پژوهشگاه نیرو
Niroo Research Institute

NRI-ER-1297-CPBH01-03-

مطالعه جامع عملکرد اقتصادی صنعت برق

«تولید ناخالص ملی و

مصرف برق و اقتصاد کلان»

DOI: 10.30503/nripress.2020.267

گروه اقتصاد پژوهشگاه نیرو

آذر 1402


بسم الله الرحمن الرحيم

مطالعه جامع عملکرد اقتصادی صنعت برق

«تولید ناخالص ملی و مصرف برق و اقتصاد کلان»

مدیر پروژه: دکتر کیومرث حیدری

همکاران پروژه: پویان کیانی، مریم محمدی، مرجان کردبچه

مجری: دکتر کیومرث حیدری

انتشارات پژوهشگاه نیرو

1403

کد گزارش: NRI-ER-1297-CPBH01-03-F

DOI: 10.30503/nripress.2020.267

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. گروه اقتصاد برق و انرژی.

مطالعه جامع عملکرد اقتصادی صنعت برق/ مدیر پروژه: دکتر کیومرث حیدری / کارفرما: شرکت برق منطقه‌ای خراسان، 1403..

125 صفحه: مصور / نمودار / جدول

1. پویان کیانی، مریم محمدی، مرجان کردبچه؛ همکاران پروژه. 2. کیومرث حیدری، مجری پروژه.

3. محورهای اصلی پروژه: تولید ناخالص ملی، مصرف برق، رمز ارز، اقتصاد کلان.

انتشارات پژوهشگاه نیرو

گروه اقتصاد برق و انرژی

کلیه حقوق قانونی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

نشانی: تهران،شهرک‌غرب،انتهای‌بلوارشهیددادمان،پژوهشگاه‌نیرو، کدپستی: 1468613113

تلفن: 9-88079401

نمابر: 88078296

وبگاه: *www.nri.ac.ir*

پست الکترونیک انتشارات: *publications@nri.ac.ir*

بسمه‌تعالی



پژوهشگاه نیرو

شماره:

تاریخ:

پیوست:

فرم تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب کیومرث حیدری 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:

1. پویان کیانی
2. مریم محمدی
3. مرجان کردبچه

پیشگفتار

در تحقق برنامه‌های توسعه هر کشور، انرژی و به طور خاص، انرژی الکتریکی نقشی تعیین‌کننده و محوری ایفا می‌کند. درک عمیق و تحلیل رابطه انرژی الکتریکی با متغیرهای اقتصادی، به ویژه متغیرهای اقتصاد کلان، می‌تواند بر کیفیت سیاست‌گذاری در حوزه برق و انرژی تاثیرگذار باشد. صرف نظر از برخی مطالعات انجام شده برای برآورد ارتباط تولید یا مصرف انرژی الکتریکی با تولید ناخالص ملی و یا رشد اقتصادی، آلودگی و تولید/مصرف برق، تحلیل عمیق‌تر رابطه صنعت برق با اقتصاد کلان در ایران به ویژه متکی به یک چارچوب مفهومی و فراتر از برآوردهای حوزه آمار و اقتصادسنجی، چندان مورد توجه قرار نگرفته است. تعریف و تصویب این مطالعه، با هدف بررسی دقیق‌تر ارتباط صنعت برق و اقتصاد کلان انجام شده است. برای این مطالعه، بخش‌های مختلفی پیش‌بینی شده است. در این گزارش، دو حوزه‌ی مرتبط با هم یعنی ارزش افزوده (ملی و صنعت برق) و همچنین ارتباط برخی متغیرها و شاخص‌های سمت مصرف با متغیرهای کلان اقتصادی به ویژه تولید ناخالص ملی مورد توجه، بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در بخش اول، قبل از هر چیز به تولید ناخالص ملی، نحوه تعیین آن، تغییرات سری زمانی آن، برخی شاخص‌های مشتق شده‌ی آن مانند تولید سرانه، مقادیر گزارش شده توسط مراجع معتبر جهانی مانند بانک جهانی و صندوق بین‌المللی پول برای این متغیر و سایر مباحث مرتبط مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این بخش از آن جهت حائز اهمیت است که بسیاری از آمارهای مقایسه‌ای و تحلیل‌های جاری مراکز مختلف متکی به این آمارهاست. لذا بازنگاهی عمیق‌تر به این متغیرها و نقد آنان می‌تواند ضمن شفاف شدن ابعاد جدیدی از موضوع، برای درک و بهره‌برداری درست‌تر به ویژه برای سیاست‌گذاری حائز اهمیت و مفید باشد.

در همین بخش و در ادامه، ارزش افزوده بخش صنعت مورد توجه قرار گرفته است. در همین ارتباط اصولا گروه تحقیق با سؤالاتی مانند چگونگی محاسبه ارزش افزوده بخش برق، مقدار محاسبه شده، نسبت ارزش افزوده برق به ارزش افزوده ملی مواجه بوده است.

طبق تعریف، ارزش افزوده از تفاضل مجموع مصارف واسطه به کار رفته در جریان تولید کالاها و خدمات از ارزش ستانده مؤسسه در طول یک دوره مالی به دست می‌آید به عبارت روشن‌تر ارزش افزوده برابر است با تفاضل ارزش ستانده و ارزش مصارف واسطه در اقتصاد. قاعدتا انتظار می‌رود بر اساس این روش و قواعد تعریف شده و پذیرفته شده در مورد کالاها و خدمات تولیدی در کشور، ارزش افزوده صنعت برق نیز محاسبه و گزارش شود. این در حالی است که بررسی‌های گروه تحقیق منجر به یافته‌هایی شده که نتیجه‌ای متفاوت با جمع‌بندی فوق را نشان می‌دهد.

مهم‌ترین نکته در این بخش، صرف نظر از شفاف‌سازی و ارائه تصویری درست از وضع جاری، طرح این سؤال اساسی است که اصولا در فضای قیمت‌های تنظیمی و یارانه‌ای، آیا می‌توان به نتایج اعلام شده به عنوان ارزش افزوده اعتماد کرد یا خیر؟ اگر اشکالی وجود دارد و نتایج محاسبات را با خدشه مواجه کرده، این اشکالات کدام‌اند؟ و در نهایت، روش پیشنهادی جایگزین برای رفع این اشکالات چیست؟

در بخش دوم این گزارش، با تمرکز بر بخش مصرف، ارتباط برخی متغیرهای سمت مصرف با شاخص‌های کلان اقتصادی به ویژه شاخص‌های مرتبط با تولید ناخالص ملی مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. گر چه در بسیاری از مطالعات رابطه آماری تولید ناخالص ملی و تقاضای انرژی به طور عام و انرژی الکتریکی به طور خاص مورد توجه قرار گرفته و نتایج برخی مطالعات آماری و اقتصادسنجی در این زمینه نیز به صورت رسمی یا غیر رسمی منتشر شده که در بخش ادبیات موضوع این تحقیق نیز بررسی و به اختصار منعکس شده‌اند، با این حال نمی‌توان بدون توجه به نکات و یافته‌های بخش اول به روابط مورد اشاره پرداخت. در حقیقت به همین علت دو بخش تولید ناخالص ملی / ارزش افزوده و رابطه تولید ناخالص ملی و مصرف انرژی الکتریکی در یک مجموعه مورد توجه و بررسی قرار گرفته‌اند.

اهم نتایج و یافته‌های کلیدی این گزارش به شرح زیر است:

- ✓ تولید ناخالص ملی کشور به قیمت جاری از حدود 163 همت (هزار میلیارد تومان) در سال 1383، بنا به محاسبات بانک مرکزی به 3434 همت و بنا به محاسبات مرکز آمار ایران به 5233 همت در سال 1399 افزایش یافته است.
- ✓ نکته حائز اهمیت، وجود اختلاف صفر یا ناچیز بین تولید ناخالص محاسبه شده توسط دو مرجع تا اوایل دهه 1390 بوده اما به تدریج شکاف میان محاسبات این دو مرجع پررنگ‌تر شده به طوری که طی یک دهه، این شکاف به 1799 همت رسیده که به نسبت محاسبات مرکز آمار، 34 درصد و به نسبت محاسبات بانک مرکزی، بیش از 52 درصد تولید ناخالص ملی را شامل می‌شود.
- ✓ تولید ناخالص حقیقی کشور به قیمت ثابت از حدود 500 همت (هزار میلیارد تومان) در سال 1383، بنا به محاسبات بانک مرکزی به 636 همت و بنا به محاسبات مرکز آمار ایران به 725 همت در سال 1399 افزایش یافته است.
- ✓ اختلاف تولید ناخالص حقیقی محاسبه شده توسط مرکز آمار و بانک مرکز (معادل 90 همت) به ترتیب معادل 12.4 و 14 درصد تولید ناخالص گزارش شده توسط هر یک از این مراجع است. این رقم تاثیر معنی‌داری بر کمیت گزارش شده برای شاخص‌هایی مانند شدت مصرف انرژی خواهد گذاشت.
- ✓ تا جایی که به رشد تولید ناخالص ملی حقیقی مربوط باشد، استناد به داده‌های بانک مرکزی و مرکز آمار می‌تواند به نتایج مشابهی منجر شود؛ اما در مواردی که با سطح این متغیر سروکار داریم (مثلا تولید ناخالص سرانه و یا شدت مصرف انرژی) همچنان شاهد تاثیرگذاری مرجع منتخب بر نتایج خواهیم بود.
- ✓ مقدار حقیقی تولید ناخالص داخلی سرانه از سال 1370 تابه‌حال، همواره کمتر از 100 میلیون ریال بوده است. در سال‌های اخیر نیز این متغیر با افت نسبی به حدود 86 میلیون ریال کاهش‌یافته است. روند ثابت و یا کاهشی درآمد سرانه در مقابل روند افزایشی مصرف انرژی، حاکی از افت مستمر بهره‌وری مصرف انرژی است.

- ✓ میان رشد اقتصادی هدف‌گذاری شده و رشد اقتصادی محقق شده شکاف معنی‌داری وجود دارد. با عنایت به ساختار متمرکز تصمیم سازی و تصمیم‌گیری در بخش انرژی، انتظار می‌رود این شکاف و نوسانات مترتب بر آن موجب بروز پدیده خواب سرمایه و خسارت‌های ناشی از آن شده باشد.
- ✓ بررسی‌های انجام شده تقویت کننده این گمانه‌زنی است که ارزش افزوده صنعت برق، مبتنی بر روش فرایندی محاسبه نشده و حاصل‌ضرب فروش برق در قیمت تکلیفی (تنظیمی) است. از این جهت مورد اشکال است. قیمت‌های تنظیمی و یارانه‌ای انرژی به طور عام و انرژی الکتریکی به طور خاص، موجب شده است قابلیت اعتماد ارزش افزوده محاسبه شده در این بخش (و همچنین در مورد کالاها و خدمات مشابه) مورد سؤال واقع شود. با این حال این یافته در دست بررسی دقیق‌تر است.
- ✓ ارزش افزوده بخش برق در مجموع کمتر از 2 درصد بوده است. این نسبت در یک دهه اخیر در دامنه‌ی 0.39 تا 1.49 قرار داشته است. با این حال، علی‌رغم سهم قابل چشم‌پوشی ارزش افزوده برق نسبت به تولید ناخالص ملی، تحقق ارزش افزوده سایر بخش‌ها به طور جدی به انرژی الکتریکی وابسته است.
- ✓ سهم پائین ارزش افزوده بخش برق در اقتصاد حاکی از این است که با هدایت سهم ناچیزی از جریان نقدینگی سایر بخش‌ها به بخش برق، می‌توان نسبت به تاثیرگذاری معنادار آن برای تسکین مسائل بخش برق امیدوار بود. این در حالی است که در غیاب این موضوع، استمرار مشکلات بخش برق، عدم کفایت سرمایه‌گذاری یا تعمیر و نگهداری به هنگام را موجب شده و در نتیجه با افزایش احتمال بروز خاموشی، تحقق ارزش افزوده سایر بخش‌های اقتصادی، با خطر جدی مواجه می‌شود.
- ✓ گر چه مصرف برق در ایران در سال‌های اخیر همواره رشد مثبت و بالایی داشته اما رشد مصرف برق در ایران در سه دهه گذشته نسبت به برخی از کشورهای در حال توسعه مانند چین، هند و کره جنوبی کمتر بوده است.
- ✓ رشد مصرف انرژی نیز کمتر از کشورهای چین و هند بوده است، اگر چه همچنان نسبت به متوسط جهانی رشد مصرف برق و انرژی ایران در سه دهه گذشته بیشتر بوده است.
- ✓ سهم برق از مصرف انرژی نسبت به سایر کشورهای مورد بررسی کمتر بوده است و سرعت رشد این شاخص در سه دهه گذشته نیز برای ایران از سایر کشورها کمتر بوده است.
- ✓ نتایج شدت مصرف برق و انرژی ایران و مقایسه آن با سایر کشورها نیز نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن تعاریف متفاوت از تولید، این شاخص می‌تواند متفاوت باشد، اگر چه همه این شاخص‌ها روند صعودی شدت مصرف برق و انرژی در ایران را در سه دهه گذشته تایید می‌کنند. این موضوع در حالیست که روند شدت مصرف برق و انرژی در کشورهای توسعه یافته در این بازه همواره نزولی بوده است تنها در بعضی از کشورهای در حال توسعه مانند عربستان سعودی این روند صعودی بوده است.

