجستگی موتور IPM

شکل ۱۱-۷ مشخصه گشتاور بر حسب سرعت موتورهای الکتریکی بکار رفته در کاربرد کششی را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، حداکثر گشتاور موتور در سرعت‌های پایین و از سرعت زاویه‌ای صفر تا ω_o قابل تامین است. همچنین از سرعت ω_o تا حداکثر سرعت موتور (F.ω0)، به دلیل محدودیت توانی، گشتاور قابل تامین توسط موتور کاهش یافته و توان قابل تامین ثابت می‌ماند. در اینجا F یک پارامتر بدون بعد و معروف به نسبت توان ثابت به سرعت (CPSR) است.



شکل ۱۱-۷: گشتاور موتور کششی و ویژگی‌های قدرت در مقابل سرعت مشخص کننده گشتاور ثابت و توان ثابت

مقادیر CPSR مورد نیاز در خودروهای برقی در محدوده وسیعی از مقدار ۳ برای برخی از وسایل نقلیه مسافری برقی سبک تا ۱۰ در برخی از کامیون‌ها و اتوبوس‌های سنگین و برای خودروهای برون جاده‌ای[1] (که نیاز به گشتاور بالا برای حرکت در سرعت‌های پایین و همچنین نیاز به قابلیت حرکت در سرعت بالا در بزرگ‌راه را دارند) است[۱۳۹]. آن دسته از طرح‌های موتور IPM که توانایی تامین گشتاور- سرعت مطابق با شکل ۱۱-۷ را دارند، به یک ناحیه نسبتا باریک به نام منحنی طراحی توان ثابت بهینه (OCPDC)[2] که در شکل ۱۱-۶ نشان داده شده، محدود می‌شوند. تحلیل دقیق منحنی OCPDC در شکل ۱۱-۶ نشان می‌دهد که برای طراحی موتور بهینه باید طراحی را روی این منحنی یا نزدیک آن انجام داد. به این معنی که طراح می‌تواند طراحی موتور را که در انتهای سمت راست منحنی قرار می‌گیرد، انتخاب کند که دارای یک شار مغناطیسی بالا و نسبت ضریب برجستگی برابر ۱ است. برای این مورد، تمام گشتاور موتور از طریق گشتاور مغناطیسی تامین می‌شود، که مطابق با موتور SPM خواهد بود که در آن آهنرباها روی سطح بیرونی روتور نصب می‌شوند. به همین ترتیب، طراح موتور می‌تواند با استفاده از روش‌های مختلفی که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد شار مغناطیسی را کاهش دهد. به منظور طراحی موتور در حد مطلوب منحنی OCPDC، این کاهش شار مغناطیسی باید همراه با افزایش در میزان نسبت برجستگی موتور باشد تا گشتاور رلوکتانسی جایگزین گشتاور مغناطیسی شود. افزایش گشتاور رلوکتانسی معمولا با افزایش تعداد لایه‌های حفره مغناطیسی در هر قطب انجام می‌شود که منجر به طراحی روتور موتور IPM دارای سه یا چند لایه حفره در هر قطب می‌شود. همچنین تعداد قابل توجهی از حفره‌های روتور شامل آهنرباهای کوچک‌تر است که حفره ها را پر نمی‌کنند و حتی برخی از حفره‌ها هیچ ماده مغناطیسی را ندارند.

روش‌های مختلفی توسط طراحان به عنوان کاهش وابستگی و یا حتی جایگزینی مواد مغناطیسی با کیفیت بالا ارائه شده است که می توان به موارد زیر اشاره کرد[۱۳۹]:

- استفاده از آهنرباهای قوی در حفره‌ها اما به مقدار کم
- استفاده از از مواد مغناطیسی با میزان کمتر نئودیمیوم، مانند آهنرباهای تزریقی یا فشرده‌سازی آهنربا که در آن‌ها از Nd کمتر استفاده می‌کنند.
- انتخاب یک ماده مغناطیسی کاملا متفاوت، مانند فریت، که به طور قابل توجهی از آهنرباهای شامل مواد Nd ارزان‌تر است.

امروزه، هر یک از این روش‌ها توسط محققان در صنعت و دانشگاه‌ها به طور جدی درحال ارزیابی و بررسی هستند.

[1] Off Road Vehicles

[2] Optimal Constant-Power Design Curve

نمونه جالبی از یک موتور IPM مبتنی بر فریت مغناطیسی که در کاربرد تولید خودرو استفاده می‌شود، یک موتور ۵۰ کیلوواتی است که در خودروی شرکت شورلت ولت، که یک خودروی هیبریدی محصول سال ۲۰۱۶ است، استفاده می‌شود. نمای کلی از بخش روتور این موتور در شکل ۱۱-۸ نشان شده است.



شکل ۱۱-۸: روتور موجود در موتور الکتریکی مورداستفاده در خودروی شرکت شورلت ولت دارای ماده فریت در حفره‌ها (فریت در این عکس نصب نشده است)

خلاصه‌ای از مزایا و معایب تغییر ساختار موتور سنکرون آهنربای دائم در جدول ۱۱-۴ ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول ۱۱-۴ مشاهده می‌شود، در کاربردهایی که نیاز به تراکم گشتاور یا قدرت بالایی است، جایگزینی گشتاور مغناطیسی با گشتاور رلوکتانسی باعث افزایش حجم موتور می‌شود.

جدول ۱۱-۴: مزایا و معایب تغییر طراحی موتور سنکرون آهنربای دائم

تغییر طراحی موتور سنکرون آهنربای دائم	
معایب	مزایا
کاهش چگالی گشتاور / توان موتور	کاهش عمده یا حذف کامل آهنربا
افزایش گشتاور رلوکتانسی باعث کاهش مقاومت مکانیکی روتور به دلیل لایه‌های حفره بیشتر و همچنین کاهش فاصله هوایی می‌شود.	با رعایت برخی از سازوکارها می‌تواند مزایای ویژه موتور PM معمولی از جمله چگالی بالا و بازده را حفظ کند.
جایگزینی آهنرباهای متخلخل با نئودیمیوم اغلب منجر به طراحی موتور-هایی می‌شود که در برابر مغناطیس زدایی آسیب‌پذیرتر هستند.	کاهش یا حذف آهنرباهای نئودیمیوم باعث افزایش مقاومت مغناطیسی و کاهش تلفات روتور می‌شود.
بسته به انتخاب مواد مغناطیسی، محدوده دمای کاری آن ممکن است ماکزیمم و مینمم محدوده کاری را کاهش دهد.	مدیریت مواد مغناطیسی ضعیف می‌تواند تولید را ارزان‌تر و الزامات مغناطیسی را آسان کند.

تحمل موتور در برابر خطای کامل دشوار است، زیرا ماده مغناطیسی نمی-تواند به طور کامل مغناطیس زدایی کند.	افزایش اندوکتانس القایی باعث می‌شود که دستگاه یک نامزد مناسب برای موتورهای بدون سنسور در سرعت های خیلی کم باشد.

۱۱ ۲ ۷ موتور سنکرون رلوکتانسی (SynR Machine) [۱۴۰]

در بخش قبل، تولید گشتاور در موتورهای IPM با ترکیبی از گشتاور مغناطیسی و گشتاور رلوکتانسی و طراحی موتور براساس این دو مولفه گشتاور توصیف شد. در جستجو برای راه‌های از بین بردن کامل آهنربا در موتورهای کششی، موتوری تحت نام SynR ارائه شد که همانند یک ماشین IPM است که در آن آهنربا به طور کامل حذف شده است. بنابراین (با توجه به اینکه گشتاور مغناطیسی صفر است) ماشین SynR براساس در قسمت سمت چپ نمودار و در طول محور عمودی قرار می‌گیرد. همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، افزایش تولید گشتاور رلوکتانسی به شدت به حداکثر رساندن نسبت برجستگی ماشین وابسته است، که به نوبه خود، طرح‌های روتور با تعداد زیادی لایه حفره در هر قطب همراه با فاصله هوایی کوچک را مورد توجه قرار می‌دهد. اگر چه ماشین SynR در برخی از کاربردهای صنعتی موفقیت تجاری محدودی در گذشته داشته است، اما به تازگی این ماشین برای اهداف عمومی و کاربردهای محرکه‌های موتور دارای سرعت قابل تنظیم (شکل ۱۱-۹) معرفی شده است. اگر چه ویژگی‌های عملکردی این نوع موتور برای رقابت با موتورهای القایی در کاربردهای صنعتی به اندازه کافی جذاب است، ولی کماکان چالش‌های قابل توجهی در کاربرد کششی دارد.



شکل ۱۱-۹:موتور SynR طراحی شده توسط ABB برای کاربردهای عمومی صنعت

یک مثال از چالش‌های ویژه‌ای که ماشین‌های SynR برای کاربردهای کششی دارند، محدودیت برای ارائه ناحیه وسیعی از عملکرد توان ثابت است. همان‌طور که قبلا در بخش قبل و در شکل ۱۱-۷ مورد بحث قرار گرفت، متاسفانه با توجه به شکل ۱۱-۶، محدوده طراحی‌های ماشین IPM که قادر به ارائه عملکرد بهینه توان ثابت هستند هرگز به

محور عمودی نمودار نمی‌رسد. این در حالی‌است که ماشین SynR تنها در محور عمودی این نمودار قرار می‌گیرد. مطابق با این دیدگاه، قاعده کلی طراحان درایو ماشین SynR این است که CPSR قابل دستیابی تقریبا نصف میزان نسبت اندوکتانس برجستگی است. با این‌که ماشین‌های SynR با استفاده از لایه‌های چند حفره در هر قطب به طور معمول به مقادیر نسبت برجستگی در محدوده ۶ تا ۸ می‌رسند، محدوده CPSR برای این ماشین‌ها در کاربردهای کششی به ۳ تا ۴ می‌رسد[۱۳۹]. این سقف CPSR، این ماشین‌ها را در مقایسه با ماشین‌های IPM درکاربردهای درخواستی که نیاز به CPSR برابر با پنج یا بالاتر دارند، در معرض محدودیت چشمگیری قرار می‌دهد. در جدول ۱۱-۵ به صورت کلی مزایا و معایب ماشین‌های SynR در کاربردهای کششی ارائه شده است. با توجه به جدول ۱۱-۵ روشن است که محدودیت مقدار نسبت برجستگی در طراحی‌های عملی ماشین SynR، رقابت آن‌ها را با دیگر ماشین‌ها در کاربرد کششی و بخصوص در کاربردهای سنگین نظیر اتوبوس‌های برقی محدود می‌کند. با این حال، اگر مهندسان موفق شوند راه‌های جدیدی برای افزایش نسبت برجستگی پیدا کنند، رقابت آن‌ها به صورت قابل ملاحظه‌ای بهبود خواهد یافت.

جدول ۱۱-۵: مزایا و معایب ماشین سنکرون رلوکتانسی

تغییر طراحی ماشین سنکرون آهنربای دائم	
معایب	مزایا
محدودیت در افزایش نسبت برجستگی و در نتیجه محدودیت در چگالی گشتاور در مقایسه با ماشین PM	حذف کامل آهنربا از روتور و حذف یکی از فاکتورهای پرهزینه ماشین
افزایش نسبت اندوکتانس برجستگی باعث کاهش مقاومت مکانیکی روتور به دلیل لایه‌های حفره بیشتر و همچنین کاهش فاصله هوایی می‌شود.	سادگی در ساختار روتور به دلیل عدم بکارگیری آهنربا یا هادی‌ها
ضعف طراحی در نسبت برجستگی بالا برای CPSR مورد نیاز در کاربرد کششی	کاهش تلفات روتور به دلیل عدم استفاده از آهنربا و هادی‌ها
افزایش نسبت برجستگی موجب کاهش ضریب توان و افزایش محدوده کاری توان اینورتر	افزایش اندوکتانس القایی باعث می‌شود که دستگاه یک نامزد مناسب برای اندازه گیری بدون سنسور موقعیت در سرعت های پایین باشند.
به طور کلی کاندیدای خوب برای طرح‌های با تعداد قطب بالا نیست، کاهش تقاضا برای کاربردهای محرکه مستقیم یا گشتاور بالا	عدم وجود آهنربا موجب عدم آسیب‌پذیری ماشین در هنگام اتصال کوتاه

۱۱ ۲ ۸ ماشین القایی (Induction Machine)

محبوب‌ترین نوع ماشین AC که به طور گسترده‌ای در کاربردهای مسکونی، تجاری و صنعتی استفاده می‌شود موتور القایی قفس سنجابی است. در سیستم پیشرانه اتوبوس‌های برقی نیز موتور های القایی دارای محبوبیت زیادی هستند. در جدول به معرفی انواع پیشرانه اتوبوس برقی که در آنها از موتور القایی استفاده می شود پرداخته شده است.

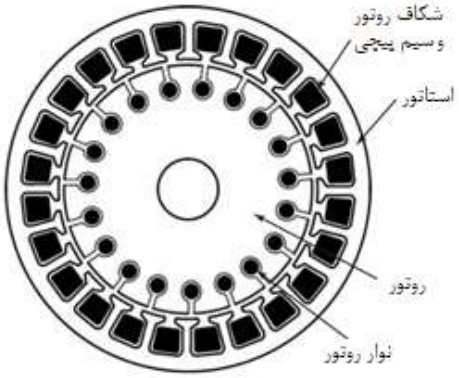
جدول ۱۱-۶: موتورهای القایی بکار رفته در انواع پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی[۱۴۱-۱۴۳]

نام تولید کننده پیشرانه اتوبوس	نام پیشرانه	نوع پیشرانه	توان دایمی موتور (Kw)	حداکثر توان موتور (Kw)	سری ساخت پیشرانه
BAE Systems	HDS200	سری	۱۶۰	۲۰۰	---
BAE Systems	HDS300	سری	۱۸۰	۲۳۰	---
BAE Systems	DDTM	سری	۱۲۰	۱۹۵	---
BAE Systems		پیل سوختی		۲۰۰	---
Simens	ELPHA	سری	۵۰	۱۰۵	Drive Motor 1PV5135-4WS18
Simens	ELPHA	سری	۶۷	۱۲۰	Drive Motor 1PV5135-4WS28
Simens	ELPHA	سری	۸۵	۱۵۰	Drive Motor 1PV5138-4WS24
Simens	ELPHA	سری	۷۰	۱۲۵	Drive Motor 1PV5138-4WS20
ISE	TB40-HD	سری	۱۷۰	۳۰۰	---
BAE Systems	HDS200	سری	۱۶۰	۲۰۰	---



شکل ۱۱-۱۰: موتور القایی بکار رفته در پیشرانه ELFA شرکت زیمنس[۱۴۲]

تقاضای گسترده بازار برای این ماشین را می‌توان به ترکیبی از عوامل، از جمله قابلیت‌های راه‌اندازی اولیه، استحکام و هزینه‌های کم برای کاربردهای عمومی نسبت داد. همان‌طور که در شکل ۱۱-۱۱ نشان داده شده است، ماشین القایی قفس سنجابی از یک استاتور با یک سیم‌پیچ سه فاز توزیع شده، بسیار شبیه به آنچه در هر دو دستگاه IPM و SynR یافت می‌شود استفاده می‌کند. ویژگی روتور ماشین القایی بدین صورت است که هادی‌هایی از جنس آلومینیوم در طول محور روتور قرار گرفته و در هر دو انتهای روتور به وسیله حلقه‌هایی به هم متصل شده‌اند.

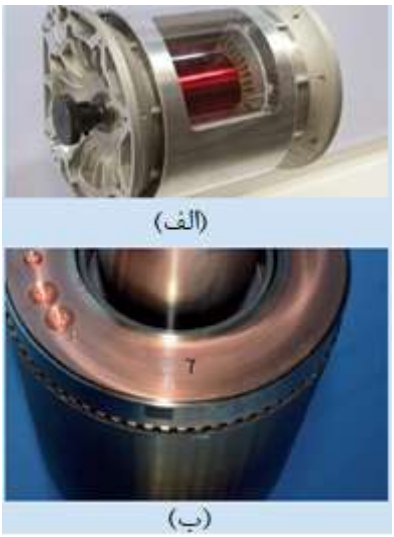


شکل ۱۱-۱۱: ماشین القایی به همراه سیم‌پیچی استاتور و روتور

گشتاور خروجی الکترومغناطیسی از برآیند جریانی که در میله‌های روتور ایجاد شده و همچنین همانند موتورهای IPM، شار مغناطیسی دوار میدان توسط جریان‌های الکتریکی در سیم‌پیچ سه‌فاز استاتور ایجاد می‌شود. در عین حال، شار مغناطیسی متغیر با زمان در روتور (که منجر به برقراری جریان در میله های روتور می شود) از تفاوت بین فرکانس زاویه‌ای میدان مغناطیسی استاتور و فرکانس زاویه‌ای مکانیکی روتور (که به عنوان فرکانس لغزش شناخته می‌شود) به وجود می‌آید.

در حقیقت ایجاد گشتاور مغناطیسی بدون نیاز به آهن‌ربا، ویژگی مطلوب ماشین‌های القایی است. ولی به دلیل نبود اهنربای دائم در موتور القایی، نیاز به جریان بیشتر در استاتور است تا بتوان شار مورد نیاز در روتور بوجود بیاید. این جریان اضافی، در روتور و استاتور باعث ایجاد تلفات مقاومتی بیشتر و در نتیجه منجر به کاهش راندمان موتور القایی نسبت به موتور IPM می شود. طراحان ماشین می‌توانند از میله‌های مسی با مقاومت کم در روتور ماشین قفس سنجابی به جای میله‌های آلومینیومی معمولی استفاده کنند، که این طرح نیز به نوبه خود باعث افزایش هزینه ماشین می‌شود. این ایده در موتورهای القایی مورداستفاده در سیستم پیشرانه خودروهای سواری شرکت Tesla بخوبی استفاده شده است(شکل ۱۱-۱۲). علاوه بر این، به منظور کاهش تلفات در شرایط کارکرد با گشتاور کم، بر خلاف ماشین‌های IPM، دامنه میدان مغناطیسی روتور را می‌توان با تنظیم جریان‌های استاتور کاهش داد. این ویژگی باعث کاهش جریان در سیم‌پیچ‌های روتور نیز خواهد شد. بنابراین، با در نظر گرفتن این ویژگی در طراحی و سیستم کنترلی ، ماشین‌های القایی می‌توانند برای کاربردهایی که نیاز به کارکرد سرعت بالا در بارهای سبک هستند استفاده شوند که این یک چالش در ماشین‌های IPM است.

جدا از کاربرد اتوبوس‌های برقی و هیبریدی، در ساختار لوکوموتیوها که معمولا از ماشین‌های القایی با رنج ۵۰۰ کیلو وات یا بالاتر استفاده می‌کنند از این نوع موتور استفاده می‌شود (شکل ۱۱-۱۳).



شکل ۱۱-۱۲: موتور القایی ۱۸۵ کیلووات گروه تسلا الف) نمای داخلی استاتور که با هوا خنک می‌شود ب) نمای عقب روتور برجسته حلقه پایان مس و میله های روتور.



شکل ۱۱-۱۳: یکی از موتورهای القایی به کار رفته در قطار برقی EMD SD70MAC

خلاصه ای از مزایا و معایب ماشین القایی برای کاربردهای کششی الکتریکی در جدول ۱۱-۷ ارائه شده است. همانطور که در جدول ۱۱-۷ نشان داده شده، این که مواد مغناطیسی کاملا از ماشین‌های القایی حذف شده‌اند، موجب صرفه‌جویی در هزینه به ویژه موجب عملکرد خوب در سرعت بالا می‌شود. همان‌طور که در مورد ماشین الکتریکی SynR که قبلا مورد بحث قرار گرفته شد، عدم وجود مواد مغناطیسی، CPSR قابل دستیابی ماشین را به مقادیری که معمولا کمتر از پنج است محدود می‌کند

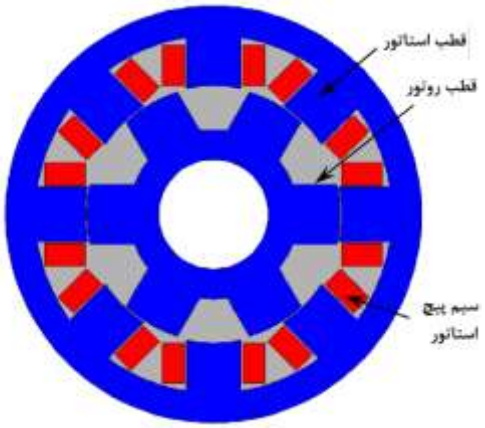
جدول ۱۱-۷: مزایا و معایب ماشین القایی

ماشین القایی	
معایب	مزایا
بالا رفتن تلفات روتور با افزایش گشتاور حتی در نبود تلفات آهن	حذف کامل آهنربا از روتور و حذف یکی از فاکتورهای پرهزینه ماشین
نیاز به فاصله هوایی کم برای به حداقل رساندن جریان راکتیو و به حداکثر رساندن بازده.	جایگزینی میله‌های مسی به جای آلومنیومی برای پایین آوردن تلفات
ماشین‌های القایی به طور کلی برای تعداد قطب‌های بالا مناسب نیستند و آنها را برای کاربردهای درایو مستقیم با سرعت پایین دچار محدودیت می‌کند.	راندمان چرخه درایو ماشین القایی طراحی شده به خوبی می‌تواند یک دستگاه IPM را در برخی از کاربردها به چالش بکشد.
دامنه سرعت ثابت محدودتر از ماشین‌های IPM، افزایش CPSR نیاز به کاهش رآکتور نشتی که منجر به تلفات بیشتر ناشی از افزایش PWM است.	قدرت میدان مغناطیسی در ماشین القایی را می‌توان از طریق جریان استاتور برای کاهش تلفات در شرایط کم باری کاهش داد که برای گشتاور کم در سرعت بالا بسیار با ارزش است.
نبود برجستگی در روتور باعث می‌شود که دستگاه نامزد خوبی برای شناسایی موقعیت روتور به‌طور خود حساسیت نباشد.	عدم وجود آهنربا موجب عدم آسیب‌پذیری ماشین در هنگام اتصال کوتاه

۱۱ ۲ ۹ ماشین سویچ رلوکتانسی[1] (SR) [104]

با وجود تشابه اسمی این ماشین به ماشین SynR، که قبلا مورد بحث قرار گرفته شد، عملکرد ماشین SR بسیار متفاوت از هر سه نوع دیگر ماشین‌های کششی مورد بحث تا اینجا است. در حالی که ماشین‌های IPM، SynR و القایی از جریان سینوسی سه فاز متوازن برای ایجاد شار مغناطیسی چرخشی در فاصله هوا استفاده می‌کنند، ماشین SR از پالس‌های تحریک مستطیلی برای تحریک سیم‌پیچ‌های فاز استاتور استفاده می‌کند. برخلاف استاتورهای سه ماشین دیگر، هسته استاتور SR دارای مشخصه‌های قطب‌های برجسته است و هسته روتور نیز دارای قطب‌های برجسته‌ای است (شکل ۱۱-۱۴).

[1] Switched reluctance



شکل ۱۱-۱۴: سطح مقطع یک ماشین SR

یکی از جذاب‌ترین ویژگی‌های ماشین SR این است که روتور آن نیازی به هیچ آهنربایی و یا میله‌های جریانی ندارد و تنها شامل یک پشته لایه لایه ورقه فولادی با قطب برجسته می‌باشد. این خود باعث می‌شود روتور ماشین SR ساده‌تر و قوی‌تر از ماشین‌های SynR باشد. سیم‌پیچ‌های استاتور دارای ساختار ساده‌ای نیز هستند که متشکل از سیم‌پیچ‌های حلقوی متمرکز در اطراف قطب‌های لایه لایه استاتور است که از پیچیدگی پایین‌تری در مقایسه با سیم‌پیچ‌های توزیع رایج در سه نوع ماشین دیگر بررسی شده، برخوردار است. گرچه تفاوت‌های عمده‌ای در جزئیات کارکرد ماشین‌های SR و SynR وجود دارد، اما ماهیت اصلی تولید گشتاور آن‌ها یکسان است. به طور خاص، تحریک یک سیم‌پیچ در اطراف یکی از قطب‌های استاتور در ماشین‌های SR موجب ایجاد گشتاوری بر روی قطب برجسته روتور نزدیک به حلقه قطب استاتور تحریک شده می‌شود، که موجب می‌شود دو قطب در یک راستا قرار گیرند حتی اگر روتور حاوی مواد مغناطیسی و یا هادی برای تولید میدان مغناطیسی نباشد.

با توجه به این‌که استاتور و روتور دارای تعداد مختلفی از قطب‌های برجسته هستند، تحریک کردن فازهای مختلف ماشین SR باعث می‌شود که روتور در فرکانسی برابر با فرکانس تحریک تقسیم بر تعداد قطب‌های روتور بچرخد.

همانند ماشین‌های IPM و SynR گشتاور رلوکتانسی در ماشین SR با افزایش نسبت اندوکتانس اندازه‌گیری شده در سیم‌پیچ استاتور افزایش می‌یابد. هنگامی که یک قطب روتور کاملا با قطب استاتور تحریک شده حداکثر نسبت اندوکتانس و زمانی که حداکثر انحراف را از هم دارند حداقل نسبت اندوکتانس به دست می‌آید. این بدان معنی است که، مانند ماشین SynR، تولید گشتاور در ماشین SR، از کاهش فاصله هوایی تا کمترین مقدار قابل قبول براساس تولید و تحمل بهره‌مند می‌شود.

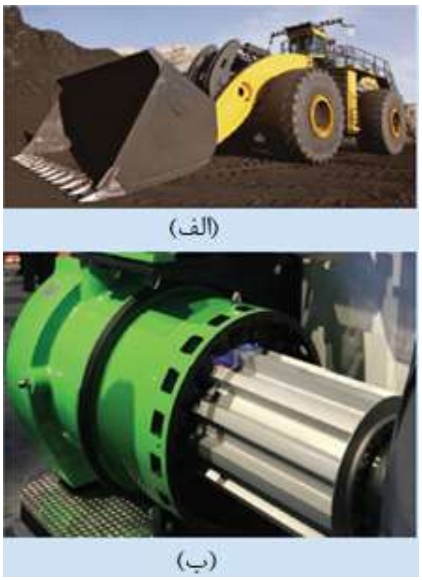
هر فاز سیم‌پیچی شده با پالس‌های جریان متناوب تحریک می‌شود، به‌نحوی‌که با حرکت نزدیکترین قطب روتور به تراز قطب استاتور ماشین، گشتاور موتوری مثبت را تولید و در صورت تحریک شدن و با دور شدن آن از تراز قطب

استاتور، گشتاور ترمز و منفی ایجاد می‌شود. طبیعت پالس تحریک سیم‌پیچ استاتور موجب تولید ریپل گشتاور بیشتری در ماشین‌های SR در مقایسه با سه نوع دیگر ماشین‌های AC بررسی شده، می‌شود.

علاوه بر این، شکل لایه لایه قطب‌های سیم‌پیچ استاتور شامل بخش‌های آسیب‌پذیر نازکی است که به یوغ استاتور متصل شده است. این بخش از ماشین به علت نیروهای شعاعی بر روی قطب استاتور دچار تغییر شکل بزرگ مکانیکی می‌شود. این تغییر شکل بزرگ به نوبه خود منجر به نویز ناخوشایند صوتی در بسیاری از ماشین‌های SR می‌شود که برای جلوگیری از این نویز صوتی باید اقدامات خاصی برای طراحی الکترومغناطیسی و ساختاری در تمام شرایط کارکردی انجام شود. کنترل با عملکرد بالا ماشین‌های SR به کنترل دقیق زمان اعمال پالس‌های تحریک سیم‌پیچ‌های فاز استاتور از لحاظ موقعیت زاویه‌ای قطب روتور مورد نظر بستگی دارد.