- ✓ در بخش خانگی سرانه مصرف نهایی برق ایران تقریبا برابر با متوسط جهانی است و نسبت به کشورهای در حال توسعه کمتر است درحالی‌که سرانه مصرف نهایی انرژی ایران بیش از دو برابر سرانه مصرف جهانی است. همچنین اگر چه سرانه مصرف نهایی برق آمریکا بیش از 4 برابر ایران بوده است اما سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی ایران تنها 30 درصد کمتر از ایالات‌متحده آمریکا است. پایین بودن سرانه مصرف نهایی برق خانگی در ایران عمدتا به مصرف هم‌زمان سایر انواع حامل‌های انرژی، علاوه بر برق، در بخش خانگی است.
- ✓ بررسی وضعیت مصرف برق و انرژی بخش صنعت نشان می‌دهد که سهم بخش صنعت از مصرف برق و انرژی در ایران کمتر از متوسط جهانی بوده است. البته باید به این نکته توجه داشت که تعریف بخش‌ها در کشورهای مختلف تفاوت‌هایی با هم دارد، بنابراین اختلاف در دامنه شمول بخش صنعت می‌تواند بخشی از تفاوت‌های فوق را نشان دهد.

نتایج برآورد کشش تقاضای برق نشان می‌دهد که کشش تقاضای برق در کلیه بخش‌های مورد بررسی کمتر از یک است. بدین معنا که افزایش یک در صد در قیمت برق، تاثیر کمتر از یک درصد بر میزان مصرف برق در بخش‌های مختلف دارد.

فهرست مطالب

پیشگفتار 6
1- فصل اول: تولید ناخالص داخلی و صنعت برق 17
1-1- مقدمه 17
1-2- تولید ناخالص داخلی 18
1-2-1-روش‌های محاسبه تولید ناخالص داخلی 19
1-1-2-1-روش تولید (جمع ارزش افزوده‌ها) 19
1-2-1-2-روش مخارج (روش هزینه) 19
1-3-1-2-روش درآمد(توزیع) 20
1-2-2-تولید ناخالص داخلی اسمی 21
1-2-3-تولید ناخالص داخلی حقیقی 22
1-2-4-تولید ناخالص داخلی سرانه 23
1-2-5-نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (رشد اقتصادی) 24
1-2-6- مقایسه‌های بین‌المللی 25
1-3- انرژی و تولید ناخالص ملی 27
1-3-1-تولید ناخالص داخلی و صنعت برق 29
1-1-3-1-محاسبه ارزش افزوده فعالیت تأمین برق در دو نهاد آماری مرکز آمار ایران و بانک مرکزی 30
1-2-3-1-رابطه ارزش افزوده بخش برق با سایر متغیرهای اقتصادی 33
2- فصل دوم: مصرف برق و اقتصاد کلان 37
2-1- مقدمه 37
2-2- بررسی وضعیت مصرف برق 37
2-2-1-مصرف برق کل بخش‌ها 37
2-2-2-مصرف انرژی و برق در ایران و دیگر کشورها 40
2-2-3-شدت مصرف برق و انرژی 45
2-3-2-2-1-شدت مصرف برق 45
2-3-2-2-2-شدت مصرف انرژی 52
2-2-4-نقد شاخص شدت انرژی 57
2-2-5-سهم بخش‌های مختلف از مصرف برق 58

2-3- مصرف بخش خانگی 61
2-3-1-روند مصرف برق خانگی در ایران 61
2-3-2-مقایسه مصرف برق و انرژی خانگی ایران و سایر کشورها 63
2-3-3-مصرف برق بخش خانگی به تفکیک استان 67
2-3-3-1-برآورد تقاضای برق خانگی 73
2-4- مصرف بخش صنعت 76
2-4-1-روند مصرف برق صنعت در ایران 77
2-4-2-مقایسه ایران با سایر کشورها 78
2-4-3-مصرف برق در بخش صنعت به تفکیک استان 83
1-1-1- برآورد تابع تقاضا برق صنعت 86
2-5- بخش کشاورزی 89
2-5-1-تعرفه‌های کشاورزی 91
2-5-2-مصرف بخش کشاورزی به تفکیک استان 93
2-5-3-برآورد تابع تقاضای برق کشاورزی 98
2-6- سایر عوامل موثر بر مصرف برق 100
2-6-1-انباشت کمبود و مصرف برق 103
2-6-2-جمعیت و مصرف برق 104
2-6-3-بعد خانوار 106
2-6-4-افزایش روستاهای برقدار شده و مصرف برق 107
2-6-5-عدم بهبود بهره‌وری انرژی و مصرف برق 108
2-6-6-تغییرات آب‌وهوا و مصرف برق 110
2-6-7-اقتصاد زیرزمینی و مصرف برق 112
2-6-8-برقی شدن و مصرف برق 117
2-6-9-اقتصاد دیجیتال و مصرف برق 117
2-6-10-استخراج رمز ارزها 120
3-فهرست منابع 123

فهرست جدول‌ها

جدول 1-1: مقایسه تولید ناخالص داخلی ایران در آمار بانک جهانی و صندوق بین‌المللی پول 26
جدول 2-1: نتایج حاصل از تخمین تابع تقاضای برق خانگی..... 74
جدول 2-2: آمار توصیفی بخش مصارف صنعت و معدن 87
جدول 2-3: برآورد مدل با رویکرد DCCE در بخش صنعت 88
جدول 2-4: تعرفه برق کشاورزی 92
جدول 2-5: دسته‌بندی مشترکین مصارف تولید (آب و کشاورزی)..... 92
جدول2-5: آمار توصیفی بخش کشاورزی در دوره فروردین‌ماه 1394 تا اسفندماه 1398 99
جدول 2-6: برآورد مدل با رویکرد DCCE در بخش کشاورزی..... 99
جدول 2-7: روش‌های محاسبه اقتصاد زیرزمینی..... 114
جدول 2-8: برآوردهای حداقل و حداکثر توان تقاضا برای شبکه بیت کوین 121

فهرست نمودارها

نمودار 1-2: تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت جاری..... 21
نمودار 1-2: تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت ثابت سال پایه 1390..... 22
نمودار 1-3: تولید ناخالص داخلی سرانه ایران به قیمت جاری و ثابت..... 24
نمودار 1-4: نرخ رشد اقتصادی ایران..... 25
نمودار 1-5: تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های جاری و ثابت..... 27
نمودار 1-1: ارتباط ابعاد مختلف انرژی با افزایش درآمد سرانه 28
نمودار 1-6: ارزش افزوده فعالیت تأمین برق به قیمت جاری..... 30
نمودار 1-7: ارزش افزوده فعالیت تأمین برق به قیمت ثابت 31
نمودار 1-9: رشد ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) کشور به قیمت جاری 32
نمودار 1-10: رابطه رشد ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) به قیمت ثابت و رشد مصرف برق33
نمودار 1-11: نسبت ارزش افزوده تولید، انتقال و توزیع برق به تولید ناخالص داخلی 34
نمودار 1-12: نسبت ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) به ارزش افزوده بخش کشاورزی..... 34
نمودار 1-13: نسبت ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) به ارزش افزوده بخش صنعت 35
نمودار 1-14: نسبت ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) به ارزش افزوده بخش خدمات 35
نمودار 1-15: رشد ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) و تورم 36

نمودار 1-16: رشد ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) و نرخ ارز 36
نمودار2-1: روند مصرف برق کل بخش‌ها در ایران 38
نمودار 2-2: روند متوسط قیمت اسمی و حقیقی کل بخش‌ها در ایران 39
نمودار 2-3: متوسط رشد سالانه مصرف برق در بازه (2021-1990) 41
نمودار 2-4: متوسط رشد سالانه مصرف انرژی در بازه (2021-1990) 42
نمودار 2-5: سهم مصرف نهایی برق از مصرف نهایی کل انرژی در سال 2020 43
نمودار 2-6: سهم مصرف برق نهایی از مصرف کل انرژی نهایی 44
نمودار 2-7: شدت مصرف برق در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015) 46
نمودار 2-8: شدت مصرف برق کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015) 47
نمودار 2-9: شدت مصرف برق ایران و کشورهای توسعه یافته در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015) 48
نمودار 2-10: شدت مصرف انرژی در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید) 49
نمودار 2-11: شدت مصرف برق کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید) 50
نمودار 2-12: شدت مصرف برق ایران و کشورهای توسعه یافته در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید) 51
نمودار 2-13: شدت مصرف انرژی در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015) 52
نمودار 2-14- شدت مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015) 53
نمودار 2-15: شدت مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015) 54
نمودار 2-16: شدت مصرف انرژی در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید) 55
نمودار 2-17: شدت مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید) 56

نمودار 2-18: شدت مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید) 57
نمودار 2-19: روند مصرف بخش‌های مختلف برق در ایران 59
نمودار 2-20: روند تغییر سهم بخش‌های مختلف ایران مصرف برق 59
نمودار 2-21: سهم بخش‌های مختلف ایران از متوسط مصرف برق (1400-1373) 60
نمودار 2-22: روند مصرف برق سرانه در بخش خانگی 62
نمودار 2-23: سهم بخش خانگی از کل مصرف نهایی برق سال 2020 63
نمودار 2-24: سهم بخش خانگی از کل مصرف نهایی برق سال 2020 64
نمودار 2-25: سرانه مصرف نهایی برق خانگی (هزار کیلووات ساعت) سال 2020 64
نمودار 2-26: سرانه مصرف نهایی برق خانگی کشورهای منتخب (هزار کیلووات ساعت/ نفر) 65
نمودار 2-27: سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی کشورهای منتخب سال 2020 (BTU) 66
نمودار 2-28: سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی کشورهای منتخب (BTU) 67
نمودار 2-29: سهم تعداد مشترکین، مقدار مصرف و درآمد حاصل از برق خانگی استان نسبت به کشور (سال 1400) 68
نمودار 2-30: متوسط سرانه مصرف برق و متوسط قیمت برق خانگی استان‌های کشور در سال 1400 69
نمودار 2-31: متوسط مصرف سرانه برق استان‌های کشور 1400-1390 70
نمودار 2-32: متوسط سالانه نیاز به گرمایش برای دوره 1400-1390 71
نمودار 2-33: متوسط سالانه نیاز به سرمایش برای دوره 1400-1390 72
نمودار 2-34: متوسط مصرف سرانه برق بخش خانگی ایران 1400-1390 73
نمودار 2-35: توزیع نرمال تقاضای برق خانگی 74
نمودار 2-36: روند مصرف برق بخش صنعت 77
نمودار 2-37: رشد ارزش افزوده بخش صنعت و رشد مصرف برق بخش صنعت 78
نمودار 2-38: رشد ارزش افزوده بخش صنعت و رشد مصرف برق بخش صنعت در سال 2020 79
نمودار 2-39: روند سهم بخش صنعت از مصرف برق در کشورهای مختلف 79
نمودار 2-40: سهم بخش صنعت از مصرف انرژی در سال 2020 80
نمودار 2-41- روند سهم بخش صنعت از مصرف انرژی 81
نمودار 2-42: شدت مصرف برق بخش صنعت 82