همانند سایر ماشین‌های بدون مواد مغناطیسی که در این بخش در نظر گرفته شده است، برای ماشین‌های SR ارزیابی حداکثر بازده این ماشین‌ها نسبت به ماشین‌های PM با آهنرباهای نئودیمیوم مشکل است. با این وجود، برخی از کمبودهای کارایی را می‌توان با کاهش دامنه میدان مغناطیسی در ماشین در طی کارکرد با سرعت بالا و کم باری، با استفاده از همان مفهوم که برای ماشین‌های القایی پیشتر مورد بحث قرار گرفت، جبران کرد. با در نظر گرفتن ترکیبی از ویژگی‌های جذاب ارائه شده توسط ماشین‌های SR، از جمله سادگی و استحکام روتور و همچنین عدم استفاده از آهنربا، این ماشین‌ها می‌توانند گزینه خوبی برای کاربردهای کششی باشند. با این‌حال هیچ یک از سازندگان عمده خودرو از این ماشین در خودروهای برقی خود بهره نگرفته‌اند. علیرغم ویژگی‌های مثبت این ماشین‌ها، طی ۳۵ سال اخیر مهندسان صنعت و دانشگاه نتوانسته‌اند راه‌حلی برای حل مشکلات ناشی از ریپل گشتاور و همچنین نویز صوتی در آن پیدا کنند که این امر منجر به استقبال بسیار کم خودروسازان از این ماشین‌ها شده است. با این وجود ماشین‌های کششی SR موفقیت بسیار بیشتری در تجهیزات ساخت و ساز جاده‌ها و استخراج معادن پیدا کرده‌اند. به عنوان مثال، در لودر P&H L-2350 (شکل ۱۱-۱۵) هر چرخ با شعاع ۴ متر به‌طور مستقل با استفاده از یک موتور SR با توان ۴۲۵ کیلووات کنترل می‌شود. نهایتا چهار چرخ توسط یک ژنراتور SR با توان ۱,۷ کیلو وات تغذیه می‌شود. در این کاربرد، سر و صدای صوتی مرتبط با ماشین‌های SR در مقایسه با سر و صدای موتور دیزل و توربو شارژر آن بسیار کمتر و قابل چشم‌پوشی است.

خلاصه ای از مزایا و معایب ماشین سویچ رلوکتانسی برای کاربردهای کششی الکتریکی در جدول ۱۱-۸ ارائه شده است. مزایا و معایب جدول ۱۱-۸ نشان دهنده این واقعیت است که ماشین‌های SR دارای تعدادی از ویژگی‌های متقاعدکننده است که موجب قطعیتی بیشتر برای مخالفان و موافقان این ماشین‌ها برای استفاده از آن شود که این قطعیت در سایر ماشین‌ها وجود نداشت. در حالی که سادگی ماشین و سختی روتور جزء مزایای آن است، ریپل گشتاور و نویز صوتی زیاد آن از معایب مهم آن محسوب می‌شود. برای کاربردهایی که نیاز به تحمل خطای بالا را دارند، محدود کردن جریان اتصال کوتاه در این نوع موتور به عنوان یک مزیت اساسی به حساب می آید.


(الف)

(ب)

شکل ۱۱-۱۵: الف) بزرگترین لودر جهان (P&H L-2350) ب) یکی از چهار ماشین SR ۴۲۵ کیلوواتی مورداستفاده در این لودر

جدول ۱۱-۸: مزایا و معایب ماشین سویچ رلوکتانسی

ماشین سویچ رلوکتانسی	
معایب	مزایا
پالس‌هایی که برای تحریک سیم‌پیچی استاتور استفاده می‌شوند موجب افزایش ریپل گشتاور نسبت به سایر ماشین‌ها شده	حذف کامل تمام آهنرباها و هادی‌های جریان روتور، که موجب می‌شود موتور در شرایط سرعت و درجه حرارت بالا کارکرد خوبی داشته باشد.
نیروهای شعاعی با فرکانس بالا بر روی قطب‌های استاتور و رزونانس آن با مد مکانیکی موجب نویز صوتی می‌شود.	سادگی ساختار استاتور و روتور موجب پایین آمدن هزینه تولید آن می‌شود.
تراکم گشتاور و راندمان بار نامی در ماشین SR پایین‌تر از ماشین PM است.	روتورهای SR به طور معمول اینرسی کمتری در مقایسه با انواع ماشین‌های دیگر دارند که موجب بهبود ویژگی‌های شتاب و حالت ترمزی می‌شود.
دامنه بزرگی از تغییرات شار مغناطیسی در قطب‌های روتور منجر به خسارت‌هایی در روتور در سرعت‌های بالا شود.	دستیابی به مقادیر CPSR بالا، کارکرد در دامنه گسترده سرعت و توان ثابت
نیاز به فاصله هوایی کم برای به حداکثر رساندن تراکم گشتاور	با توجه به اتصال پایین مغناطیسی بین سیم‌پیچ‌های ماشین SR، از لحاظ خطای اتصال کوتاه به نسبت ماشین‌های دیگر بهتر است.
عملکرد ماشین SR به اندازه‌گیری دقیق موقعیت روتور و کنترل دقیق زمان‌بندی پالس جریان بستگی دارد.	کارایی ماشین SR در حین عمکرد با سرعت بالا و کم باری و عدم نیاز به استفاده از جریان استاتور برای حذف اتصال شار مغناطیسی
هر سیم پیچ فاز SR نیاز به دو ترمینال خارجی دارد، تعداد کابل های-تحریک‌کننده و پین‌های اتصال دو برابر انواع ماشین‌های AC دیگر است.	تعداد فازهای استاتور در ماشین‌های SR می‌تواند از دو به تعداد زیاد با تغییر ترکیب تعداد قطب روتور و استاتور متغیر باشد.

اینورتر ماشین SR از اینورتر H-bridge استفاده نمی‌کند که به طور گسترده‌ای توسط تمام ماشین‌های AC استفاده می‌شود.	
پارامترهای کنترل به علت اشباع مغناطیسی بالا در ماشین‌های SR با تراکم گشتاور، بسیار غیر خطی است.	

۱۱ ۲ ۱۰ نتیجه‌گیری

در این فصل به بررسی فناوری انواع موتورهای الکتریکی کششی در کاربرد خودروهای برقی و هیبریدی و به‌طور خاص اتوبوس‌های درون‌شهری برقی هیبریدی پرداخته شد. در جدول ۱۱-۹ به‌طور مختصر مقایسه‌ای بین انواع موتورهای مورد بررسی نشان داده شده است. . همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود هیچ‌کدام از موتورهای ذکر شده از همه جهات از بقیه بالاتر نبوده و هر نوع موتور دارای نقاط قوت قابل توجهی در دو یا چند ویژگی و ضعف‌های قابل مقایسه‌ای در حداقل یکی از ویژگی‌های دیگر است.

همانطور که در ابتدای این فصل مطرح شد، عیب اصلی موتورهای DC هزینه بالای خرید و تعمیر و نگهداری (به دلیل وجود جاروبک) آنها است بطوریکه امروزه تقریبا در پیشرانه هیچ نوع اتوبوس برقی و هیبرید مدرنی از این نوع موتور استفاده نمی شود. بنابراین با کنار گذاشتن موتور DC باید به دنبال راههای جایگزین آن بود. موتورهای سنکرون مغناطیس دایم (PMSM) و موتورهای القایی را می توان به عنوان دو گزینه اصلی جهت استفاده در پیشرانه اتوبوس‌های برقی دانست. همانطور که در این بخش شرح داده شد، موتور های PMSM (بطور خاص نوع IPM) به دلیل برتری در معیارهای مختلف (نظیر: چگالی توان و گشتاور بالا یا بازده بالا) گزینه اصلی در کاربرد خودروهای سبک محسوب می‌شوند و همچنین از آنها در برخی اتوبوس‌های درون شهری استفاده می شود. استفاده اصلی از ماشین PMSM در اتوبوس‌های هیبرید سری است که همانطور که مشاهده شد تقریبا در تمامی پیشرانه های هیبرید سری مورد مطالعه از ماشین PMSM به عنوان ژنراتور استفاده می شود.

دیگر جایگزین موتورهای DC با جاروبک، موتورهای القایی است. در کاربرد خودروهای برقی سبک علیرغم اقبال عمومی از موتورهای PMSM، برخی خودروسازان نظیر شرکت تسلا تمایل به استفاده از این نوع موتور دارند. این اقبال در خودروهای سنگین به مراتب بیشتر است و موتورهای کشنده القایی در انواع پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی مورد استفاده قرار می گیرند.

در ادامه به بررسی دیگر ماشین‌های کاندید جهت کاربرد در سیستم پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته شد. موتور سنکرون رلوکتانس (SynR) بدلیل حذف آهنربای دایم نسبت به موتور PMSM ارزان‌تر بوده ولی حذف آهنربای دایم و درنتیجه حذف مولفه گشتاور مغناطیسی و همچنین محدودیت مقدار نسبت برجستگی در طراحی‌های عملی ماشین SynR، رقابت آن‌را با دیگر ماشین‌ها در کاربرد کششی و بخصوص در کاربردهای سنگین نظیر اتوبوس‌های برقی محدود می‌کند.

کمبود موفقیت در ماشین‌های SR درخودروهای سواری برقی و اتوبوس‌های درون شهری به علت ضعف آن‌ها و تولید نویز صوتی و همچنین وجود ریپل گشتاور بالا در آن‌ها است. اما در خودروهای برون جاده‌ای[1] و یا خودروهای معدنی با توجه به کم اهمیت بودن این نقاط ضعف، مورداستفاده قرار گرفته است.

در انتها با توجه به بررسی های انجام گرفته در این فصل و مطالعه انواع پیشرانه خارجی (در این فصل و گزارش مرحله اول) به نظر می رسد می توان موتور القایی و ماشین PMSM (نوع IPM) را به عنوان دو گزینه اصلی جهت مطالعه و بررسی امکان انتقال دانش فنی و بومی سازی داخلی در نظر گرفت.

جدول ۱۱-۹: خلاصه مقایسه عملکردی انواع موتورهای مورداستفاده در کاربرد کششی و خودروها

عملکرد بهتر / عملکرد متوسط / عملکرد ضعیف	موتور DC با جاروبک	SR	IM	SynR	موتور IPM با مواد غیر نئودیمیومی	موتور IPM با ماده نئودیمیوم
چگالی توان و گشتاور						
بازده کارکرد نامی						
بازدهی در سرعت بالا و بار کم						
CPSR بالا						
کارکرد در دمای بالا و سختی روتور						
هزینه پایین						
نویز صوتی و ریپل گشتاور پایین						
تحمل در رخداد خطا						

[1] Off-Road

۳ ۱۱ بررسی دانش فنی و امکان سنجی بومی سازی تولید موتورهای الکتریکی مورداستفاده در سیستم پیشرانه اتوبوس‌های هیبریدی و برقی داخل کشور

علیرغم فعالیت های انجام گرفته در حوزه خودروهای برقی و هیبریدی، تاکنون هیچ نمونه تجاری در کشور تولید نشده است. بنابراین با توجه به این موضوع که توسعه فناوری و دانش فنی قطعات یک محصول نیازمند توسعه تجاری آن محصول است، نباید توقع آن را داشت که تولید موتورهای الکتریکی کششی خودرو در داخل کشور به مرحله تجاری رسیده باشد. در حال حاضر شرکت های مختلفی در کشور در حال طراحی و تولید انواع موتورهای الکتریکی و سیستم محرکه آن در حوزه های مختلف صنعتی هستند که با توجه به دانش فنی و زیرساخت های موجود می‌توان هر کدام از آنها را یک تولید کننده بالقوه در این حوزه به‌حساب آورد. در این بخش از گزارش به بررسی شرکت های داخلی فعال در حوزه طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی و سیستم محرکه آن‌ها پرداخته می‌شود. با توجه به رسالت مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته در توسعه دانش فنی و بومی سازی انواع موتورهای الکتریکی، بانک اطلاعاتی نسبتا کاملی از فعالیت های شرکت های فعال در حوزه موتورهای الکتریکی و سیستم های محرکه آن در این مرکز گرداوری شده است. اطلاعات این بخش نیز مستخرج از بانک اطلاعاتی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته که نتیجه مکاتبات و جلسات مختلف با این شرکت ها است می‌باشد. اسامی شرکت‌های تحت بررسی در جدول ۱۱-۱۰ ارائه شده است. قابل ذکر است که برخی از شرکت های تحت بررسی در حوزه تولید دیگر قطعات خودرو نیاز فعالیت هایی دارند.

در ادامه به معرفی کلی فعالیت های این شرکت ها پرداخته می‌شود.

جدول ۱۱-۱۰: فهرست گردآوری شده شرکتهای داخلی فعال در حوزه موتورهای الکتریکی و سیستم های محرکه آن

ردیف	شرکت	ردیف	شرکت
۱	اتحاد موتور	۱۳	فن ژنراتور
۲	آرین صنعت	۱۴	موتوژن
۳	الکتروژن	۱۵	نام آوران صنایع آروین
۴	توربو ژنراتور شاهرود	۱۶	نیان الکترونیک
۵	جهاد دانشگاهی خواجه نصیر	۱۷	برنا الکترونیک
۶	جهاد دانشگاهی علم و صنعت	۱۸	فن آوران دانا
۷	دمنده	۱۹	زیما
۸	رشد صنعت نیرو	۲۰	میکروکنترل اصفهان
۹	رعد موتور کوشا	۲۱	سرآمدان مدیریت علم و فناوری سلمانیان فارسی
۱۰	ژنیران فن	۲۲	فن آور گستر صنعت الکترونیک ایرانیان
۱۱	صنایع نوید موتور	۲۳	الکتروسامانه الوند
۱۲	ماه نیرو		

۱۱ ۳ ۱ اتحاد موتور[۱۴۴]

گروه صنعتی اتحاد موتور پس از تاسیس شرکت‌های اتحاد موتور و لولا خودرو در سال ۱۳۶۹، بنیان صنعت اول در سال ۱۳۷۶ و کیمیا موتور در سال ۱۳۷۹، خود را بعنوان یک گروه صنعتی درصنعت قطعه سازی خودور معرفی نمود. کارخانجات این گروه هم اکنون بالغ بر ۱۲ شرکت می‌باشند که قطعات مختلفی جهت مصارف خودروسازان داخلی و بعضا خارجی تولید و ارائه می‌نمایند.

در حال حاضر بیش از ۳۰۰۰ نفر نیروی انسانی به‌طور مستقیم در شرکت‌های زیر مجموعه گروه اتحاد موتور مشغول به فعالیت‌اند. بسیاری از محصولات تولیدی این گروه در بازارهای لوازم یدکی خودور نیز با نشان تجاری Emco عرضه می‌شوند. محصولات این گروه را در یک نگاه کلی می‌توان در مجموعه های زیر دسته بندی نمود:

۱- مجموعه کامل برف پاک کن
۲- مجموعه کامل بخاری
۳- مجموعه کامل سیستم خنک کننده موتور
۴- مجموعه کامل شیشه بالابر
۵- شمع و وایر شمع
۶- استارت
۷- دینام
۸- باتری خودور
۹- لنت ترمز
۱۰- اکسل جلو
۱۱- انواع لولای دربهای خودور
۱۲- کارتر روغن
۱۳- محور فرمان
۱۴- کابل کلاچ
۱۵- سیستم‌های قفل مرکزی و ریموت کنترل و...

۱۱ ۳ ۲ آرین صنعت[۱۴۵]

شرکت آرین صنعت سهامی خاص در سال ۱۳۶۲ در تاسیس و در تهران به ثبت رسید. اولین پروژه آن ساخت کارخانه تولید ماشین‌های الکتریکی در شهر صنعتی ساوه، ۱۲۰ کیلیومتری جنوب تهران بوده است. پروژه کارخانه

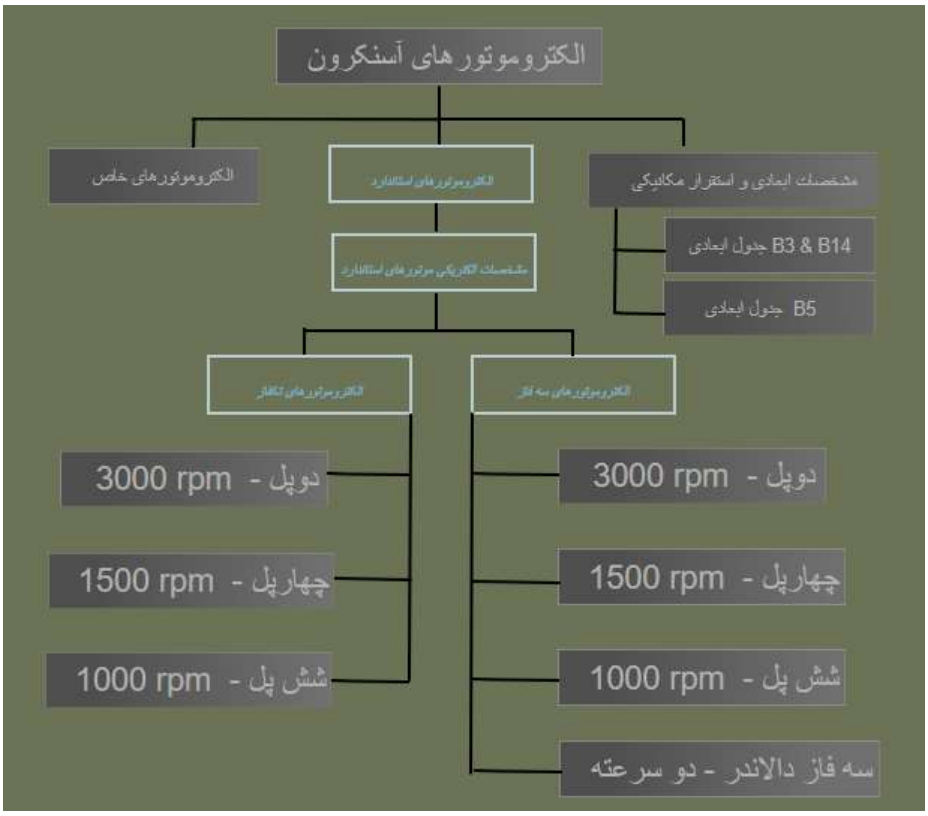
ماشین‌های الکتریکی با همکاری فنی شرکت ACEC بلژیک که در ساخت ماشین‌های الکتریکی در کشورهای صنعتی اروپا معروف بوده و محصولات آن در گستره وسیعی در سراسر دنیا مصرف می‌شود، شروع شد.

پروژه با قرارداد انتقال تکنولوژی موتورهای القائی در گستره توان ۹۰ وات تا ۷/۵ کیلووات در سال ۱۳۶۳ آغاز گردید. مطالعات اجرایی و ساخت کارخانه و نصب تاسیسات و خرید ماشین‌آلات و نصب آن‌ها تا سال ۱۳۷۵ به طول انجامید و در سال ۱۳۷۶ به تولید انبوه رسید. پروسه انتخاب و خرید ماشین آلات و همچنین تکنولوژی ساخت الکتروموتور توسط یک تیم شامل کارشناسان شرکتACEC بلژیک ، کارشناسان موسسه DR.ERNEST BRUAN، شرکت Statomat و شرکت Roos & Kubler از آلمان انجام شد. بدین ترتیب این شرکت از ماشین آلاتی نظیر Statomat، Schuler، Roos & Kubler، Manforts و A.B.A بهره جسته است.

وجود این ماشین آلات پیشرفته زمینه را برای گسترش فعالیت در زمینه تولید قطعات خودرویی در سال ۱۳۸۰ فراهم آورد. بدین ترتیب پروژه تولید قطعات الکتریکی خودرو شامل آلترناتور و استارتر آغاز شد و در این راستا قرارداد انتقال تکنولوژی ساخت آلترناتور با شرکت MAKO (Magneti Marelli & Koch Group) منعقد گردید.

همچنین به منظور رسیدن به خودکفایی در ساخت و تست اجزای متعلقه این قطعات، ماشین‌آلات مجهز و بهینه از سازندگان معتبر اروپایی مانند Statomat، Guitti، TES و تجهیزات مجهز آزمایشگاهی از شرکت‌هایی چون CRONO، TESA، ELTERA، D&V Electrice، Master خریداری، نصب و راه‌اندازی شد.

این شرکت در سال ۱۳۸۳ تاییدیه ایران خودرو و در سال ۱۳۸۵ تاییدیه شرکت پژو در زمینه ساخت آلترناتور پژو ۴۰۵ و پژو ۲۰۵ را اخذ کرد. الکتروموتورهای تولیدی این شرکت شکل ۱۱-۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۱۶: الکتروموتورهای شرکت آرین صنعت

۱۱ ۳ ۳ الکتروژن [۱۴۶]

این شرکت با نام تجاری "Zhan Light co" برای واردات و صادرات وسایل خانگی الکترونیکی و الکتریکی، لوازم و ماشین آلات صنعتی تاسیس شد. در آن زمان با توجه به نیازهای موجود کشور در راستای ضرورت قطع وابستگی به کشورهای خارجی و اشتغال زایی، سهامداران شرکت تصمیم گرفتند سیاست کاری شرکت را از یک شرکت تجاری به یک شرکت تولیدی تغییر دهند.

به همین منظور با هدف تولید انواع مختلف یخچال و فریزر، نام شرکت به صنایع برودتی ایران تغییر پیدا کرد. تعداد زیاد شرکت‌های مشابه موجود و تعداد محدود تولید کنندگان الکتروموتور در ایران و نیاز بالقوه به واردات از کشور چین برای محصولات مشابه، پیشنهاد تغییرات اساسی در جهت سیاست تولید شرکت را ارائه کردند.

این شرکت در سال ۱۳۷۰ با نام جدید الکتروژن با هدف تولید انواع مختلف الکتروموتور آغاز به کار کرد. در آن زمان کارخانه در منطقه شورآباد در جنوب تهران در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع قرار داشت و با ۲۰ نفر کارمند فعالیت می نمود.

اولین محصولات شامل انواع الکتروموتور برای ماشین لباسشویی، تهویه مطبوع، پمپ کولرهای آبی بود که جهش قابل توجهی در تولید ایجاد نمود و در نتیجه چندین دستگاه مجهز، ساخت کشور آلمان برای گسترش دامنه تولید

خریداری شد. به همین منظور کارخانه به مکان بزرگتری به مساحت ۵۰،۰۰۰ متر مربع با ۱۵۰۰ نفر نیرو نقل مکان کرد. از زمان انتقال به آدرس جدید شرکت به سرعت گسترش یافت تا تولید پمپ آب و الکتروموتور را افزایش دهند.

۱۱ ۳ ۴ توربو ژنراتور شاهرود [۱۴۷]

فعالیت تحقیقاتی این شرکت در سال ۱۳۶۹ آغاز شد. شرکت توربوژنراتور شاهرود در زمینه تولید و بازسازی ماشین‌های الکتریکی فعالیت می‌کند. پروسه تعمیر و بازسازی الکتروموتورها در محل سایت کارفرما و یا در محل کارخانه توربوژنراتور شاهرود انجام می‌شود.

این شرکت خدمات تعمیر و بازسازی را در زمینه تجهیزات انجام می دهد:

- انواع الکتروموتورهای فشارقوی
- انواع الکتروموتورهای DC
- انواع ژنراتور
- انواع ترانسفورماتور
- انواع مگنت‌های الکتریکی
- انواع کویل و شیشه ژنراتورهای نیروگاهی
- قطعات یدکی ماشین‌های الکتریکی

در این شرکت انواع الکتروموتورهای AC القایی از نوع فشار ضعیف و فشار قوی طبق سفارش طراحی و ساخته می‌شود. الکتروموتورهای ساخته شده توسط این شرکت در بازار داخلی کمیاب و یا امکان وارد کردن آنها از خارج کشور غیرممکن بوده و یا مقرون به صرفه نمی‌باشد.

۱۱ ۳ ۵ جهاد دانشگاهی خواجه نصیر [۱۴۸]

یکی از بخش‌های جهاد دانشگاهی واحد خواجه نصیرالدین طوسی، مرکز ماشین‌های الکتریکی است که فعالیت‌های تخصصی در زمینه ماشین‌های الکتریکی فشار قوی شامل الکتروموتورها، ژنراتورها، ترانسفورماتورها، موتورهای القایی، ژنراتورهای سنکرون و موتورهای یونیورسال انجام می‌دهد. این مرکز در محل مجتمع تحقیقاتی جهاد دانشگاهی واقع است که از جمله فعالیت‌های تحقیقاتی آن می توان به طراحی و ساخت کویل‌های فشار قوی تا ۱۵ کیلوولت با روش رزین‌ریچ و وی‌پی‌آی اشاره کرد. طراحی بهینه ماشین‌های الکتریکی شامل بررسی صوت، ارتعاش، توزیع شار و انتقال حرارت و همچنین طراحی و ساخت کنترل دور موتور القایی تا ۴۵ کیلو وات با کنترل جریان از سایر فعالیت‌های تحقیقاتی این مرکز می باشد. از جمله فعالیت‌های مرکز خدمات تخصصی ماشین‌های الکتریکی جهاد دانشگاهی خواجه نصیر تعمیر و بازسازی ماشین‌های الکتریکی برای صنایع مهمات‌سازی، پتروشیمی، راه آهن و شرکت

نفت، طراحی و ساخت انواع ترانسفورماتورهای خشک و روغنی برای مراکز مختلف صنعتی، طراحی و ساخت انواع الکتروموتورها و ژنراتورهای خاص برای کاربردهای ویژه و انواع منابع تغذیه قدرت بالای ۱۲ پالسه دیودی و ترانزیستوری و نیز لوازم الکترومغناطیسی مثل شیرهای مغناطیسی می باشد.

به طور خلاصه فعالیت‌های تحقیقاتی مرکز ماشین‌هاعبارتند از :

۱- طراحی وساخت انواع ترانسفورماتورها و سلف‌های قدرت بالا و برای فرکانس‌های کاری مختلف

۲- طراحی و ساخت انواع الکتروموتور DC درقدرتهای مختلف ودر سرعتهای بالا تا (۲۰۰۰) دور در دقیقه

۳- طراحی و ساخت انواع ژنراتور DC و AC جهت مصارف خاص

۴- بررسی مسایل نویز و ارتعاش و صدا در الکتروموتورها و ژنراتورها

۵- بررسی انتقال حرارت در ماشین‌های الکتریکی

۶- مدل‌سازی فرکانسی ماشین‌های الکتریکی

۷- طراحی وساخت انواع کویلهای فشار قوی تا ۱۵ kV وقدرت تا ۴۰ MW با روش‌های resin rich وروش VPI(نیم کویل معمولی - نیم کویل ترانسپوز - تمام کویل)

۸- طراحی جدید سیم بندی جهت تغییر مشخصات عملکرد

۹- طراحی و ساخت رگولاتور ولتاژ

۱۰- طراحی و ساخت انواع منابع تغذیه DC شش پالسه ، ۱۲ پالسه ، دیودی و ترانزیستوری و AC باحفاظت های کامل

۱۱ ۳ ۶ جهاد دانشگاهی علم و صنعت[۱۴۹]

جهاد دانشگاهی علم و صنعت به عنوان نهادی علمی، تحقیقاتی و صنعتی فعالیتهای خود را از سال ۱۳۵۹ در حوزه‌ی فنی ومهندسی در زمینه های برق، مکانیک، عمران، معماری و شهرسازی آغاز نمود. UPS های صنعتی و اداری، شارژرهای صنعتی، رکتیفایرهای آمپربالا، تجهیزات تست فشار قوی، سیستم برق سکوهای حفاری خشکی و انواع سیستم های کنترل آلایندگی هوا و دکلهای حفاری ازجمله محصولاتی هستند که توسط این واحد به بسیاری از واحدهای فعال صنعتی در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نیروگاهها، صنعت سیمان، صنایع فلزات آهنی و غیرآهنی ارائه گردیده است.

جهاد دانشگاهی علم وصنعت به دنبال توسعه فعالیتهای خود در زمینه های جدید مانند نمک زدایی در صنعت نفت، طراحی و ساخت بازوهای بارگیری اسکله های نفتی، تامین سیستم رانش الکتریکی واگنهای مترو و لوکوموتیوها، انجام پروژ ه های مهندسی، تامین کالا و ساخت EPC[1] و همینطور صدورمحصولات خود به خارج از کشور است.

[1] Engineering/procurement/construction

این واحد برای انجام پروژه‌ها به صورت تخصصی دارای پنج مرکز مهندسی، یک مرکز آموزش، مرکز تحقیق و توسعه و یک شرکت وابسته به خود (شرکت مشاورین فجر توسعه) با بیش از ۴۰۰ نفر پرسنل متخصص می باشد.