نمودار 2-43- شدت مصرف انرژی بخش صنعت 83
نمودار 2-44- متوسط مصرف برق بخش صنعت در دوره 1400-1390 84
نمودار 2-45: متوسط ارزش افزوده سالانه بخش صنعت به قیمت ثابت سال 1395 در دوره 1400-1390..... 85
نمودار 2-46: متوسط شدت مصرف برق صنعت در دوره 1400-1390 86
نمودار 2-47: مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی (میلیون بشکه نفت خام) 89
نمودار 2-48: سهم بخش کشاورزی از کل مصرف برق 90
نمودار 2-49: تعداد چاه‌های کشاورزی برق‌دار شده مصرف برق کشاورزی 91
نمودار 2-50: مصرف برق در زیربخش حمل‌ونقل برق..... 93
نمودار 2-51: متوسط مصرف برق کشاورزی استان‌های ایران در دوره 1400-1390 94
نمودار 2-52: متوسط ارزش افزوده سالانه بخش کشاورزی استان‌های ایران در دوره 1399-1390 95
نمودار 2-53: میانگین ارتفاع بارندگی استان‌های ایران در دوره 1400-1390 96
نمودار 2-54: مصرف برق، ارزش افزوده بخش کشاورزی و میزان بارش سالانه (1399-1390) 97
نمودار 2-55: متوسط شدت مصرف برق کشاورزی (کیلووات ساعت/ میلیون ریال) در دوره 1400-1390 98
نمودار 2-56: رشد تولید ناخالص داخلی و رشد کل مصرف برق در دوره 1400-1390 101
نمودار 2-57: رشد ارزش افزوده گروه صنایع و معادن و رشد مصرف برق صنعتی در دوره 1400-1390..... 101
نمودار 2-58: رشد تولید ناخالص داخلی سرانه و رشد مصرف سرانه برق خانگی در دوره 1400-1390 102
نمودار 2-59: رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی و رشد مصرف برق کشاورزی در دوره 1400-1390 102
نمودار 2-60: رشد ارزش بخش خدمات و رشد مصرف برق خدمات در دوره 1400-1390..... 103
نمودار 2-61: حداکثر قدرت تأمین شده و تأمین نشده و حداکثر تقاضا در دوره 1400-1369 104
نمودار 2-62: کل مصرف برق و جمعیت در دوره 1400-1368..... 105
نمودار 2-63: سرانه مصرف برق خانگی و کل بخش‌ها در دوره 1400-1368..... 105
نمودار 2-64: بعد خانوار و مصرف برق خانگی در دوره 1400-1390 107
نمودار 2-65: تعداد روستاهای دارای برق در دوره 1400-1369..... 108
نمودار 2-66: بهره‌وری مصرف نهایی برق و انرژی در دوره 1400-1369..... 109
نمودار 2-67: کل مصرف برق و میانگین بارش سالانه کشور در دوره 1400-1368..... 111
نمودار 2-68: کل مصرف برق و میانگین دمای سالانه کشور در دوره 1400-1368 112
نمودار 2-69: اقتصاد زیرزمینی و مصرف برق در دوره 1400-1369 116
نمودار 2-70: سهم مصرف نهایی برق از کل مصرف نهایی انرژی ایران 117

نمودار 2-71: سرانه مصرف برق و دسترسی به اینترنت نسل سوم و چهارم در ایران 119
نمودار 2-72: میزان مصرف برق عملیات استخراج بیت کوین در سال‌های 2020-2021 122

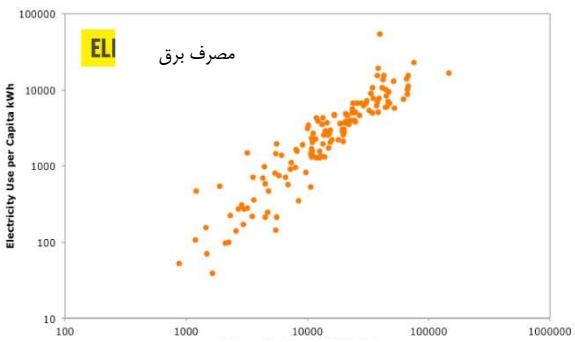
1- فصل اول: تولید ناخالص داخلی و صنعت برق

1-1- مقدمه

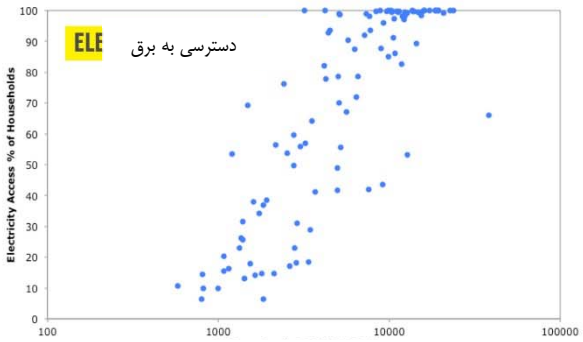
تولید ناخالص داخلی[1] مهم‌ترین متغیری است که در تجزیه و تحلیل‌ها و ارزیابی‌های وضعیت اقتصاد کلان یک کشور مورد بهره‌برداری و استناد قرار می‌گیرد. بر اساس تعاریف پذیرفته شده در کتب مرجع اقتصاد کلان، تولید ناخالص داخلی برابر با ارزش پولی تمامی کالاها و خدمات نهایی تولید شده در داخل مرزهای یک کشور طی دوره زمانی خاص است. این متغیر از وجوه مختلفی حائز اهمیت است. سطح آن، مجموع فعالیت‌های تولیدی-خدماتی در یک سال معین را بازتاب می‌دهد. درصد تغییرات آن، بیانگر رشد اقتصادی است. رشد مثبت یا منفی آن انعکاسی از رونق و رکود اقتصاد است. سرانه آن (در کنار نقدهای وارد بر آن) می‌تواند انعکاسی از سطح رفاه جامعه باشد هر چند برای تشخیص درجه تقارن این رفاه باید به شاخص‌های مکمل مانند ضریب جینی متوسل شد. این متغیر در کنار میزان انرژی مصرفی در همان دوره در کشور، بیانگر شدت مصرف انرژی است. تغییرات شاخص اخیر، تشخیص تغییرات بهره‌وری انرژی را ممکن می‌سازد. با این فرض که تولید بیشتر، متکی به گسترش فعالیت‌های تولیدی و خدماتی است و این فرض را هم بپذیریم که این گسترش، متکی به انرژی به طور عام و انرژی الکتریکی به طور خاص است، پیش‌بینی تحقق سطح بالاتری از تولید ناخالص ملی و رشد مثبت اقتصادی، تقاضای بیشتر انرژی را در پی خواهد داشت.

بنابراین، با این مقدمه، بازنگاهی عمیق‌تر و دقیق‌تر به تولید ناخالص ملی و کشف ابعاد ناشناخته ارتباط آن با بخش انرژی دارای اهمیت است. گر چه برخی عبارت‌های فوق (مانند رابطه مثبت رشد اقتصادی و تقاضای انرژی) به صورت کلی درست و در عین حال قابل قبول هستند اما برای تبدیل این عبارت‌های کلی به عبارت‌هایی علمی، دقیق و قابل بهره‌برداری برای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری، می‌بایست با عبور از این سطح عمومی، به تشخیص‌های دقیق‌تر و قابل اتکا تر دست یافت. این بخش از مطالعه با چنین هدفی مورد توجه قرار گرفته است.

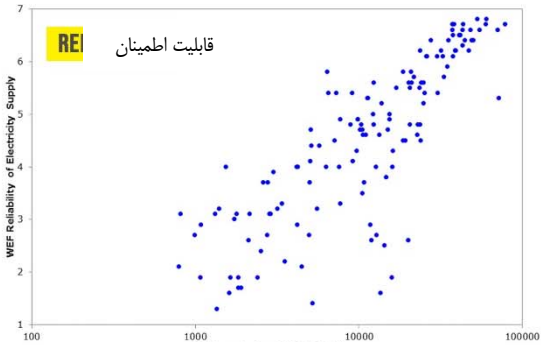
1 Gross Domestic Product GDP



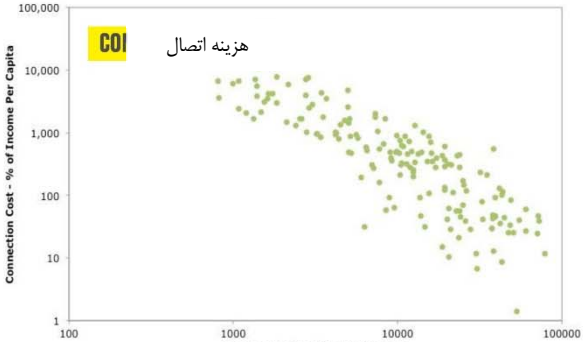
GDP بر حسب شاخص PPP (دلار)- 2011



GDP بر حسب شاخص PPP (دلار)- 2011



GDP بر حسب شاخص PPP (دلار)- 2011



GDP بر حسب شاخص PPP (دلار)- 2011

در این بخش از گزارش پس از بررسی تولید ناخالص داخلی ایران و روش‌های محاسبه آن، ابتدا سیر تاریخی تولید ناخالص ملی و شاخص‌های مرتبط با آن مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سپس، ارزش افزوده برق، تغییرات تاریخی آن و سهم بخش برق از تولید ناخالص داخلی کشور بررسی شده است. در ادامه، با بررسی دقیق‌تر شیوه فعلی محاسبه ارزش افزوده برق، برخی مشخصات و اشکالات آن شناسایی و معرفی شده‌اند. در نهایت، جمع‌بندی این بخش ارائه شده است.

2-1- تولید ناخالص داخلی

در میان شاخص‌های اقتصاد کلان، تولید ناخالص داخلی[۲] از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا نه تنها به‌عنوان مهم‌ترین شاخص عملکرد اقتصادی در تجزیه و تحلیل‌ها و ارزیابی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، بلکه بسیاری از دیگر اقلام کلان اقتصاد، محصولات جنبی محاسبه و برآورد آن محسوب می‌گردند. تولید ناخالص داخلی نشانگر کل ارزش ریالی محصولات نهایی تولیدشده توسط واحدهای اقتصادی مقیم کشور در دوره زمانی معین (سالانه یا فصلی) است.

[2] Gross Domestic Product (GDP)

مفهوم امروزی این شاخص همانند بسیاری از نوآوری‌ها محصول جنگ است. ابداع این شاخص و استفاده از آن حاصل تلاش‌های دو اقتصاددان بزرگ سیمون کوزنتس (تخمین درآمد ملی ایالات‌متحده در سال ۱۹۳۲ برای درک اندازه کامل رکود بزرگ) و جان مینارد کینز (در سال ۱۹۴۰، یک سال پس از آغاز جنگ جهانی دوم با انتشار مقاله‌ای در خصوص عدم کفایت آمارهای اقتصادی برای محاسبه تولید در اقتصاد بریتانیا) است. استفاده از این شاخص رفته‌رفته به معیاری برای نشان دادن توسعه اقتصادی و مبنایی برای میزان توسعه یافتگی کشورها، کمک‌ها و وام‌های بین‌المللی مبدل شد. از طریق همین شاخص رشد اقتصادی کشورها که همان درصد افزایش تولید ناخالص داخلی است، اندازه‌گیری می‌شود.