۱۱ ۳ ۷ دمنده[۱۵۰]

شرکت دمنده (سهامی خاص) از سال ۱۳۴۶ فعالیت خود را در قالب شخصیت حقیقی آغاز نمود و در سال ۱۳۶۳به صورت شخصیت حقوقی به ثبت رسید. این شرکت هم اکنون با تنوع بیش از ۱۳۰ مدل فن (خانگی، صنعتی و تاسیساتی) فعال در صنعت هواکش بوده و ایمنی محصولات خود را با نشان استاندارد ایمنی از موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تضمین می نماید.

۱۱ ۳ ۸ رشد صنعت نیرو [۱۵۱]

شرکت رشدصنعت نیرو از سال ۱۳۶۹ به عنوان دپارتمان ماشین‌های الکتریکی شرکت رشدصنعت آغاز به کار نمود. از سال ۱۳۸۴ و با توجه به نیاز صنایع مختلف، این دپارتمان در قالب یک شرکت مستقل به فعالیت خود ادامه می‌دهد. در سال ۱۳۸۷ فعالیتهای شرکت در زمینه طراحی و ساخت ماشین‌های الکتریکی توسعه یافت. فعالیت‌های شرکت در زمینه ساخت شینه‌های نیروگاهی و خدمات نیروگاهی در سال ۱۳۸۹ گسترش یافت. در سال ۱۳۹۳ کارگاهی مجزا به تعمیرات ماشین‌های الکتریکی کوچک و سال بعد کارخانه‌های مجزا برای ساخت ماشین‌های الکتریکی اختصاص داده شد. فعالیت‌های این شرکت در زمینه‌های زیر است:

- طراحی و ساخت ژنراتورها
- طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی AC
- طراحی و ساخت ماشین‌های الکتریکی ضد انفجار
- طراحی و ساخت ماشین‌های الکتریکی DC
- ساخت ماشین‌های الکتریکی خاص
- ساخت قطعات ماشین‌های الکتریکی
- ساخت شینه‌های نیروگاهی

شرکت رشد صنعت نیرو نماینده رسمی محصولات صنعتی و اتوماسیون صنعتی کمپانی بزرگ WEG در ایران می‌باشد که محصولات WEG اعم از الکتروموتور , اینورتر های فرکانسی , سافت استارتر , ترانسفورماتور , ژنراتور , PLC , HMIو سایر محصولاتی از این دست را به فروش می‌رساند.

۱۱ ۳ ۹ رعد موتور کوشا [۱۵۲]

شرکت رعد موتورکوشا به عنوان یکی از معتبرترین شرکت‌های تولیدکننده الکتروموتور درسال ۱۳۸۵ تاسیس شد و در حال حاضر انواع الکتروموتورهای تک فاز یونیورسال و انواع الکتروموتورهای ۲۴ و ۱۲ ولت که در انواع لوازم خانگی و خودرو تحت لیسانس کمپانی‌های کشور اروپایی و استانداردهای کشورهای اروپایی توسط این شرکت تولید و به بازارهای داخلی ایران و کشورهای خارجی و عربی و کشورهای همسایه عرضه می‌شود. شرکت رعدموتور با بهره‌گیری از آزمایشگاه مدرن و مجهز به دستگاه‌های تست و سیستم مدیریت کیفیت موفق به ارتقاع کیفی محصولات تولیدی خود شده است.

این شرکت در تلاش است با بهینه سازی و توسعه الکتروموتورهای تکفاز، الکتروموتورهای آسانسور، درب باز کن، گیربکس و الکتروموتورهای سویچ رلوکتانس(SR) بازار فروش خود را توسعه دهد. همچنین تولید انواع الکتروموتورهای DCخودرو شامل دینام، استارتر، برف‌پاک‌کن، شیشه‌بالابر، فن رادیاتور و تهویه را نیز آغاز کرد. شرکت رعدموتورکوشا آماده است در زمینه پروژه الکتروموتورهای BLDC با شرکتهای دارای برندهای معتبرداخلی وخارجی همکاری نماید.

۱۱ ۳ ۱۰ ژنیران فن [۱۵۳]

شرکت ژنیران در سال ۱۳۷۵ تاسیس و از همان سال با روش سنتی، تولید الکتروموتور را آغاز نمود و از سال ۱۳۷۶ هم‌زمان با افزایش مساحت کارخانه به دو سوله ۳۰۰ و ۵۰۰ متری نسبت به تولید هواکش‌های خانگی و صنعتی نیز اقدام نمود. در سال ۱۳۸۳ با تغییر محل کارخانه به مکان فعلی مساحت کارخانه به ۲۴۰۰۰ متر افزایش پیدا نمود و در این مرحله شرکت نسبت به نصب دستگاه‌های جدید شامل پرس، دایکاست و سری سی‌ان‌سی، تزریق پلاستیک، انواع ماشین آلات ابزار و تراش‌های ساده و تراش‌های شافت و ماشین‌های سنگ محور و سنگ سنترلس و ماشین‌آلات مناسب جهت مونتاژ و تولید الکتروموتور و هواکش اقدام نمود.

۱۱ ۳ ۱۱ صنایع نوید موتور [۱۵۴]

شرکت صنایع نوید موتور در سال ۱۳۷۵ تاسیس شد. ماموریت این شرکت که سایت کارخانه آن در ۳۵ کیلومتری شهر تبریز در شهرک صنعتی سلیمی واقع است، ساخت و تولید الکتروموتورهای صنعتی و خانگی و مخصوص طبق سفارش مشتری تعریف شده بود. در سال ۱۳۸۵ همکاری نوید موتور با شرکت صنایع پمپیران برای تولید پمپهای فشار قوی آغاز شد. با بازبینی ماموریت و چشم انداز نوید موتور در سال ۱۳۸۶ نوید موتور برای استفاده از مزیت رقابتی تولید الکتروموتور برای تولید الکتروپمپ باعث شد تا یک همکاری استراتژیک با شرکت صنایع پمپ سمنان انرژی برای تولید پمپهای سیرکولاتور خطی آغاز شود. این همکاری تا ادغام این دو شرکت در سال ۱۳۸۹ ادامه داشت و از آن پس این شرکت صنایع نوید موتور بود که کار تولید و بازارسازی محصولات سیرکولاتور با برند سمنان انرژی را ادامه داد.

در سال ۱۳۹۱ با هدف انسجام فعالیت تحقیقات بازار و بازارسازی، واحد توسعه بازار نوید موتور تاسیس شد تا این شرکت را به سمت آرمان آن یعنی تبدیل شدن به بزرگترین تولید کننده و عرضه کننده الکتروپمپ های ساختمانی در بازار ایران و منطقه هدایت کند. مجموعه این فعالیت ها به بهینه سازی محصولات آبگرم و همچنین ارتقا نسل الکتروپمپ های سیرکولاتور آبگرد منجر شد. هم اکنون برای تکمیل سبد محصولات ساختمانی الکتروپمپ‌های زمینی سیرکولاتور و آبرسانی اتابلوک در خط تولید قرار گرفته است. شرکت صنایع نوید موتور در کنار تولید محصولات و ارئه راه حل به مشتریان به ارائه خدمات صنعتی به سایر شرکت ها و تولیدکنندگان نیز می پردازد؛ خدمات وایرکات با ماشین سی. ان. سی. جهت برش فولاد، آلومینیم، مس، تنگستن و کارباید، ساخت قالبهای برشی پروگرسیو، ماشینکاری تمام اتوماتیک قطعات با ماشین های پیشرفته، طراحی و ساخت انواع قالب های دایکاست و تزریق پلاستیک و تولید ورق های لامینیشن برای سایر سازندگان الکتروموتور از این نوع خدمات صنعتی است.

۱۱ ۳ ۱۲ ماه نیرو [۱۵۵]

شرکت صنعتی ماه نیرو در سال ۱۳۶۳ خورشیدی، با تولید ژنراتورهای برق مقیاس کوچک آغاز به کار کرد. در سال ۱۳۷۰ با انتقال تکنولوژی و دانش فنی از شرکت آلمانی AVK که از مورد اطمینان ترین نام‌های صنعتی جهان است، تولید ژنراتورهای سه فاز سنکرون از قدرت ۳۰ الی ۲۵۰ کیلووات آغاز شد. در سال‌های بعد با توسعه کارخانه تنوع تولیدات تا قدرت ۵۳۰ KVA افزایش یافت. در کنار تولید ژنراتور، این شرکت تولید کننده هزاران واحد دیزل ژنراتور و پانل های حفاظت و کنترل است که در سراسر ایران به کار گرفته شده اند. ژنراتورهای این شرکت به همراه بهترین نوع موتورهای جهان از انواع Cummins, Volvo, Perkins, Deutz, MAN عرضه می شوند. با همکاری های گسترده بین شرکت صنعتی ماه نیرو و شرکت صنعتی ماهیار گروهی تشکیل شد که با اتکا به نیم قرن تجربه و امکانات گسترده تولید، دانش فنی، نیروی انسانی متخصص و کارآزموده و امکانات اعتباری و بازرگانی، اکنون یکی از بزرگترین تولیدکنندگان و تامین کنندگان مولدهای برق در ایران است که با خدمات پس از فروش و پشتیبانی فنی مشتریان، حمایت از سرمایه گذاری ایشان را تضمین می کند.

۱۱ ۳ ۱۳ فن ژنراتور [۱۵۶]

گروه صنعتی فن ژنراتور به عنوان یکی از مراکز ساخت و ارائه خدمات بازسازی ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب و جریان مستقیم، فعالیت‌های ذیل را انجام می‌دهد:

- ساخت موتورهای القایی ولتاژ بالا
- پروژه های ساخت مشترک با شرکت‌های معتبر
- ساخت موتورهای القایی فشار پایین برای کاربردهای صنعتی
- ساخت شینه ژنراتورهای نیروگاهی، کویل‌های AC ، DC و کیت‌های سیم پیچی

- ساخت موتورهای تراکشنAC و DC
- ساخت سیم مسی تخت بدون عایق و عایق شده
- ساخت ترانسفورمرهای خشک و مخصوص
- سیم پیچی و نوسازی تمامی انواع موتورها و ژنراتورها تا ولتاژ ۲۰ کیلو ولت
- سیم پیچی ترانسفورمرهای توزیع و قدرت
- نوسازی و سیم پیچی موتورهای تراکشن
- تعمیر ژنراتورهای نیروگاهی

۱۱ ۳ ۱۴ موتوژن [۱۵۷]

شرکت موتوژن در قالب شرکت تولیدکننده الکتروموتور در سال ۱۳۵۲ با نام گلد الکتریک تاسیس شد و در سال ۱۳۵۴ به موتوژن تغییر نام داد و در حال حاضر بیش از۲ میلیون دستگاه انواع الکتروموتورهای تک فاز و سه فاز با کاربردهای صنعتی و خانگی را مطابق با استانداردهای جهانی نظیر IEC و NEMA و DIN تولید و به بازارهای مصرف ایران، اروپا، آسیا و آفریقا عرضه می‌کند. شرکت موتوژن با بهره گیری از آزمایشگاه‌های مدرن، دقیق و مجهز صنعتی و اجرای سیستم مدیریت کیفیت گواهی ISO 9001 - 2008 را از مؤسسه SGS سوئیس اخذ کرد.

فعالیت‌های شرکت:

- بهینه سازی و توسعه الکتروموتورهای تکفاز کولری با کوپل تسمه‌ای با هدف تنوع تولیدات و بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق افزایش راندمان.
- بهینه سازی و توسعه الکتروموتورهای تکفاز و سه‌فاز صنعتی به منظور افزایش گستره تولیدات سه‌فاز تا ۴۰۰ کیلووات، توانایی پاسخ به افزایش تقاضای بازار در مورد انواع الکتروموتورهای تکفاز، تلاش برای تنوع محصولات از طریق طراحی الکتروموتور با فریم اکسترود، الکتروموتورهای آسانسور، گیربکس والکتروموتورهای سویچ رلوکتانسی.
- تولید الکتروموتورهای ضد انفجارتیپ‌های (EEX-d, EEX-e, EEX-n) به منظور استفاده در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نساجی، مواد غذایی و معادن.
- نمایندگی فروش کلیه الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین شرکت ABB در ایران
- ارائه خدمات سرویس، تعمیر ونگهداری وخدمات پس از فروش کلیه الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین
- تولید الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین EEX-d تحت لیسانس شرکت ABB
- تولید الکتروموتورهای DC خودرو شامل دینام، استارتر، برف‌پاک‌کن، شیشه‌بالابر، فن رادیاتور و تهویه و موارد مشابه بدلیل تقاضای زیاد بازار به خودرو و همچنین اتوماسیون خودروها و استفاده از الکتروموتورهای DC خودرو

۱۱ ۳ ۱۵ نام آوران صنایع آروین [۱۵۸]

این واحد عنوان اولین تولید کننده الکتروموتور هود آشپزخانه در ایران را به خود اختصاص داده است. درسال ۱۳۷۹ طبق توافق با شرکت ستاره طلایی صنعت (هود بیمکث)تولید این تیپ الکتروموتور در غالب شخص حقیقی کلید خورد و این همکاری تا ۱۳۸۷ ادامه یافت، در این ایام کلیه طراحی خط تولید و مونتاژ الکتروموتورK33 و نظارت بر روند تولید و بازرسی کیفیت محصولات تحت نظارت این واحد بوده است. در پایان این دوره شرکت مذکور از واردات محصول فوق بی نیاز گردید. در سال۱۳۸۷ با تاسیس رسمی شرکت در شهرک صنعتی شرق سمنان و باجذب کادری مجرب و با استفاده از تکنولوژی روز دنیا و ورود ماشین آلات مخصوص تولید الکتروموتور هود طی توافقی با شرکت درسا هود تامین کلیه الکتروموتورهای مصرفیK30 و توربو آن شرکت را عهده دار گردید که توافق فوق همچنان جاری است.

از محصولات این شرکت میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- الکتروموتور توربو یک سر شفت کاور فلزی
- الکتروموتور توربو دو سر شفت کاور فلزی

الکتروموتور توربو دو سر شفت کاور پلاستیک

۱۱ ۳ ۱۶ نیان الکترونیک [۱۵۹]

شرکت نیان الکترونیک در زمینه طراحی و ساخت تجهیزات نیرو، مجری پروژه های مخابراتی و به عنوان تولید کننده منابع تغذیه سوئیچینگ در شمال و شرق کشور، از سال ۱۳۷۴ فعالیت خود را رسما آغاز نمود. تعداد پرسنل این سازمان در حال حاضر بیش از ۴۰۰ نفر بوده و فضای کاری به بیش از ۳۰۰۰۰ مترمربع فضای تولیدی بالغ شده است. این شرکت طراح و تولیدکننده مبدل‌های انرژی، مبدل‌های تامین انرژی و منابع تغذیه تجهیزات ICT، مبدل توان بالای نیروگاه‌های بادی، اینورتر سلول خورشیدی و مشاور و مجری پروژه‌های EPC و TURKNEY در تجهیزات قدرت است.

۱۱ ۳ ۱۷ برنا الکترونیک [۱۶۰]

شرکت برنا الکترونیک در سال ۱۳۶۳ و فقط با تولید رله های الکترونیکی تاسیس و با ادامه روند رو به رشد شرکت توانست محدوده محصولات خود را توسعه داده و علاوه بر انواع رله های الکترونیکی به تولید تجهیزات حفاظت کاتدیک ، کنترل دورهای AC وDC ، باتری شارژرها و UPS های صنعتی ، دستگاه مقاومت اتصال زمین NGR ، خدمات مونتاژ SMD می پردازد.

باتری شارژرهای صنعتی و منابع تغذیه DC در سال ۱۳۷۵ برای کاربردهای مختلف در صنعت و به خصوص صنایع نفت و گاز طراحی و ساخته شد. شرکت برنا الکترونیک قابلیت تولید انواع باتری شارژرهای صنعتی با انواع ورودی تکفاز و سه فاز و نیز انواع خروجی را دارد.

۱۱ ۳ ۱۸ فن آوران دانا [۱۶۱]

فعالیت های این شرکت به شرح زیر میباشد:

- تولیدکننده فیلترهای EMI
- تولیدکننده تعادل کننده ولتاژ سه فاز
- تولیدکننده فیلتر هارمونیک Tuned در ایران
- تولیدکننده مولد فاز قطع شده در سیستم سه فاز
- تولید کننده فیلترهای کاهش نویز اینورترها
- تولید کننده مبدل مغناطیسی سه فاز به تکفاز، با جریانهای مساوی
- تولید کننده راه انداز نرم مغناطیسی الکتروموتورها
- تولید کننده فیلترهای هارمونیک ML & LV، Detuned (راکتور بانکهای خازنی)

۱۱ ۳ ۱۹ زیما [۱۶۲]

شرکت زیما فعالیت خود را در زمینه اتوماسیون صنعتی آغاز کرده است. طراحی و تولید کنترل‌کننده های دور موتور به عنوان هسته اولیه فعالیت شرکت انتخاب شده بود. محصولات شرکت زیما شامل ۵ سری زیر است:

- سری صنعتی
- سری آسانسوری
- سری پمپ و فن
- سری خورشیدی
- سری جرثقیل
- سری OEM

سیستم محرکه زیما G100 سری صنعتی سیستم‌های محرکه زیما است که با بهره گیری از الگورتیم های کنترلی دقیق کیفیت حرکت و گشتاور بسیار خوبی را ارائه می دهد. این سیستم محرکه از IGBT های Infeneon و سیستم خنک کننده اختصاصی طراحی شده برای زیما با استفاده از قطعات ایتالیائی و کره ای ساخته شده است. جنس بدنه از مواد تزریقی ساخت الجی و ابعاد این سیستم محرکه در توان های بالاتر بسیار کوچکتر از رقبای چینی و اروپائی خود است. کنترلرهای PID و On/Off در کنار تعداد زیاد ورودی/خروجی های دیجیتال و آنالوگ با قابلیت برنامه

ریزی و سطح جریان دهی بالا، این سیستم محرکه را برای بهره گیری در کاربردهای زیادی آماده ساخته است. سیستم محرکه G100 در مدل تکفاز از ۰/۳۷ تا ۳ کیلووات و در مدل سه فاز از ۰/۷۵ تا ۵/۵ کیلووات در این شرکت تولید می شود.

۱۱ ۳ ۲۰ میکرو کنترل اصفهان [۱۶۳]

اصفهان میکرو کنترل در سال ۱۳۶۹ تاسیس شد. این شرکت به تولید سیستم‌های محرکه AC، دور متغیر AC، کنترل دور موتور AC می‌پردازد.

۱۱ ۳ ۲۱ سرآمدان مدیریت علم و فن آوری سلمانیان فارسی[۹۳]

نشان تجاری کسا با هدف معرفی محصولات گروه صنعتی کسا متشکل از چندین هلدینگ تخصصی و شرکت های دانش بنیان ایجاد شد. گروه صنعتی کسا در سال ۸۶ تشکیل شد و در چهار سال اول فعالیت خود و تا ابتدای سال ۹۰ توانست در حوزه‌های مختلف هوا فضا، دریا، برق و مخابرات، مواد و پلیمر و فناوری اطلاعات فعالیت خود را گسترش دهد. فعالیت‌های گروه صنعتی کسا در شهرهای تهران، اصفهان، تبریز، کاشان و رشت در حال انجام است. یکی از محصولات این شرکت موتور BLDC است که در شرکت سلمانیان فارس تولید می‌شود. مقایسه موتورهای BLDC و BLAC در جدول ۱۱-۱۱ آورده شده است:

جدول ۱۱-۱۱: مشخصات موتور برقی شرکت سرامدان مدیریت علم و فن اوری سلمانیان فارسی

موتور	ابعاد	توان خروجی (وات)	بازده	جریان نامی (A)	گشتاور نامی (N.M)	P.F	نسبت جریان راه اندازی به جریان نامی
BLDC	۹۰- ۱۷۰	۵۵۰	٪۷۵	۳۳/۳۳	۱۳/۱۲	۰/۹۹۵	۲
القایی	۱۶۰- ۱۶۳	۳۷۰	٪۴۵	۴/۴۷	۲/۵	۰/۷۲	۴

۱۱ ۳ ۲۲ فن آور گشتر صنعت الکترونیک ایرانیان [۱۶۴]

شرکت صنعت الکترونیک ایرانیان (سهامی خاص) در تیر ماه سال ۱۳۹۴ تاسیس گردید. این شرکت در زمینه طراحی، ساخت و تولید انواع سیستم‌های الکترونیکی و الکترونیک قدرت فعالیت می‌کند.

فعالیت‌های شرکت عبارتند از:

- طراحی و تولید سیستم های کنترل آسانسور (کششی و هیدرولیک) در رنج وسیعی از توان و سرعت

- طراحی و تولید اینورتر سیستمهای محرکه صنعتی از ۱ کیلووات تا ۵۰ مگاوات برای کاربردهای متعدد از قبیل آسانسور، جرثقیل، فن، پمپ، کمپرسور و...
- طراحی، ساخت و تولید انواع سیستم‌های الکترونیکی و الکترونیک قدرت
- صادرات محصولات و خدمات مهندسی به بیش از ۵۰ کشور جهان

۱۱ ۳ ۲۳ الکتروسامانه الوند [۱۶۵]

شرکت الکتروسامانه الوند (السا) در زمینه تولید انواع الکتروموتورهای مورد نیاز در صنایع کشور و به طور خاص سیستم های تهویه مطبوع و نیز تولید انواع فن های سانتریفیوژ (فوروارد، بکوارد) در شهر صنعتی گلپایگان تاسیس گردید.

این شرکت فعالیت خود را با تولید الکتروموتورهای AC از توان ۲۵ تا ۴۵۰ وات براساس تعداد دور و ابعاد مورد درخواست مشتری به صورت تک محور و دو محور (جهت استفاده در انواع فن کویل ها و دیگر صنایع) و همچنین تولید فن‌های یوتیلیتی جهت استفاده در کلیه دستگاه های تامین کننده هوای مثبت و منفی از قبیل اگزاست فن‌ها و هواساز های صنعتی و سایر محصولاتی از این دست آغاز نمود. محصولات شرکت الکترو سامانه الوند با برند " السا " به بازار مصرف عرضه می شوند.

۱۱ ۴ امکان سنجی بومی سازی تولید موتورهای الکتریکی

در کشور ما علیرغم تولید نمونه‌های اولیه و محصولات تحقیقاتی هنوز هیچ نوع خودرو هیبرید برقی و هیبریدی تجاری سازی نشده است. که این امر خود به‌طور زنجیره‌وار مانع رشد و توسعه قطعه‌سازان در این زمینه شده است. همانطور که در این بخش بررسی شد، درحال حاضر شرکت های مختلفی در داخل کشور در حال تولید انواع موتورهای الکتریکی در محدوده‌های توانی مختلف هستند. با توجه به مکاتبات انجام گرفته در مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشرفته با این شرکت‌ها (بخصوص در فرآیند پروژه " **تدوین سند تفصیلی و برنامه عملیاتی توسعه فناوری پیشرانه خودروهای برقی و هیبریدی** "[۱۶۶])، و در نظر گرفتن زیر ساخت موجود، شرکت های مختلفی تمایل خود را برای گام نهادن در زمینی بومی سازی موتور های الکتریکی اعلام کرده اند. البته این شرکت ها همکاری خود را منوط به حمایت مالی و همچنین حمایت صنعت در بازاریابی محصولات آنها دانسته اند. به عنوان مثال جهاد خواجه نصیر، بومی سازی طراحی و ساخت موتور تراکشن مورد نیاز لوکوموتیوهای داخلی را با همکاری شرکت راه‌آهن به انجام رسانیده و طی قراردادی با یک شرکت داخلی، در حال طراحی و ساخت موتور الکتریکی مورد نیاز خودرو برقی آن شرکت است[۱۶۶].

علاوه بر این مرکز، همانطور که در بالا اشاره شد، با توجه به توانایی صنعت برق در ایران شرکت های مختلفی نیز در تولید انواع موتورها در توان‌های مختلف فعالیت می‌کنند که با توجه به وجود دانش فنی مناسب با تعریف چند پروژه توسعه فناوری و همچنین حمایت کمی امکان بومی سازی این محصول در کشور وجود دارد.

با توجه به عدم تقاضا برای طراحی و ساخت مبدل جهت استفاده در خودرو برقی و هیبرید، در حال حاضر نمونه ای جهت استفاده در خودرو برقی تولید نشده است. لیکن فعالیتهای شرکت های فعال در زمینه طراحی و ساخت انواع مبدل‌ها، پتانسیل لازم برای دست یابی به توان و کیفیت بالاتر ساخت مبدل‌ها در کشور را فراهم نموده و با تعریف پروژه های هدفمند می‌توان تولید مبدلهای خودرو برقی را بومی نمود.

بنایراین اینگونه به نظر می‌رسد که علیرغم اینکه تاکنون تجهیزات مورد نیاز مختص خودرو برقی در داخل کشور بومی سازی نشده و قطعات مورد نیاز خودرو برقی و هیبرید از خارج کشور تامین میشوند، زیرساخت های لازم جهت توسعه صنعت خودرو برقی وجود دارد. از این‌رو در حال حاضر کشور پتانسیل تولید تجهیزات خودرو برقی و هیبرید را دارا بوده و طی تعریف پروژه های هدفمند جهت بکارگیری قطعات در خودروهای برقی، میتوان این زمینه را بومی سازی کرده و موتورهای الکتریکی مورد نیاز در پیشرانه اتوبوس‌های برقی را تولید کرد.

۵ ۱۱ نتیجه‌گیری

در این فصل در ابتدا به بررسی فناوری انواع موتورهای الکتریکی کششی در کاربرد خودروهای برقی و هیبریدی و به‌طور خاص اتوبوس‌های درون‌شهری برقی هیبریدی پرداخته شد. همان‌طور که در نتایج مشاهده شد هیچ‌کدام از موتورهای ذکر شده از همه جهات از بقیه بالاتر نبوده و هر نوع موتور دارای نقاط قوت قابل توجهی در دو یا چند ویژگی و ضعف‌های قابل مقایسه‌ای در حداقل یکی از ویژگی‌های دیگر است.

همانطور که در ابتدای این فصل مطرح شد، عیب اصلی موتورهای DC هزینه بالای خرید و تعمیر و نگهداری (به دلیل وجود جاروبک) آنها است بطوریکه امروزه تقریبا در پیشرانه هیچ نوع اتوبوس برقی و هیبرید مدرنی از این نوع موتور استفاده نمی شود. بنابراین با کنار گذاشتن موتور DC باید به دنبال راههای جایگزین آن بود. موتورهای سنکرون مغناطیس دایم (PMSM) و موتورهای القایی را می توان به عنوان دو گزینه اصلی جهت استفاده در پیشرانه اتوبوس‌های برقی دانست. همانطور که در این بخش شرح داده شد، موتور های PMSM (بطور خاص نوع IPM) به دلیل برتری در معیارهای مختلف (نظیر: چگالی توان و گشتاور بالا یا بازده بالا) گزینه اصلی در کاربرد خودروهای سبک محسوب می‌شوند و همچنین از آنها در برخی اتوبوس‌های درون شهری استفاده می شود. استفاده اصلی از ماشین PMSM در اتوبوس‌های هیبرید سری است که همانطور که مشاهده شد تقریبا در تمامی پیشرانه های هیبرید سری مورد مطالعه از ماشین PMSM به عنوان ژنراتور استفاده می شود.

دیگر جایگزین موتورهای DC با جاروبک، موتورهای القایی است. در کاربرد خودروهای برقی سبک علیرغم اقبال عمومی از موتورهای PMSM، برخی خودروسازان نظیر شرکت تسلا تمایل به استفاده از این نوع موتور دارند. این اقبال در خودروهای سنگین به مراتب بیشتر است و موتورهای کشنده القایی در انواع پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی مورد استفاده قرار می گیرند.

در ادامه به بررسی دیگر ماشین‌های کاندید جهت کاربرد در سیستم پیشرانه اتوبوس‌های برقی و هیبریدی پرداخته شد. موتور سنکرون رلوکتانس (SynR) بدلیل حذف آهنربای دایم نسبت به موتور PMSM ارزان‌تر بوده ولی حذف آهنربای دایم و درنتیجه حذف مولفه گشتاور مغناطیسی و همچنین محدودیت مقدار نسبت برجستگی در طراحی‌های عملی ماشین SynR، رقابت آن‌را با دیگر ماشین‌ها در کاربرد کششی و بخصوص در کاربردهای سنگین نظیر اتوبوس‌های برقی محدود می‌کند.