البته پس از شکست سیاست‌های اجماع واشنگتن و نقدهای مکاتب جدید گفتمان پساتوسعه، پارادایم توسعه دستخوش تغییر گردید. نظریات جدید توسعه اقتصادی با محور قرار دادن مردم و سازمان‌های غیردولتی، از پایین به بالا و از درون جامعه[3] پیش می‌رود و دیگر، شاخص تولید ناخالص داخلی یک معیار کامل برای اندازه‌گیری رفاه اجتماعی، نشان دادن آثار محیط زیستی و توزیع مناسب درآمدها به شمار نمی‌آید.

تولید ناخالص داخلی را می‌توان به روش‌های مختلفی محاسبه کرد. اهم این روش‌ها به شرح زیر است:

1-2-1- روش‌های محاسبه تولید ناخالص داخلی

برای محاسبه تولید ناخالص داخلی سه روش مختلف تولید (ارزش افزوده)[4]، مخارج (هزینه)[5] و درآمد (توزیع)[6] وجود دارد. شایان ذکر است که روش‌های تولید و درآمد در سطوح مختلف، از بنگاه اقتصادی تا سطح کلان اقتصاد قابل محاسبه بوده، اما روش مخارج تنها در سطح اقتصاد کلان قابل اندازه‌گیری است.

1-1-2-1- روش تولید (جمع ارزش افزوده‌ها)

تولید ناخالص داخلی به روش تولید از حاصل جمع ارزش افزوده رشته فعالیت‌های اقتصادی مختلف در کشور به دست می‌آید. ارزش افزوده در این روش به صورت تفاضل مجموع مصارف واسطه به کار رفته در جریان تولید کالاها و خدمات از ارزش ستانده صنعت در طول دوره مالی مشخص به دست می‌آید؛ به عبارت دیگر، می‌توان نوشت:

ارزش افزوده = ارزش فروش – ارزش کالا و خدمات واسطه‌ای خریداری شده

2-1-2-1- روش مخارج (روش هزینه)

[3] **مجله مطالعات توسعه اجتماعی ایران، سال پنجم/شماره سوم/تابستان 9312 -پسا توسعه‌گرایی و بازنمایی‌های انتقادی از گفتمان توسعه؛ رویکردی مردمی، آرش بیداهلل خانی و دکتر حمید احمدی**

[4] Value Generation
[5] Expenditure
[6] Income distribution

در اقتصاد ارزش تولید کل همواره با ارزش مخارج کل برابر است؛ بنابراین یکی از راه‌های محاسبه تولید ناخالص داخلی جمع‌کردن هزینه‌های نهایی واحدهای اقتصادی باهم است. در واقع می‌توان فرض کرد تمامی کالاها و خدمات تولید شده یا توسط خانوار و دولت مصرف می‌شوند یا سرمایه‌گذاری شده یا در نهایت صادر می‌شوند. به‌طور خلاصه می‌توان نوشت:

$$Y=C+G+I+(X-M)$$

در اینجا Y تولید ناخالص داخلی است که برابر است با جمع هزینه مصرف خانوار (C)، مخارج دولت (G)، سرمایه‌گذاری (I) و درنهایت صادرات (X).

از آنجا که در مصرف خانوار و دولت می‌توان کالاهای وارداتی را مشاهده کرد، در نهایت باید ارزش کالاهای وارداتی (M) را از ارزش کل اقلام مذکور کم کنیم.

3-1-2-1- روش درآمد (توزیع)

ارزش کالاها و خدمات نهایی تولید در کشور در بین عوامل تولید به شکل درآمد توزیع می‌شود؛ بنابراین با برآورد درآمد به دست آمده از عوامل تولید، می‌توان ارزش کل کالاها و خدمات نهایی تولید شده در کشور را محاسبه کرد و به عبارتی از مجموع هزینه جبران خدمات، هزینه استهلاک، مالیات و مازاد عملیاتی به دست می‌آید. البته در مواردی که بنگاه علاوه بر مالیات مستقیم بر واحد کالای تولیدی یا خدمت ارائه شده، مالیات غیرمستقیم نیز پرداخت می‌کند و یا از دولت یارانه‌ای دریافت می‌کند، مابه‌التفاوت مالیات‌های غیرمستقیم و یارانه باید به چهار مؤلفه فوق اضافه شود؛ بنابراین داریم:

لازم به ذکر است که در گزارش‌های وزارت نیرو و همچنین وزارت نفت، نحوه جزئی‌تر محاسبه ارزش افزوده به روش درآمدی به صورت جبران خدمات کارکنان (شامل هزینه کارکنان تولیدی به صورت مستقیم و سربار و هزینه کارکنان فروش مستقیم و عمومی) + مصرف سرمایه‌های ثابت (سرمایه‌های تولیدی و اداری شامل ماشین‌آلات و تجهیزات، ساختمان و تاسیسات)+ سود تقسیم نشده-درآمد دارایی‌های دریافتنی (سود سهام، بهره، رانت (اجاره دارایی تولید نشده))+ درآمد دارایی پرداختنی (سود سهام، بهره و رانت)- انتقالات جاری دریافتنی (مانند خسارات بیمه غیر عمر، خسارات جبران نشده توسط بیمه و سایر انتقالات)+ انتقالات جاری پرداختنی (حق بیمه‌های پرداختنی غیر عمر، مالیات بر درآمد و خالص مالیات بر فروش دارایی)- خالص سود حاصل از فروش دارایی+ کاهش ارزش موجودی انبار+ مطالبات مشکوک‌الوصول اشاره شده است.

در کنار شیوه محاسبه، تولید ناخالص ملی به شیوه‌های مختلف نیز قابل گزارش است. هر کدام از این شیوه‌ها می‌توانند بازتاب اطلاعات کمی متفاوتی باشند. اهم این شیوه‌ها عبارت‌اند از:

- ✓ تولید ناخالص اسمی (به قیمت جاری)
- ✓ تولید ناخالص حقیقی (به قیمت ثابت سال پایه)
- ✓ تولید ناخالص سرانه

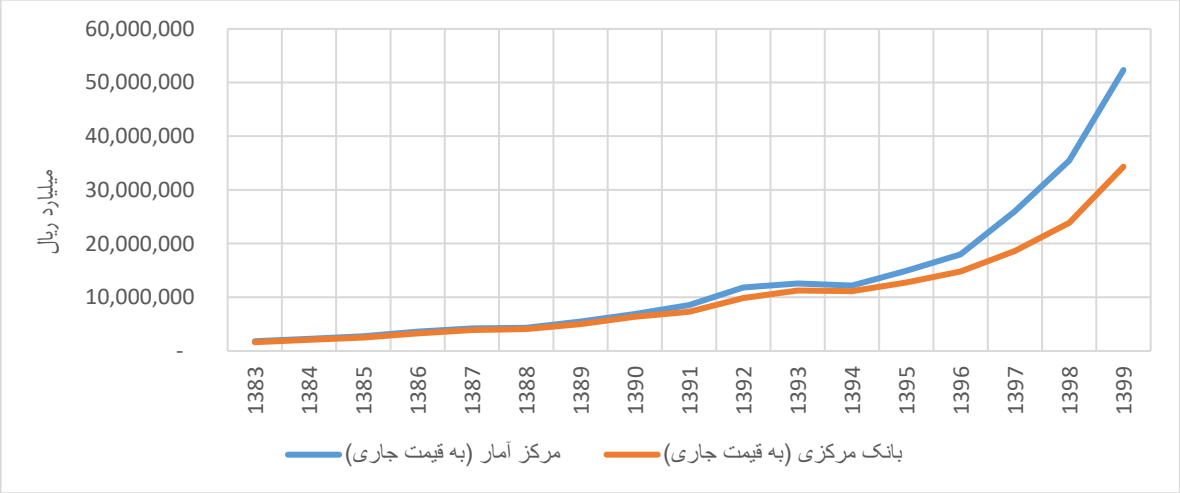
- ✓ تغییرات (رشد) تولید ناخالص

در ادامه به هر یک از این موارد پرداخته شده است.

2-2-1- تولید ناخالص داخلی اسمی[7]

تولید ناخالص داخلی اسمی یا جاری، کل ارزش ریالی محصولات نهایی تولیدشده است بدون اینکه توسط نرخ تورم تعدیل شده باشد یا به عبارتی با قیمت‌های فعلی محاسبه می‌شود.

نمودار 1-1: تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت جاری



منبع: حساب‌های ملی مرکز آمار ایران و بانک مرکزی

همچنان که در نمودار 1-1 قابل مشاهده است، تولید ناخالص ملی کشور به قیمت جاری از حدود 163 همت (هزار میلیارد تومان) در سال 1383، بنا به محاسبات بانک مرکزی به 3434 همت و بنا به محاسبات مرکز آمار ایران به 5233 همت در سال 1399 افزایش یافته است. گر چه این اختلاف[8] مهم بوده و می‌تواند موضوع بحث‌های پژوهشی باشد، اما درجه اهمیت آن متأثر از تاثیرگذاری بر نتایج و مباحث بعدی بوده و هر جا لازم باشد، مورد توجه خاص قرار خواهد گرفت. نکته حائز اهمیت، وجود اختلاف صفر یا ناچیز بین تولید ناخالص محاسبه شده توسط دو مرجع تا اوایل دهه 1390 بوده اما به تدریج شکاف میان محاسبات این دو مرجع پررنگ‌تر شده به طوری که طی یک دهه، این شکاف به 1799 همت رسیده که به نسبت محاسبات مرکز آمار، 34 درصد و به نسبت محاسبات بانک مرکزی، بیش از 52 درصد تولید ناخالص ملی را شامل می‌شود. این شدت اختلاف میان محاسبات دو مرجع رسمی نمی‌تواند امری قابل چشم‌پوشی باشد. همچنان

[7] Nominal GDP

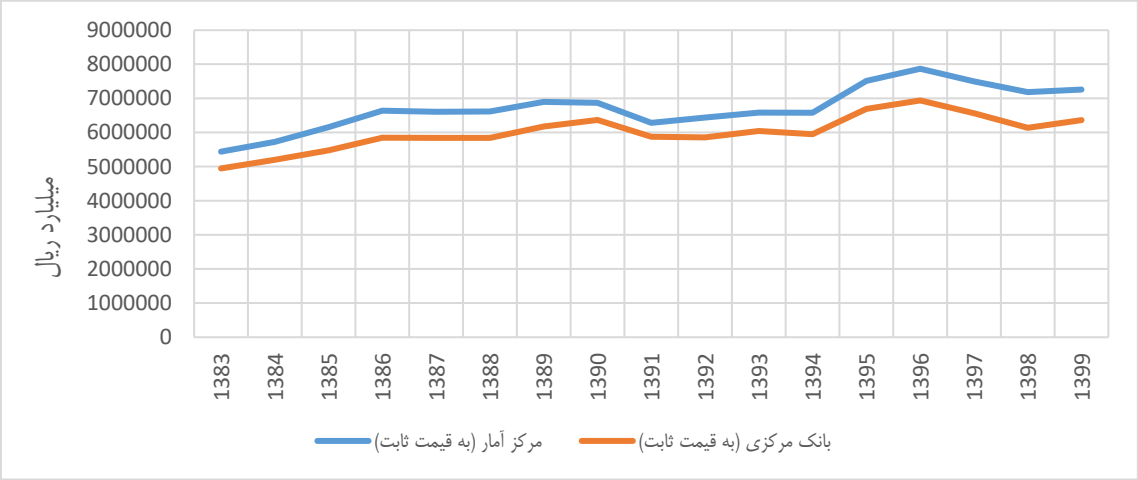
[8] **به طور کلی به نظر می‌رسد مهم‌ترین عوامل ایجاد اختلاف در نتایج منتشر شده توسط مرکز آمار ایران و بانک مرکزی را می‌توان به سه دسته کلی یعنی منابع اطلاعاتی، عدم انطباق طبقه‌بندی‌ها و به‌کارگیری روش‌های محاسباتی متفاوت تقسیم کرد.**

که بعدا نشان داده خواهد شد، با فرض اینکه میزان انرژی مصرفی به طور عام و انرژی الکتریکی به طور خاص بر اساس یک کمیت فیزیکی (به طور مثال بر اساس بشکه نفت خام یا ژول) محاسبه و اعلام می‌شود، دو مقدار اعلام شده برای تولید ناخالص ملی، به دو مقدار بسیار متفاوت و با تبعات مقایسه‌ای مترتب بر آن، برای شدت انرژی منجر خواهد شد.

3-2-1- تولید ناخالص داخلی حقیقی[9]

تولید ناخالص داخلی حقیقی یا به قیمت ثابت نشان‌دهنده ارزش تولیدات سال مورد نظر با قیمت‌های «سال پایه[10]» است. سال پایه در واقع سالی است که برای محاسبه تولید ناخالص داخلی حقیقی و مقایسه با سال‌های دیگر از قیمت‌های آن استفاده می‌کنیم تا تاثیر تورم مثبت یا منفی حذف شود. تولید ناخالص داخلی حقیقی ارزش ریالی محصولات نهایی تولیدشده است بدون اینکه تغییرات قیمتی را در نظر گرفته باشد.

نمودار 1-2: تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت ثابت سال پایه 1390



منبع: حساب‌های ملی مرکز آمار ایران و بانک مرکزی

برای محاسبه رشد اقتصادی از تولید ناخالص داخلی حقیقی استفاده می‌شود؛ بنابراین، تولید ناخالص داخلی حقیقی به ما امکان بررسی این موضوع را می‌دهد که ببینیم تغییر تولید ناخالص داخلی به علت افزایش تولیدات است یا ناشی از افزایش قیمت‌ها.

همچنان که ملاحظه می‌شود، تولید ناخالص حقیقی کشور به قیمت ثابت از حدود 500 همت (هزار میلیارد تومان) در سال 1383، بنا به محاسبات بانک مرکزی به 636 همت و بنا به محاسبات مرکز آمار ایران به 725 همت در سال 1399 افزایش یافته است. بررسی تولید ناخالص ملی حقیقی در این دوره (تقریبا معادل دو دهه) نشان می‌دهد رشد اقتصادی

[9] Real GDP
[10] Base Year

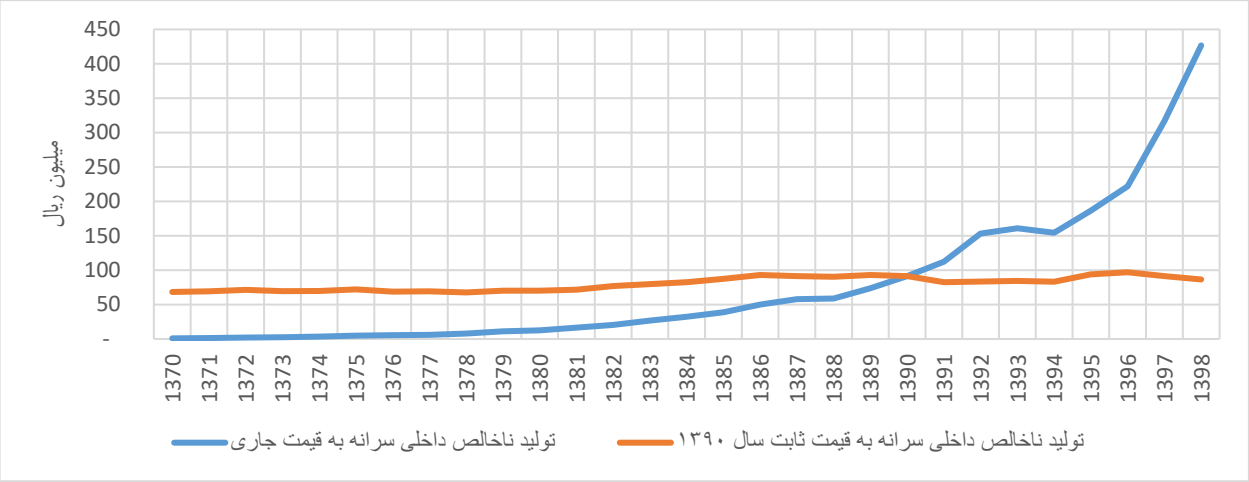
سالانه به طور متوسط کمتر از 1.5 درصد بوده است. این رشد، با مقادیر همواره ثابت 8 درصدی هدف‌گذاری شده در برنامه های توسعه (که قاعدتا مبنای برنامه‌ریزی برای ایجاد زیرساخت‌ها بوده است) تفاوت فاحشی دارد. آثار این عدم انطباق بین رشد هدف‌گذاری شده و رشد محقق شده در حوزه‌های مختلفی قابل مشاهده و بررسی است.

نکته حائز اهمیت اینکه اختلاف این دو مرجع در مورد نحوه محاسبه تولید ناخالص ملی، در طول سال‌های مورد بحث، نسبتاً ثابت بوده است. گر چه با استناد به تولید حقیقتی، افزایش تدریجی شکاف محاسباتی این دو مرجع تا حدودی مرتفع شده است اما این اختلاف معادل 90 همت بوده و به ترتیب معادل 12.4 و 14 درصد تولید ناخالص گزارش شده توسط هر یک از این مراجع است. این رقم تاثیر معنی‌داری بر کمیت گزارش شده برای شاخص‌هایی مانند شدت مصرف انرژی خواهد گذاشت کاهش شکاف فوق نشان می‌دهد تقریبا نیمی از آن به متغیرهای اسمی (مانند قیمت) و نیم دیگر به متغیرهای حقیقی برمی‌گردد. در هر حال، این اختلاف به سادگی قابل چشم‌پوشی نیست. نکته دیگر اینکه تا جایی که به رشد تولید ناخالص ملی حقیقی مربوط باشد، استناد به داده‌های بانک مرکزی و مرکز آمار می‌تواند به نتایج مشابهی منجر شود؛ اما در مواردی که با سطح این متغیر سروکار داریم (مثلا تولید ناخالص سرانه و یا شدت مصرف انرژی) همچنان شاهد تاثیرگذاری مرجع منتخب بر نتایج خواهیم بود.

4-2-1- تولید ناخالص داخلی سرانه

تولید ناخالص داخلی سرانه، میزان تولید (اسمی یا حقیقی) به ازای هر نفر از کل جمعیت یک کشور را نشان می‌دهد؛ تولید سرانه می‌تواند حقایق مختلفی را بازتاب دهد. اولین مورد، بهره‌وری و تغییرات آن است. هر چه تولید سرانه افزایش یافته باشد، می‌تواند نشانه‌ای از بهبود بهره‌وری باشد. البته از آنجائی که جمعیت شاغل کشور تنها بخشی از جمعیت کل کشور بوده و در عین حال عوامل دیگری غیر از نیروی کار ممکن است موجب افزایش تولید شده باشند، لذا این نتیجه‌گیری تا قبل از بررسی‌های دقیق‌تر، نمی‌تواند از استحکام کافی برخوردار باشد. برای مثال، اگر سرانه GDP یک کشور با سطح جمعیت پایدار در حال رشد باشد، می‌تواند نتیجه پیشرفت‌های تکنولوژیکی باشد که با همان سطح جمعیت تولید شده است. نکته دیگر، ارتباط سرانه تولید و رفاه یک جامعه است. با افزایش تولید ناخالص ملی سرانه، انتظار می‌رود رفاه نیز افزایش یابد با این حال در این مورد نیز بنا به دلایلی از جمله میزان نامتقارن بودن توزیع درآمد در جامعه، سرانه تولید به تنهائی برای نتیجه‌گیری فوق از کفایت برخوردار نیست.

نمودار 1-3: تولید ناخالص داخلی سرانه ایران به قیمت جاری و ثابت



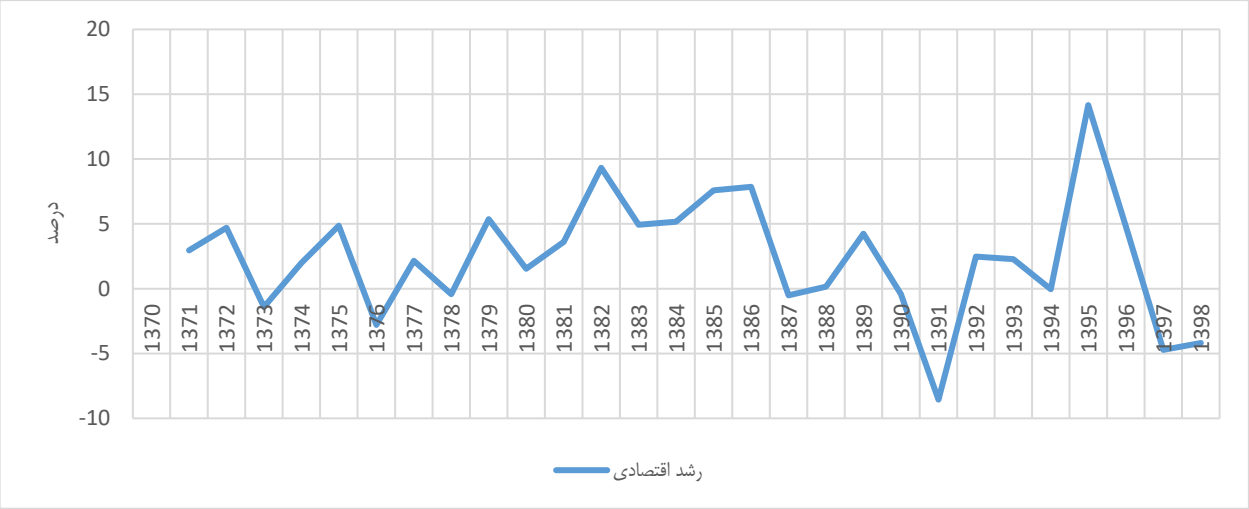
منبع: مرکز آمار ایران

بر اساس آنچه در نمودار 3 گزارش شده است، تولید ناخالص داخلی سرانه اسمی از حدود یک میلیون ریال در سال 1370 به حدود 430 میلیون ریال در سال 1398 افزایش یافته است. با این حال، بر اساس مقادیر حقیقی، این متغیر تقریبا یک روند ثابت را طی کرده و همواره کمتر از 100 میلیون ریال بوده است. در سال‌های اخیر نیز این متغیر با افت نسبی به حدود 86 میلیون ریال کاهش‌یافته است. همچنان که در بخش‌های بعدی ملاحظه خواهیم کرد، روند ثابت و یا کاهشی درآمد سرانه در مقابل روند افزایشی مصرف انرژی، حاکی از افت مستمر بهره‌وری مصرف انرژی است.

5-2-1- نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (رشد اقتصادی)

نرخ رشد تولید ناخالص داخلی تغییر سال به سال (یا فصل‌به‌فصل مشابه سال قبل) در تولید اقتصادی یک کشور را برای اندازه‌گیری سرعت رشد یک اقتصاد مقایسه می‌کند. این معیار که معمولاً به صورت درصد بیان می‌شود، برای سیاست‌گذاران اقتصادی محبوب است، زیرا تصور می‌شود رشد GDP با اهداف سیاستی کلیدی مانند نرخ تورم و بیکاری مرتبط است. نرخ رشد تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت بیانگر رشد اقتصادی می‌باشد.