کمبود موفقیت در ماشین‌های SR درخودروهای سواری برقی و اتوبوس‌های درون شهری به علت ضعف آن‌ها و تولید نویز صوتی و همچنین وجود ریپل گشتاور بالا در آن‌ها است. اما در خودروهای برون جاده‌ای[1] و یا خودروهای معدنی با توجه به کم اهمیت بودن این نقاط ضعف، مورداستفاده قرار گرفته است.

در انتها بخش اول با توجه به بررسی های انجام گرفته در این فصل و مطالعه انواع پیشرانه خارجی (در این فصل و گزارش مرحله اول) به نظر می رسد می توان موتور القایی و ماشین PMSM (نوع IPM) را به عنوان دو گزینه اصلی جهت مطالعه و بررسی امکان انتقال دانش فنی و بومی سازی داخلی در نظر گرفت.

در بخش دوم این فصل به بررسی دانش فنی و امکان‌سنجی بومی‌سازی تولید موتورهای الکتریکی پرداخته شد. در کشور ما علیرغم تولید نمونه‌های اولیه و محصولات تحقیقاتی هنوز هیچ نوع خودرو هیبرید برقی و هیبریدی تجاری سازی نشده است. که این امر خود به‌طور زنجیره‌وار مانع رشد و توسعه قطعه‌سازان در این زمینه شده است. همانطور که در این بخش بررسی شد، درحال حاضر شرکت های مختلفی در داخل کشور در حال تولید انواع موتورهای الکتریکی در محدوده‌های توانی مختلف هستند. که بسیاری از این شرکت‌ها تمایل خود را برای گام نهادن در زمینه بومی‌سازی موتورهای الکتریکی اعلام کرده اند. البته این شرکت ها همکاری خود را منوط به حمایت مالی و همچنین حمایت صنعت در بازاریابی محصولات آنها دانسته اند.

فصل ۱۲ فهرست مراجع

[1] Off-Road

[۱] T. F. R. H. M.McDonald, G.Sammer, O.Roider, Dr.R.Klementschitz (2010), CIVITAS Pointer, Cluster report 2:Clean Vehicles and Fuels, Deliverable 2.2 .

[۲] **https://www.doe.ir/portal/file/?563244/%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D9%86%D8%AF%D8%A7%D8%B1%D8%AF-%D8%AD%D8%AF-%D9%85%D8%AC%D8%A7%D8%B2-%D8%A2%D9%84%D8%A7%D9%8A%D9%86%D8%AF%DA%AF%D9%8A-%D8%A7%D9%86%D9%88%D8%A7%D8%B9-%D8%AE%D9%88%D8%AF%D8%B1%D9%88.pdf**. **https://www.doe.ir** (accessed.

[۳] f. c. h. McKinsey (2012) Urban buses: alternative powertrains for Europe. A fact-based analysis of the role of diesel hybrid, trolley and battery electric powertrains .

[۴] h. McKinsey (2012) Urban buses: alternative powertrains for Europe. A fact-based analysis of the role of diesel hybrid, fuel cell, trolley and battery electric powertrains.

[۵] **https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/vehicles/aggregates/powertrain-bus-euro-vi-engines**./

[۶] R. H. M.McDonald, T.Felstead, G.Sammer, O.Roider, Dr.R.Klementschitz (2010), CIVITAS Pointer, Cluster report 2:Clean Vehicles and Fuels, Deliverable 2.2.

[۷] **https://www.bus.man.eu/qa/en/city-buses/man-lions-city-cng/MAN-Lions-City-CNG.html**.

[۸] CIVITAS Guard. Biofuels cities. Handbook for ‘The local implementation of clean(er) fuel policies in Europe .’

[۹] **https://en.wikipedia.org/wiki/BYD_K9**.

[۱۰] C. D. R. V. TNO, Bettina Kampman: Factsheets: Brandstoffen voor het wegverkeer: kenmerken en perspectief (Factsheets fuels for road transportation), TNO-RPT-2011-00607-2. 15 September 2012.

[۱۱] O. U. P. C. C. Chan and K. T. Chau. Modern Electric Vehicle Technology, New York, 2001.

[۱۲] M. Ehsani, Gao, Y., Longo, S., Ebrahimi, K. (2018). Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, Third Edition. Boca Raton: CRC Press.

[۱۳] D. Crolla, and Foster E. Encyclopedia of Automotive Engineering John Wiley & Sons Press, 2014.

[۱۴] Z. Živanović and Z. Nikolic, *The application of electric drive technologies in city buses*. INTECH Open Access Publisher, 2012.

[۱۵] "**www.hybridrive.com**".

[۱۶] HarveyD, "**www.greencarcongress.com**," 2018.

[۱۷] "Ballard powers first fuel cell bus at Orange County transit agency," *Fuel Cells Bulletin*, vol. 2016, no. 6, 2016. [Online]. Available: **https://doi.org/10.1016/S1464-2859(16)30133-X**.

[۱۸] L. Eudy, "Fuel Cell Bus Evaluations - DOE Hydrogen and Fuel Cells Program." [Online]. Available: **https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review14/tv008_eudy_2014_o.pdf**

[۱۹] "Series H: Fuel cell electric." **http://www.hybridrive.com/fuel_cell.php** (accessed.

[۲۰] "**www.allisontransmission.com**".

[۲۱] X. Lu and Z. Yang, "Molten salt batteries for medium-and large-scale energy storage," in *Advances in Batteries for Medium and Large-Scale Energy Storage*: Elsevier, 2015, pp. 91-124.
[۲۲] "**www.altenergymag.com/articles/04.04.01/thundervolt/contents.html**".
[۲۳] "**www.siemens.com**".
[۲۴] "**http://www.stm.info/en/press/news/2013**".
[۲۵] "**www.eaton.com**." (accessed.
[۲۶] W.-W. Xiong and C.-L. Yin, "Design of series-parallel hybrid electric propulsion systems and application in city transit bus," *Journal of World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS)*, vol. 8, no. 5, pp. 578-590, 2009.
[۲۷] G. Wu and Z. Dong, "Design, analysis and modeling of a novel hybrid powertrain system based on hybridized automated manual transmission," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol ,۹۳ .pp. 688-705, 2017.
[۲۸] "**www.volvobuses.co.uk**".
[۲۹] S. M. Lukic and A. Emadi, "Effects of drivetrain hybridization on fuel economy and dynamic performance of parallel hybrid electric vehicles," *IEEE transactions on vehicular technology*, vol. 53, no ,۲ .pp. 385-389, 2004.
[۳۰] "**www.voith.com**." (accessed.
[۳۱] F. S. a. EBTC, "Techview Report: Electric Busses," April 2015
[۳۲] M. G. Richard. "Citaro Hybrid Bus Wins 2008 DEKRA Environmental Award." **www.treehugger.com** (accessed.
[۳۳] "Mercedes-Benz Citaro with all-electric drive system: Locally emission-free and almost silent through the city." **https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Mercedes-Benz-Citaro-with-all-electric-drive-system-Locally-emission-free-and-almost-silent-through-the-city.xhtml?oid=33859393** (accessed.
[۳۴] "Electric mobility: Emission-free through the city: the countdown to the Mercedes-Benz Citaro with all-electric drive has begun." **https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko.xhtml?oid=30233760** (accessed.
[۳۵] M. KANE. "Volvo Officially Launches 7900 Plug-In Hybrid Bus." **https://insideevs.com/volvo-officially-launches-7900-plug-hybrid-bus/** (accessed.
[۳۶] T. Hamilton. "Next Stop: Ultracapacitor Buses." **https://www.technologyreview.com/s/415773/next-stop-ultracapacitor-buses/** (accessed.
[۳۷] "Will supercapacitors supersede batteries?." [Online]. Available: **https://www.electronicsweekly.com/news/design/will-supercapacitors-supersede-batteries-2018-11/**
[۳۸] "Europe Lithium Ion Battery Market (2018-2024): Market Forecast by Power Capacities, by Components, by Materials, Bb Countries, by Applications and Competitive Landscape," Europe, 2018. [Online]. Available: **https://www.researchandmarkets.com/reports/4464257/europe-lithium-ion-battery-market-2018-2024**
[۳۹] "C4 ۰Clean Bus Declaration/Low emission vehicles." **http://www.c40.org/networks/low_emission_vehicles** (accessed.

[۴۰] "The Paris Agreement." [Online]. Available: **https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/d2hhdC1pcy**.
[۴۱] A. Abdulah, U. Guida ,S. Parnici, M. Van den Bergh, and M. d. B. Goralczyk, "ZeEUS eBus Report, An overview of electric buses in Europe," *ZeEUS project*, 2018.
[۴۲] "Volvo Diesel Hybrid Buses procured by LTA." **https://landtransportguru.net/volvo-diesel-hybrid-buses-procured-by-lta** (accessed.
[۴۳] ۱۳۴$"m trial on feasibility of hybrid, electric bus fleet." **https://www.straitstimes.com/singapore/transport/134m-trial-on-feasibility-of-hybrid-electric-bus-fleet** (accessed.
[۴۴] eurasianetwork. "Moscow will have 600 new electric buses in 2019." **https://eurasianetwork.eu/2018/05/17/moscow-will-receive-200-new-electric-buses-next-september/** (accessed.
[۴۵] "Mayor's Transport Strategy," 2018. [Online]. Available: **www.london.gov.uk**
[۴۶] "Bus fleet audit," 31 March 2018. [Online]. Available: **https://tfl.gov.uk/**
[۴۷] P. C. Madan B. Regmi "Policy Options for Deployment of Electric and Hybrid Vehicles in Asia," Transport Division, United Nations ESCAP, OCTOBER 2018 .
[۴۸] "Global EV Outlook," International Energy Agency (IEA), 2018. [Online]. Available: **www.iea.org**
[۴۹] "ADJUSTMENT TO SUBSIDIES FOR NEW ENERGY VEHICLES IN CHINA," The international council on clean transportation, 2017 .
[۵۰] "FAME SCHEME INTRODUCES INCENTIVES FOR ELECTRIC BUSES." **https://india.uitp.org/articles/fame-scheme-electric-buses-india** (accessed.
[۵۱] A. R. Shyam. "Ashok Leyland's new electric bus may turn focus to battery swapping " The Economic Times. **https://economictimes.indiatimes.com/automotive/ashok-leylands-new-electric-bus-may-turn-focus-on-battery-swaping/articleshow/62845416.cms** (accessed.
[۵۲] پ. ا. **http://bus.tehran.ir**. (accessed.
[۵۳] گ. آ. و. ا. ح. و. ن. ش. ت. م. و. س. ح. و. ن. و. ت. ش. ت. ۱۳۹۳.
[۵۴] گ. و. ا. ش. و. ا. ت. ۱۳۹۷.
[۵۵] م. ك. ن. ب. ح. و. و. ل. ت. س. آ. ح. و. و. ت. س. ش.-و. ك. ۱۳۹۴.
[۵۶] پ. ا. **https://oghabafshan.com**.
[۵۷] پ. ا. **www.akia.ir**.
[۵۸] س. ا. س. ي. ا. آ. ه. و. ش. ه. ب. ف. م. ب. م. ص. و. ا. ب. ز. ۹۶.
[۵۹] پ. ا. **https://fa.wikipedia.org/wiki**./
[۶۰] ل. ب. س. ت. ش. ت.-ش. ت.-. ۱۳۹۸-۱۴۰۲.
[۶۱] م. ن. ح. و. ن. ع. ا. د. ه. ب. ب. د. ح. و. ن. ع. ج. ا. م. ح. و. ن. و. ر. و. ش. خ. ۱۳۹۱.
[۶۲] گ. ا. س. ا. س. ا. ت. ب. ش. و. ح. م. م. ت. ک. م. م. ط. ر. ا. ۱۳۹۵.
[۶۳] س. آ. ک. م. آ. ا. ۱۳۹۵.
[۶۴] P. A. o. H. E. S. i. D. D. C. M. M. T. M. R. H.-Y. D. B. M. E. n. p. e. d. systems.۲۰۱۱ ،
[۶۵] U. Galgamuwa, L. Perera, and S. Bandara, "Developing a general methodology for driving cycle construction: Comparison of various established driving cycles in the world to propose a general approach," *Journal of Transportation Technologies*, vol. 5, no. 04, p. 191, 2.۰۱۵

[۶۶] T. J. BARLOW, S. Latham, I. McCrae, and P. Boulter, "A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions," *TRL Published Project Report*, 2009.
[۶۷] R. Barnitt and J. Gonder, "Drive Cycle Analysis, Measurement of Emissions and Fuel Consumption of a PHEV School Bus," National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), 0148-7191, 2011 .
[۶۸] J. Kent, G. Allen, and G. Rule, "A driving cycle for Sydney," *Transportation Research*, vol. 12, no. 3, pp. 14.۱۹۷۸ ,۱۵۲-۷
[۶۹] A. Alam, "Capturing the Effects of Urban Drive Cycles and Passenger Ridership on Transit Bus Emissions and Investigating the Potential of Emission Reduction Strategies," McGill University Libraries, 2015 .
[۷۰] Z. Dai, D. Niemeier, and D .Eisinger, "Driving cycles: a new cycle-building method that better represents real-world emissions," *Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis*, 2008.
[۷۱] H. C. Manual, "Special report 209," *Transportation Research Board, Washington, DC*, vol. 1, p. 985, 1985.
[۷۲] M. Andre, A. J. Hickman, D. Hassel, and R. Joumard, "Driving cycles for emission measurements under European conditions," *SAE transactions*, pp. 562-574, 1995.
[۷۳] M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, and K. Ebrahimi, *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*. CRC press, 2018.
[۷۴] J. Stempien and S. Chan, "Comparative study of fuel cell, battery and hybrid buses for renewable energy constrained areas," *Journal of Power Sources*, vol. 340, pp. 347-۲۰۱۷ ,۳۵۵.
[۷۵] M. Mahmoud, R. Garnett, M. Ferguson, and P. Kanaroglou, "Electric buses: A review of alternative powertrains," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 62, pp. 673-684, 2016.
[۷۶] J. Erjavec, *Hybrid, electric, and fuel-cell vehicles* .Cengage Learning, 2012.
[۷۷] "ترازنامه انرژي سال ۱۳۹۴."
[۷۸] "تلفات بخش انتقال و توزیع برق به ۶/۱۶-درصد رسید." **https://barghnews.com/fa/news/36404** (accessed.
[۷۹] R. Edwards, J. Larivé, D. Rickeard, and W. Weindorf, "Well-to-Tank Report version 4. a: JEC Well-to-Wheels analysis," *EUR-Scientific and Technical Research Reports*, 2014.
[۸۰] F. Cell and H. J. Undertaking, "Urban buses: alternative powertrains for Europe (2012)," *Fact-based analysis of the role of diesel hybrid, hydrogen fuel cell, trolley and battery electric powertrains*.
[۸۱] T. Khilman, "Noise pollution in cities, Curitiba and Goteborg as examples," in *proceedings of the Seminar—Environmental Aspects of Urbanization—Seminar in Honor of Dr. Mostafa Kamal Tolba, Gothenburg, Sweden, in CD*, 2 .۰۰۴
[۸۲] "QM98/02/01(U) "۱۳۹۷ گزارش کیفیت هوا و صدای تهران در سال ۱" اردیبهشت ماه ۱۳۹۸/ ."
[۸۳] P. Nassiri, M. Monazam Esmaeelpour, A. Rahimi Foroushani, H. Ebrahimi, and Y. Salimi, "Occupational Noise Exposure Evaluation in Drivers of Bus Transportation of Tehran City," (in eng), *Iranian Journal of Health and Environment*, Research vol. 2,

no. 2, pp. 124-131, 2009. [Online]. Available: **http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-161-fa.html**.