نمودار 1-4: نرخ رشد اقتصادی ایران



منبع: مرکز آمار ایران

نکته حائز اهمیت این نمودار، شکاف معنی‌دار میان رشد اقتصادی هدف‌گذاری شده و رشد اقتصادی محقق شده است. از آنجائی که بخش انرژی کشور با یک ساختار متمرکز تصمیم سازی و تصمیم‌گیری همراه بوده و با این فرض که رشد اقتصادی هدف‌گذاری شده محقق خواهد شد، نسبت به برآورد میزان ظرفیت لازم برای عرضه انرژی اقدام و برنامه سرمایه‌گذاری تجویز شده است، انتظار می‌رود این شکاف و نوسانات مترتب بر آن موجب بروز پدیده خواب سرمایه و خسارت‌های ناشی از آن شده باشد. این موضوع در بخش‌های آتی پژوهش با شواهد و دقت بیشتری مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

6-2-1- مقایسه‌های بین‌المللی

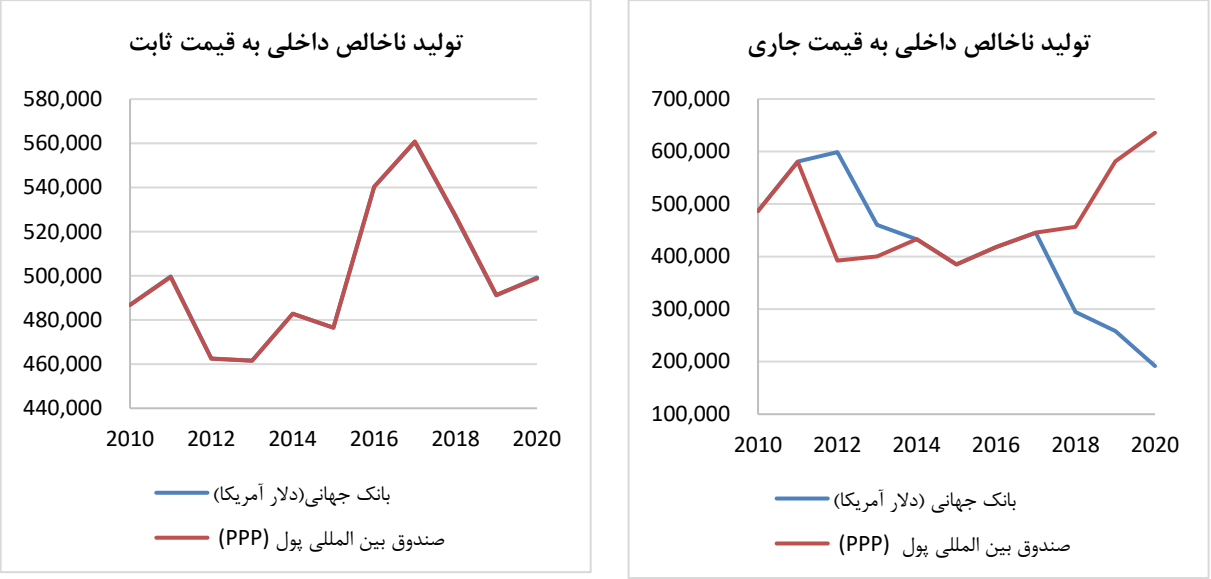
تولید ناخالص ملی، یکی از معیارهای اصلی برای مقایسه وضعیت اقتصادی کشورهای مختلف بوده و بسیاری از شاخص‌ها بر این اساس محاسبه و مبنای مقایسه قرار می‌گیرند. برای این منظور و از آنجائی که محاسبه تولید ناخالص ملی معمولا بر مبنای واحد پول رایج هر کشور محاسبه و گزارش می‌شود، برای مقایسه پذیر کردن این متغیر، آن را به یک واحد مشترک (دلار) تبدیل می‌کنند. با این حال، این تبدیل همواره مشکلاتی را به دنبال داشته و مقایسه وضعیت کشورها بر این اساس قابل نقد است. جدول (1-1) تولید ناخالص ملی ایران به روایت بانک جهانی و صندوق بین‌المللی پول را نشان می‌دهد.

جدول 1-1: مقایسه تولید ناخالص داخلی ایران در آمار بانک جهانی و صندوق بین‌المللی پول

شرح	تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت (دلار آمریکا)	تولید ناخالص داخلی به قیمت جاری (دلار آمریکا)	تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت (PPP- دلار بین‌المللی)	تولید ناخالص داخلی به قیمت جاری (PPP- دلار بین‌المللی)
مرجع	بانک جهانی	بانک جهانی	صندوق بین‌المللی پول	صندوق بین‌المللی پول
2010	486,808	486,808	486,774	486,774
2011	499,687	580,765	499,430	580,113
2012	462,488	598,868	462,472	392,295
2013	461,590	460,293	461,547	400,087
2014	482,839	432,687	482,779	433,088
2015	476,462	384,951	476,502	385,023
2016	540,291	417,984	540,354	418,064
2017	560,579	445,345	560,887	445,528
2018	526,799	294,357	527,234	456,590
2019	491,060	258,245	491,382	581,252
2020	499,220	191,718	498,753	635,724

با توجه به جدول (1-1) و بر اساس آخرین آمار و اطلاعات منتشر شده از بانک جهانی در سال 2021، تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت جاری 191718 میلیون دلار بیان شده است. صندوق بین‌المللی پول در همین سال تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت جاری را 581252 میلیون دلار محاسبه کرده است. در نمودار (1-5) تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های جاری و ثابت طی دوره زمان 2010-2020 بر اساس منابع منتشر شده توسط بانک جهانی و صندوق بین‌المللی پول نشان داده شده است.

نمودار 1-5: تولید ناخالص داخلی به قیمت‌های جاری و ثابت



منبع: بانک جهانی و صندوق بین‌المللی پول

با توجه به نمودار (1-5)، بر اساس منابع آماری مختلف تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت ثابت سال 2010 بسیار نزدیک به یکدیگر است. دلیل این امر این است که هر دو منبع آماری از آمارهای بانک مرکزی ج.ا.ا برای محاسبات خود استفاده می‌کنند و نرخ تبدیل ارز در ایران به قیمت ثابت سال 2010 پس از تعدیلات لازم برابر 12800 ریال بوده است. از طرفی رشد تولید ناخالص داخلی محاسبه شده در هر دو منبع یکسان است؛ اما تولید ناخالص داخلی ایران به قیمت جاری در دو منبع متفاوت است به طوری که در سال‌های 2017 به بعد این تفاوت به خوبی دیده می‌شود. دلیل این امر تفاوت در نرخ تبدیل ارز است. بانک جهانی برای محاسبه قیمت دلاری تولید ناخالص داخلی به قیمت جاری در ایران از میانگین وزنی نرخ دلار در بازار رسمی و غیر رسمی (منتشر شده توسط بانک مرکزی ج.ا.ا) استفاده و آن را تعدیل می‌کند اما صندوق بین‌المللی پول با دلار رسمی به محاسبه تولید ناخالص داخلی می‌پردازد. در اینجا نیز می‌توان به تاثیر تولید ناخالص ملی محاسبه و اعلام شده بر شاخص‌هایی مانند شدت انرژی اشاره کرد. بدیهی است هر چه تولید ناخالص ملی در سطح کمتری گزارش شود، شدت انرژی بالاتر می‌رود.

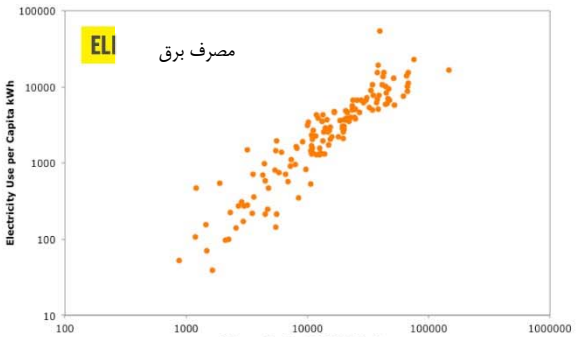
3-1- انرژی و تولید ناخالص ملی

انرژی ارتباط تنگاتنگی با توسعه اقتصادی دارد. واضح است که سطوح بالاتر تولید ناخالص داخلی با مصرف بیشتر برق، دسترسی به برق، قابلیت اطمینان و هزینه اتصال به شبکه ارتباط دارد (نمودار 1-1)[11]. لذا هیچ راهی برای توسعه بدون

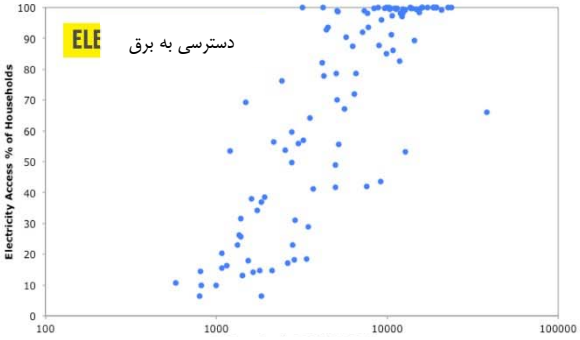
11 International Review of Environmental and Resource Economics- Vol 12 > Issue 1- 06 Nov 2018
© 2018 P. J. Burke, D. I. Stern and S. B. Bruns

مصرف بیشتر انرژی وجود ندارد. مثال تاریخی در این زمینه به دوران قبل و بعد از انقلاب صنعتی برمی‌گردد. قبل از انقلاب صنعتی، اقتصادها به استفاده از منابع انرژی ارگانیک، از جمله هیزم، نیروی انسانی و اسب بخار محدود بودند. هنگامی که نوآوری و فناوری اجازه داد تا از زغال‌سنگ به عنوان یک منبع انرژی استفاده شود، به طور قابل توجهی امکانات تولید بیشتری باز شد که منجر به تولید نمایی و رشد اقتصادی شد.

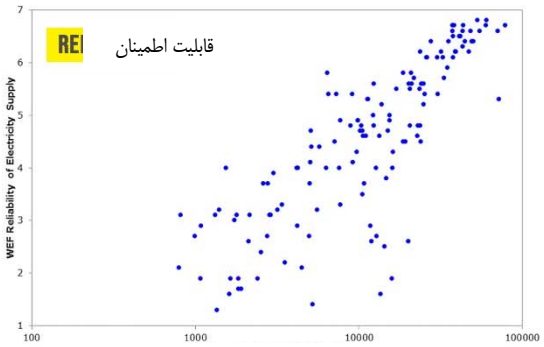
نمودار 1-6: ارتباط ابعاد مختلف انرژی با افزایش درآمد سرانه



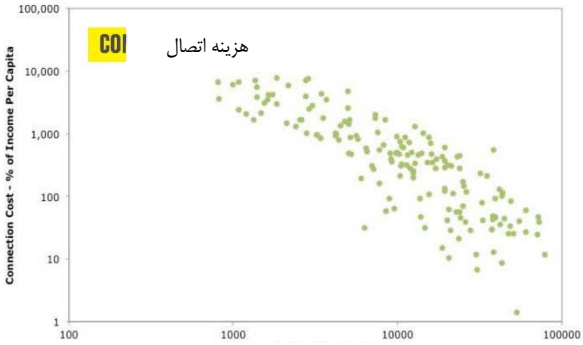
مصرف برق بر حسب شاخص GDP PPP (دلار)- 2011



دسترسی به برق بر حسب شاخص GDP PPP (دلار)- 2011



قابلیت اطمینان بر حسب شاخص GDP PPP (دلار)- 2011



هزینه اتصال بر حسب شاخص GDP PPP (دلار)- 2011

همان‌طور که در نمودارها مشاهده می‌شود، ارتباط تولید ناخالص داخلی با شاخص‌های مصرف برق، دسترسی به برق، هزینه اتصال و قابلیت اطمینان بررسی شده است. همان‌طور که انتظار می‌رود هر چه تولید در اقتصاد بیشتر باشد، مصرف برق افزایش می‌یابد، به همین دلیل زیرساخت‌های برق توسعه می‌یابد و دسترسی به برق بیشتر می‌شود. کیفیت برق و قابلیت اطمینان آن نیز متعاقباً بیشتر می‌شود و هزینه اتصال به شبکه برق سهولت پیدا می‌کند. همه این موارد حاکی از اهمیت تاثیر استفاده از برق در تولید بالاتر در اقتصاد است.

محققان اقتصادی رابطه بین زیرساخت‌های انرژی و توسعه اقتصادی را در بلندمدت و کوتاه‌مدت متفاوت ارزیابی می‌کنند. مطالعات مربوط به تاثیر دسترسی به انرژی در توسعه اقتصادی نشان می‌دهد که در بلندمدت این شاخص بسیار

تاثیر گذارتر است نسبت به تجزیه‌وتحلیل کوتاه‌مدت آن که تأثیرات متوسط‌تری را نشان می‌دهد. تنش مشابهی در ادبیات قابلیت اطمینان الکتریسیته وجود دارد، جایی که برخی از مطالعات یک ارتباط بلندمدت و کلی بین قابلیت اطمینان و بهره‌وری تولید را بیان می‌کنند. شواهد در مورد قیمت‌گذاری برق کمیاب‌تر است، اما نشان می‌دهد که قیمت‌های بالاتر ممکن است منجر به عدم پرداخت بیشتر توسط مشتریان شود، درحالی‌که قیمت‌های پایین می‌تواند مانع از سرمایه‌گذاری و در نهایت کاهش دسترسی و کیفیت شود.

زیرساخت‌های انرژی به خصوص برق، از کانال‌های مختلف به رشد و توسعه اقتصادی کمک کند. اهم این موارد عبارت‌اند از:

1- انرژی الکتریکی یک عامل کلیدی تولید است و استفاده از آن برای محصولاتی که قابلیت جایگزینی پایینی با سایر عوامل تولید دارند، بسیار حیاتی است و در صورت در دسترس نبودن آن، تولید محدود می‌شود.
2- دولت قادر است برخی از برنامه های رفاهی و حمایتی خود را از طریق انرژی الکتریکی طراحی و اجرا نماید.
3- انرژی الکتریکی می‌تواند به طور مستقیم رفاه خانوار را بهبود ببخشد. استفاده از انرژی الکتریکی، همچنین، از طریق صرفه‌جویی در زمان، ارتباطات و ...، می‌تواند باعث ارتقاء بهره‌وری شود.

با تشدید تغییرات اقلیمی، تقاضاها و الزامات قابل توجهی برای زیرساخت‌های الکتریسیته وجود خواهد داشت. زیرساخت‌ها در برابر بلایای طبیعی آسیب‌پذیر هستند که فراوانی و شدت آن رو به افزایش است. علاوه بر این، تغییرات آب و هوایی احتمالاً تقاضای بیشتری را برای برق ایجاد می‌کند، مانند خانوارهایی که در مواجهه با تعداد روزافزون روزهای گرم به سرمایش بیشتری نیاز دارند. در عین حال، تولید روزافزون برق ممکن است انتشار گازهای گلخانه‌ای را افزایش دهد. برای کاهش اثرات استفاده از انرژی برق بر اقلیم، زیرساخت‌های انرژی باید از منابع سوخت سنتی به مدرن و انتقال برق شبکه از سوخت‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر تغییر کند. این مسائل چالش‌های جدیدی را به توسعه زیرساخت‌های انرژی موثر برای توسعه اقتصادی اضافه خواهد کرد.

1-3-1- تولید ناخالص داخلی و صنعت برق

همان‌طور که عنوان شد ارزش افزوده در واقع عبارت است از میزان تولید کالا و خدماتی که در یک دوره معین (یک ساله) توسط عوامل اقتصادی ایجاد می‌شود. بدیهی است در این محاسبات، توجه لازم برای منظور نشدن مجدد کالاها و خدمات واسطه صورت می‌گیرد. در این مفهوم، ارزش افزوده ناخالص[12] عبارت است از ارزش ستانده منهای ارزش مصرف واسطه و ارزش افزوده خالص[13] عبارت از ارزش افزوده ناخالص منهای مصرف سرمایه ثابت (استهلاک). لازم به ذکر است که محاسبه ارزش افزوده به منظور پرهیز از احتساب مضاعف صورت می‌گیرد، زیرا ارزش کالاها و خدماتی که به عنوان

[12] Gross value added
[13] Net value added

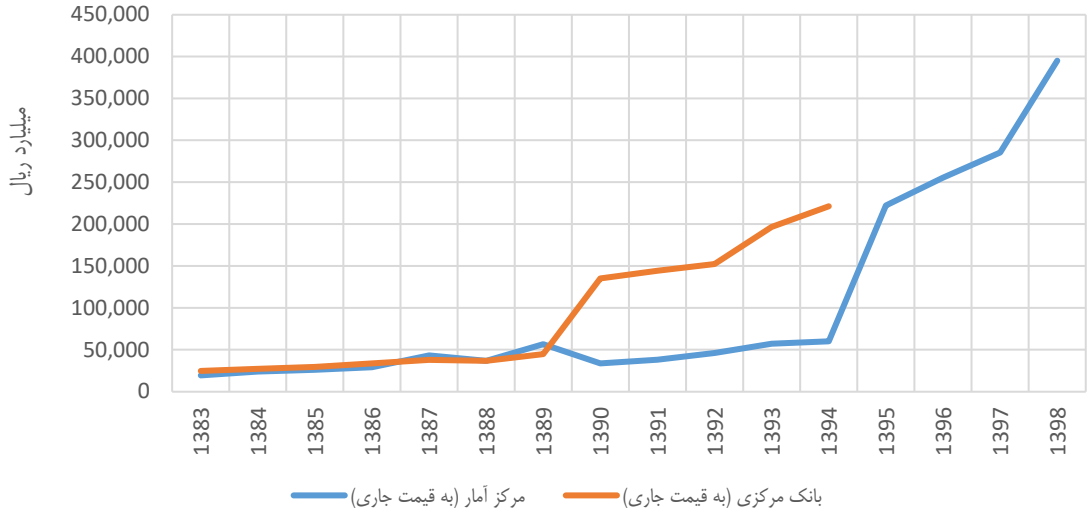
داده‌های واسطه یک فعالیت به کار گرفته می‌شود، خود ستانده فرآیند تولید دیگری بوده و در نتیجه لازم است از ستانده این فعالیت کسر گردد تا ارزش افزوده آن به دست آید.

به طور کلی، محاسبه ارزش افزوده در هر یک از سطوح واحد اقتصادی، طبقه (متشکل از چند واحد اقتصادی دارای فعالیت مشابه)، گروه (متشکل از چند طبقه)، بخش (متشکل از چند گروه)، قسمت (متشکل از چند بخش) و بالاخره کل اقتصاد (شامل کلیه قسمت‌های اقتصادی) قابل انجام است. در این بخش از گزارش، ضمن بررسی ارزش افزوده محاسبه شده در بخش برق توسط مراجع رسمی کشور (بانک مرکزی و مرکز آمار ایران)، نتایج منتشر شده توسط این مراجع مورد نقد و بررسی قرار گرفته تا زمینه برای ارائه روش مکمل (اصلاح روش فعلی یا ارائه روش جدید) در آینده فراهم شود.

1-1-3-1- محاسبه ارزش افزوده فعالیت تأمین برق در دو نهاد آماری مرکز آمار ایران و بانک مرکزی

بر اساس طبقه‌بندی استاندارد بین‌المللی رشته فعالیت‌های اقتصادی (آیسیک)[14] فعالیت تأمین برق شامل تولید برق توسط نیروگاه‌های گازی، آبی، گازوئیلی، سیکل ترکیبی و همچنین انتقال برق از نیروگاه‌ها و توزیع برق توسط شرکت‌های توزیع می‌باشد. مجموعه‌ی فعالیت‌های مزبور توسط شرکت‌های برق منطقه‌ای، مدیریت‌های تولید نیروی برق، شرکت توانیر، شرکت‌های توزیع برق وابسته به وزارت نیرو و شرکت‌های خصوصی صورت می‌گیرد. سری زمانی ارزش افزوده فعالیت تأمین برق محاسبه شده توسط دو نهاد آماری به شرح نمودارهای زیر می‌باشد:

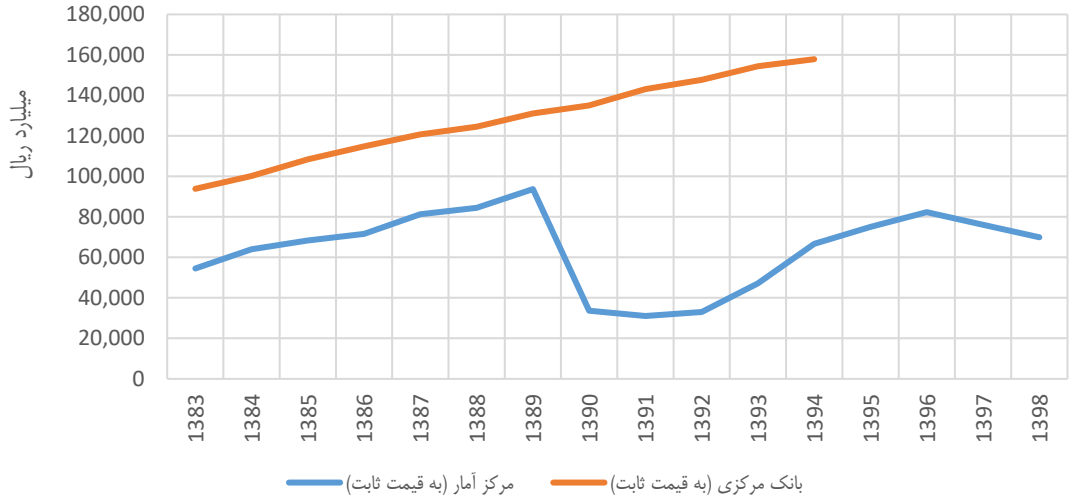
نمودار 1-7: ارزش افزوده فعالیت تأمین برق به قیمت جاری



منبع: مرکز آمار ایران و بانک مرکزی

[14] ISIC

نمودار 1-8: ارزش افزوده فعالیت تأمین برق به قیمت ثابت



منبع: مرکز آمار ایران و بانک مرکزی

با فرض اعتماد به آمار و اطلاعات منتشر شده توسط دو مرجع فوق‌الذکر، میزان ارزش افزوده بخش برق شامل ارزش افزوده محاسبه شده در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع در حدود یک درصد اقتصاد است. پر واضح است تاثیرگذاری بخش برق بر فعالیت‌های اقتصادی، تناسبی با این سهم ناچیز نداشته بلکه اصولا تحقق مابقی ارزش افزوده (بیش از 98 درصد) به طور مستقیم متأثر از دسترسی یا عدم دسترسی به انرژی الکتریکی محقق شده یا از دست خواهد رفت.