[۸۴] FCH-JU., "Urban Buses: Alternative Powertrains for Europe. The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU);," 2012 .

[۸۵] F. Laib, A. Braun, and W. Rid, "Modelling noise reductions using electric buses in urban traffic. A case study from Stuttgart, Germany," *Transportation Research Procedia*, vol. 37, pp. 377-384, 2.۰۱۹

[۸۶] J. Turcsany, Features, and C. NVH, "Electric buses and noise," ed: Volvo, 2016.

[۸۷] **https://en.wikipedia.org/wiki/Decibel**. (accessed.

[۸۸] ع. رحيمي, "بررسي آلودگي صوتي اتوبوس وپ. نصيري, ح. ابراهيمي, م. منظم اسماعيل پور, دومين سمپوزيوم بين المللي presented at theهاي شركت واحد اتوبوس راني شهر تهران," مهندسي محيط زيست, ۱۳۸۸. [Online]. Available: **https://www.civilica.com/Paper-ISOEE02-ISOEE02_075.html**.

[۸۹] ح. شبانخو, "مدیریت کاهش آسیب های محیط زیستی پایانه های مسافربری وع. رمضانی شماره . vol. 11, no(مطالعه موردی – پایانه مسافربری غرب تهران)," انسان و محیط زیست, pp. 38-61, 2013. [Online]. Available: **http://he.srbiau.ac.ir/article_3274_619da9d9ca24c80dd3190add6e9c6663.pdf**.

[۹۰] M. Heger and M. Sarraf, "Air pollution in Tehran :health costs, sources, and policies," ed: World Bank, 2018.

[۹۱] **http://bus.tehran.ir/** (accessed.

[۹۲] M. A. Erin Cooper, Aileen Carrigan, Aileen Carrigan, and Umang Jain. "Exhaust emissions of Transit buses: Sustainable Urban Transportation Fuels and Vehicles, available at: **www.embarq.org**." (accessed.

[۹۳] **https://www.roshdsanatniroo.com./**

[۹۴] ا. م. و. ا. سيدسعيد, "اثر گازهاي گلخانه اي بر روي جامعه، محيط زيست، سلامتي، كشاورزي و همايش منطقه اي كشاورزي، presented at theتغييرات آب و هوا و راه هاي كاهش ميزان آن," محور رشد و توسعه, ۱۳۸۷.

[۹۵] **https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas**. (accessed.

[۹۶] باقري, "گازهای گلخانه ای و اثرات آن بر گرمایش جهان و محیط زیست," presented at theح. دومین همایش ملی تنوع زیستی و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست, ۱۳۹۱.

[۹۷] "IPCC (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change .".

[۹۸] P. Forster *et al.*, "Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2," in *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*, 2007.

[۹۹] "سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲: جلد اول، تهیه شده توسط شرکت کنترل کیفیت هوا شهرداری تهران ".

[۱۰۰] پ. م. زیست, "راهنمای محاسبه ، تعیین و اعلام شاخص کیفیت هوا."

[۱۰۱] "سیاهه انتشار آلایندگی شهر تهران برای سال مبنای ۱۳۹۲: جلد دوم، تهیه شده توسط شرکت کنترل کیفیت هوا شهرداری تهران

."

[۱۰۲] "**http://air.tehran.ir/%D9%85%D8%B4%D8%A7%D9%87%D8%AF%D9%87-%D9%85%D9%82%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%AA/ArticleId/694**," ed.

[۱۰۳] K. Funk and A. Rabl, "Electric versus conventional vehicles: social costs and benefits in France," *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* vol. 4, no. 6, pp. 397-411, 1999.
[۱۰۴] R. o. r. a. d. o. s. r. m. f. h. e. v. A. Chiba and K. Kiyota, " in Proc. 2015 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control, and Diagnosis (WEMDCD), Turin, Italy, 2015, pp. 127–131.
[۱۰۵] R. Turconi, A. Boldrin, and T. Astrup, "Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations," *Renewable and sustainable energy reviews,* vol. 28, pp. 555-۵۶۵, ۲۰۱۳.
[۱۰۶] N.-O. Nylund and K. Koponen, *Fuel and technology alternatives for buses: Overall energy efficiency and emission performance*. VTT, 2012.
[۱۰۷] X. Ou, X. Zhang, and S. Chang, "Alternative fuel buses currently in use in China: life-cycle fossil energy use, GHG emissions and policy recommendations," *Energy Policy,* vol. 38, no. 1, pp. 406-418, 2010.
[۱۰۸] J. A. G. Sánchez, J. M. L. Martínez, J. L. Martín, M. N. F. Holgado, and H. A. Morales, "Impact of Spanish electricity mix, over the period ۲۰۰۸–۲۰۳۰, on the life cycle energy consumption and GHG emissions of electric, hybrid diesel-electric, fuel cell hybrid and diesel bus of the Madrid transportation system," *Energy conversion and management,* vol. 74, pp. 332-343, 2013.
[۱۰۹] M. F. Torchio and M. G. Santarelli, "Energy, environmental and economic comparison of different powertrain/fuel options using well-to-wheels assessment, energy and external costs–European market analysis," *Energy,* vol. 35, no. 10, pp. 4156-4171, 2010.
[۱۱۰] E. Cooper ,M. Arioli, A. Carrigan, and U. Jain, "Exhaust Emissions of Transit Buses. Sustainable Urban transportation fuels and Vehicles," Working Paper, EMBARQ, EMBARQ Global, 10 G Street NE, Suite 800, Washington …, 2012 .
[۱۱۱] J. Grütter and A. Grütter Consulting, "Real world performance of hybrid and electric buses," *Renewable energy & energy efficiency promotion in international cooperation,* 2014.
[۱۱۲] "CIVITAS, "Smart choices for cities Clean buses for your city Clean buses for your city," 2013 ".
[۱۱۳] "Smart choices for cities - Clean buses for your city," 2013. [Online]. Available: **www.civitas.eu**
[۱۱۴] L. Nurhadi, S. Borén, and H. Ny, "A sensitivity analysis of total cost of ownership for electric public bus transport systems in Swedish medium sized cities," *Transportation Research Procedia,* vol. 3, pp. 818-827, 2014.
[۱۱۵] M. Pihlatie, S. Kukkonen, T. Halmeaho, V. Karvonen, and N.-O. Nylund, "Fully electric city buses-The viable option," in *2014 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC),* 201 :۴IEEE, pp. 1-8 .
[۱۱۶] J. Ally and T. Pryor, "Life cycle costing of diesel, natural gas, hybrid and hydrogen fuel cell bus systems: An Australian case study," *Energy Policy,* vol. 94, pp. 285-294, 2016.
[۱۱۷] R. Kühne, "Electric buses–An energy efficient urban transportation means," *Energy,* vol. 35, no. 12, pp. 4510-4513, 2010.
[۱۱۸] F. C. a. H. J. U. F. JU), "Urban buses: alternative powertrains for Europe," 2012. [Online]. Available: **www.fch.europa.eu/node/790**

[۱۱۹] "درگاه اطلاع رسانی شرکت واحد اتوبوسرانی تهران." **http://services20.tehran.ir/** (accessed.
[۱۲۰] م. م. و. ب. ر. ش. تهران, "ارزیابی خطوط سامانه اتوبوس‌های تندرو تهران با استاندارد بین‌المللی," ۱۳۹۲.
[۱۲۱] "Index Mundi." **https://www.indexmundi.com/** (accessed.
[۱۲۲] "سایت برق نیوز." **www.barghnews.com** (accessed.
[۱۲۳] ا. م. آ. ت. پور, "برآورد طول عمر اقتصادی اتوبوسهای درون شهری (مطالعه موردی اتوبوسهای شرکت اتوبوس رانی تهران)" presented at the ازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران, ۱۳۹۱.
[۱۲۴] M. Andersson, "Energy storage solutions for electric bus fast charging stations," *Uppsala University*, vol. 20, 2017.
[۱۲۵] "Output 3.3.6: Reference Guide on Trolleybus- Tram Network Use," Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH, Rail&Bus Consultants GmbH, Verkehrs-Consult Leipzig, 2013. [Online .[Available: **www.trolley-project.eu**
[۱۲۶] Y. He, Z. Song, and Z. Liu, "Fast-charging station deployment for battery electric bus systems considering electricity demand charges," *Sustainable Cities and Society*, vol. 48, p. 101530, 2019.
[۱۲۷] A. K. Sen, G .Tiwari, and V. Upadhyay, "Estimating marginal external costs of transport in Delhi," *Transport Policy*, vol. 17, no. 1, pp. 27-37, 2010.
[۱۲۸] ن. منفرد, "تعیین هزینه های اجتماعی (خارجی) انتشار and رحیمی, نسترن, کارگری, صمدیار, در بخش انرژی کشور (نیروگاه ها)," فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط CO2 و NOX، SO2 زیست, vol. 16, no. 3, pp. 107-117, 2014.
[۱۲۹] خداپناه, "پیامدهای بیرونی حمل و نقل با خودرو and ه. زنوز, ز. نژاد, منصور, طایی, حسن, شخصی در شهر تهران," مجله علمی پژوهشی اقتصاد مقداری, vol. 8, no. 2, pp. 51.۲۰۱۱ ,۷۷-
[۱۳۰] M. Santarelli, M. Calì, and A. Bertonasco, "Different fuelling technologies for urban transport bus service in an Italian big town: economic, environmental and social considerations," *Energy Conversion and Management*, vol. 44, no. 14, pp-۲۳۵۳ . ۲۰۰۳ ,۲۳۷۰.
[۱۳۱] L. Goldie-Scot, "A behind the scenes take on lithium-ion battery prices," *Bloomberg New Energy Finance*, 2019.
[۱۳۲] M. S. Kumar and S. T. Revankar, "Development scheme and key technology of an electric vehicle: an overview," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 70, pp. 1266-1285, 2017.
[۱۳۳] J. Hendershot Jr and J. Larkins, "Electric Traction Drives for Heavy Urban Transit Buses," ed: Motorsoft Inc., Lebanon, OH, 2002.
[۱۳۴] S.-H. Kim, *Electric motor control: Dc, ac, and bldc motors*. Elsevier, 2017.
[۱۳۵] L. N. T. I. Boldea, L. Parsa, and D. Dorrell, "Automotive electric propulsion systems with reduced or no permanent magnets: An overview," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 61, no. 10, pp. 5696–5711, Oct. 2014.
[۱۳۶] **www.volvobuses.co.uk**. (accessed.
[۱۳۷] **https://uqm.com**.
[۱۳۸] C. T. M. B. Sarlioglu, D. Han, and S. Li, "Driving toward accessibility: A review of technological improvements for electric machines, power electronics, and batteries for electric and hybrid vehicles," IEEE Ind. Appl. Mag., vol. 23, no. 1, pp. 14–25, Jan.–Feb. 2017.

[۱۳۹] G. r.-e. m. o. o. E. t. m. T. Jahns, IEEE Electrification Magazine, no. 1, pp. 6-18, March 2017.
[۱۴۰] T. M. J. G. Pellegrino, N. Bianchi, W. Soong, and F. Cupertino, The Rediscovery of Synchronous Reluctance and Ferrite Permanent Magnet Motors: Tutorial Course Notes (SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering). New York: Springer -Verlag, 2016.
[۱۴۱] **www.voith.com**. (accessed.
[۱۴۲] **www.siemens.com**.
[۱۴۳] **www.allisontransmission.com**.
[۱۴۴] **http://www.ettehad-group.com./**
[۱۴۵] **http://asem.ir/hompage1.html**. (accessed.
[۱۴۶] **http://electrogenco.com/**. (accessed.
[۱۴۷] **http://turbogen.co.ir/fa/index.php**. (accessed.
[۱۴۸] **http://jdnasir.acecr.ac.ir/fa**. (accessed.
[۱۴۹] **http//:www.jdevs.com/portal/fa/home-page**.
[۱۵۰] **http://www.damandeh.com**.
[۱۵۱] **https://www.roshdsanatniroo.com**.
[۱۵۲] **https://raadmotor.com**.
[۱۵۳] **http://www.geniranfan.com**.
[۱۵۴] **http://www.navidmotor.ir**.
[۱۵۵] **http://www.mahniroo.com**. (accessed.
[۱۵۶] **http//:www.fangenerator.com/**. (accessed.
[۱۵۷] **http://www.motogen.com**.
[۱۵۸] **http://www.arvin-group.com**.
[۱۵۹] **http://www.nianelectronic.com**.
[۱۶۰] **http://www.borna-co.com**.
[۱۶۱] **http://www.fanavarandana.com**.
[۱۶۲] **http://www.xima.ir**.
[۱۶۳] **http://www.imcdrive.com/**. (accessed.
[۱۶۴] **http://ieie-ir.com**.
[۱۶۵] **http://www.elsamotor.com**.
[۱۶۶] " تدوین سند تفصیلی و برنامه عملیاتی توسعه فناوری پیشرانه خودروهای برقی و هیبریدی," پژوهشگاه نیرو, ۱۳۹۷.