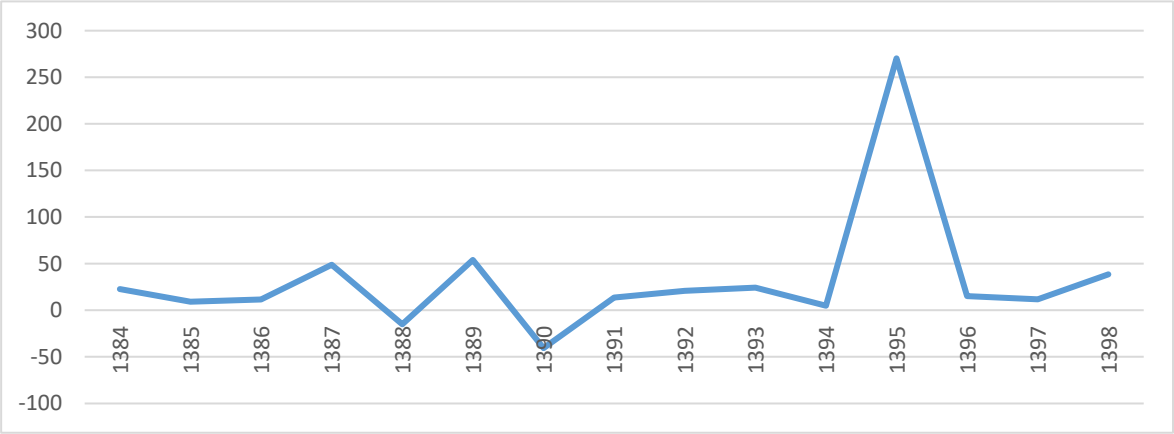
همچنین، صرف نظر از تحلیل محتوایی، همان‌طور که در نمودارهای 1-7 و 1-8 مشاهده می‌شود محاسبه ارزش افزوده در دو نهاد آماری بانک مرکزی و مرکز آمار ایران بعد از سال 1390 تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند. چنانکه ارزش افزوده فعالیت تأمین برق در سری زمانی بانک مرکزی از سال 1389 به 1390 هم به قیمت جاری و هم ثابت رشد داشته است اما در سری زمانی مرکز آمار کاهش‌یافته است. به نظر می‌رسد[15] این مسئله می‌تواند تاشی از نحوه محاسبه ارزش افزوده برق پس از اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها باشد. در سری زمانی مرکز آمار ایران با اعمال قیمت‌های پس از اجرای طرح هدفمندی در سال 1390، ارزش افزوده کاهش‌یافته و اینکه رشد ارزش افزوده هم به قیمت جاری و هم ثابت منفی بوده نشان از منفی بودن رشد مقدار مصرف برق نیز دارد که در نمودار 1-10 نیز نشان داده شده است، اما این کاهش در سری زمانی بانک مرکزی مشاهده نمی‌شود.

علی‌رغم توضیح ارائه شده در پایگاه‌های الکترونیکی دو مرجع فوق‌الذکر مبنی بر شیوه محاسبه ارزش افزوده بخش‌های اقتصادی به صورت عام و بخش برق، به صورت خاص، بررسی‌های تیم تحقیق نشان از تقویت این گمان ساده دارد که

[15] **تیم پژوهش امیدوار است با همکاری بانک مرکزی و مرکز آمار ایران بتواند دلایل این اختلاف را به طور مستند ارائه نماید. نتایج این تلاش‌ها در گزارش‌های تکمیلی آتی منعکس خواهند شد.**

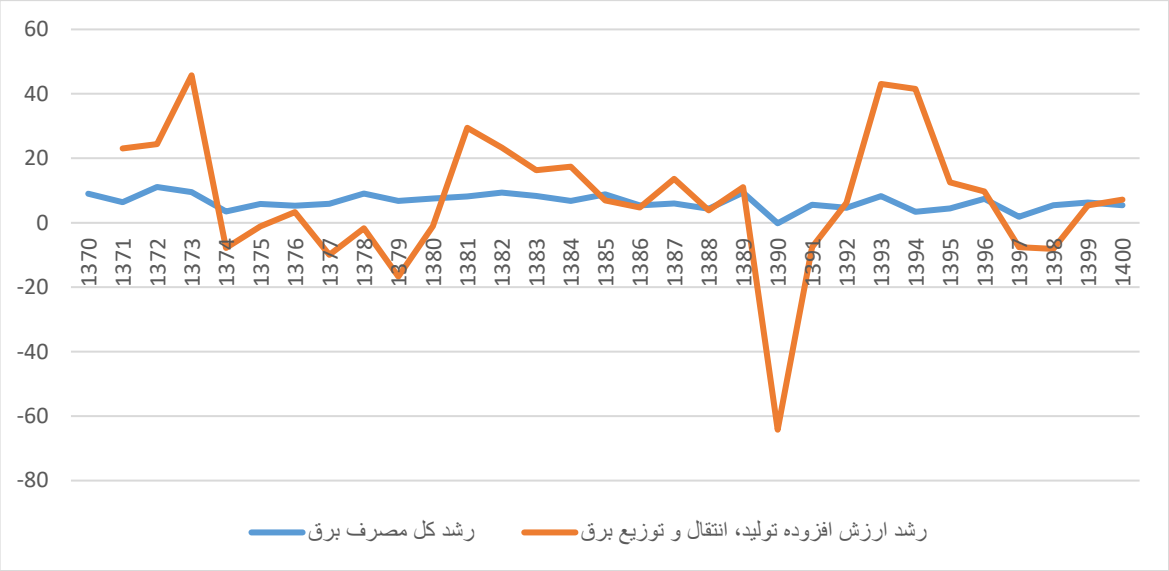
مراجع مذکور صرفاً از حاصل‌ضرب میزان فروش در متوسط قیمت برق، رقمی را به عنوان ارزش افزوده برق محاسبه و گزارش کرده‌اند. چنانچه مقدار ارزش افزوده گزارش شده را بر مقدار تولید / فروش برق نماییم، مقادیر محاسبه شده تقریبا معادل قیمت اسمی (تنظیمی) برق در هر سال خواهد بود؛ به عبارت دیگر و به طور مثال در سال 1389 چنانچه ارزش افزوده اعلام شده توسط مرکز آمار ایران (44682 میلیارد ریال) را بر میزان فروش داخلی برق در این سال (حدود 184 میلیارد کیلووات ساعت) تقسیم شود، رقم 242 ریال برای هر کیلووات ساعت به دست می‌آید که تقریبا معادل قیمت تکلیفی برق در همین سال است. این موضوع در مورد دیگر سال‌های مورد بررسی در دوره زمانی 1383-1399 نیز کم‌وبیش صادق است؛ به عبارت دیگر، اصولا این شیوه محاسبه و اعلام ارزش افزوده دارای اشکال نظری و محتوایی است. علاوه بر نکات فوق، محاسبه رشد ارزش افزوده اعلام شده با رشد تولید و مصرف برق نیز این گمانه‌زنی را تقویت می‌کند. با این حال، اعلام نظر قطعی در این زمینه و ارائه راهکارهای اصلاحی، مستلزم جمع‌بندی بررسی‌های در دست انجام و نهائی شدن مباحث در دست انجام با نمایندگان دو مرجع مذکور است.

نمودار 1-9: رشد ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) کشور به قیمت جاری



منبع: مرکز آمار ایران

نمودار 1-10: رابطه رشد ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) به قیمت ثابت و رشد مصرف برق



منبع: مرکز آمار ایران

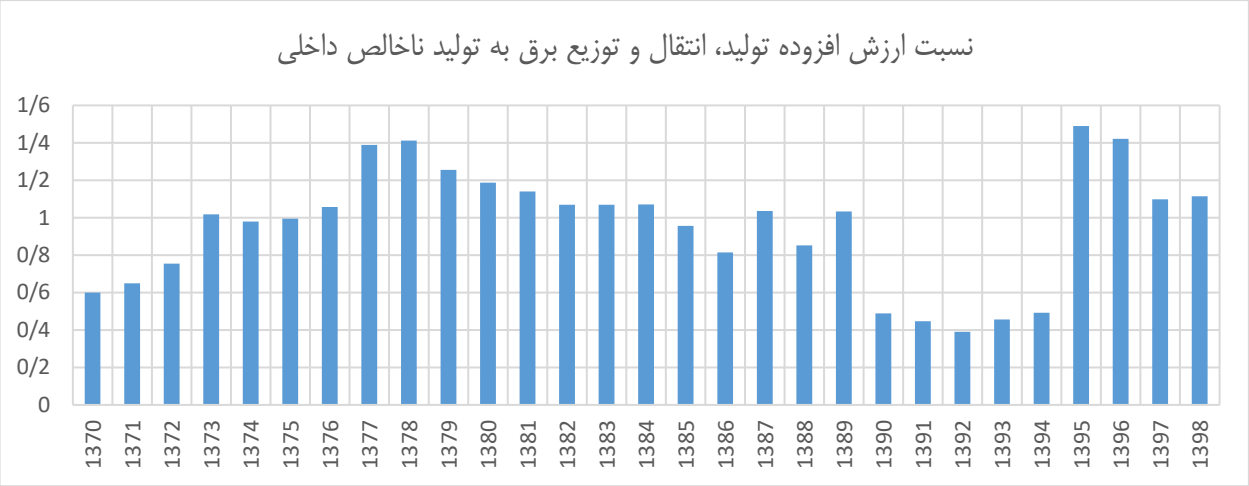
2-1-3-1- رابطه ارزش افزوده بخش برق با سایر متغیرهای اقتصادی

در این بخش ارتباط ارزش افزوده محاسبه شده برای بخش برق با ارزش افزوده کل کشور و همچنین ارزش افزوده بخش‌های مختلف مانند کشاورزی، صنعت و ... بررسی شده است. این نسبت‌ها به ویژه از آن جهت حائز اهمیت خواهد بود که نشان می‌دهند با ایجاد محرک‌های جزئی، چگونه می‌توان ریسک عدم تحقق ارزش افزوده سایر بخش‌ها را تا حدود زیادی مرتفع کرد.

رابطه ارزش افزوده بخش برق با تولید ناخالص داخلی

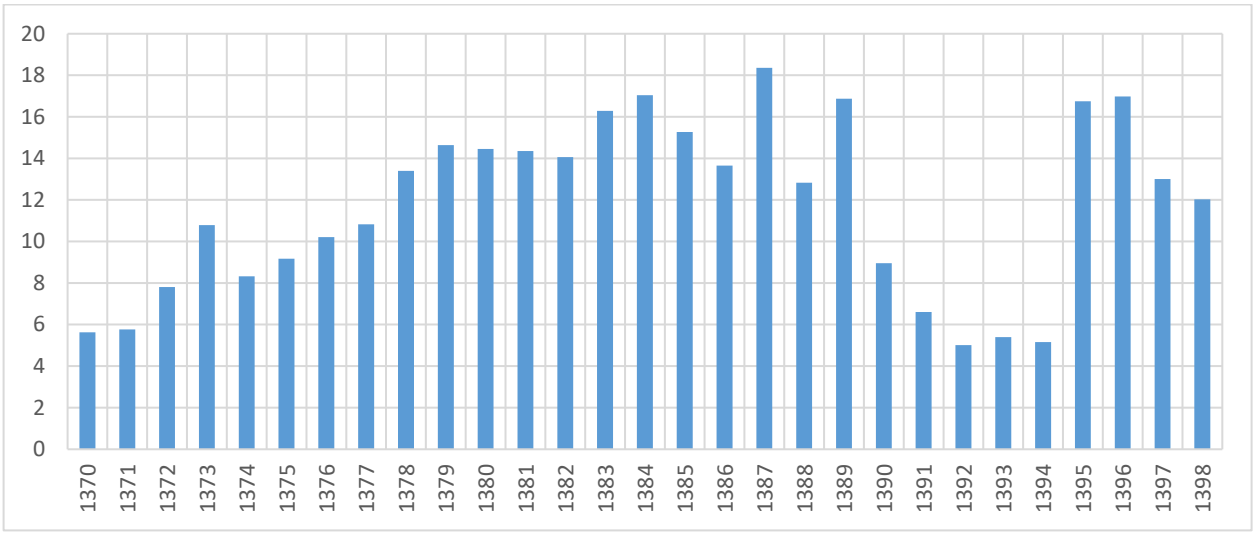
عموماً این سؤال پیش می‌آید که سهم صنعت برق از تولید ناخالص ملی چیست؟ این شاخص ضمن شفاف کردن تصویر سهم برق، زمینه‌ای برای بررسی‌های عمیق‌تر و تحلیلی‌تر خواهد بود. به طور مثال می‌توان به تناسب هزینه‌های پرداخت شده به عنوان مالیات بر ارزش افزوده به روش فعلی، ضریبی از قیمت فروش و مقدار واقعی متکی به محاسبه و دریافت مالیات بر ارزش افزوده مبتنی بر فرایند پرداخت. همچنین می‌توان شاخص‌های دیگری را محاسبه، مقایسه و تحلیل کرد.

نمودار 1-11: نسبت ارزش افزوده تولید، انتقال و توزیع برق به تولید ناخالص داخلی



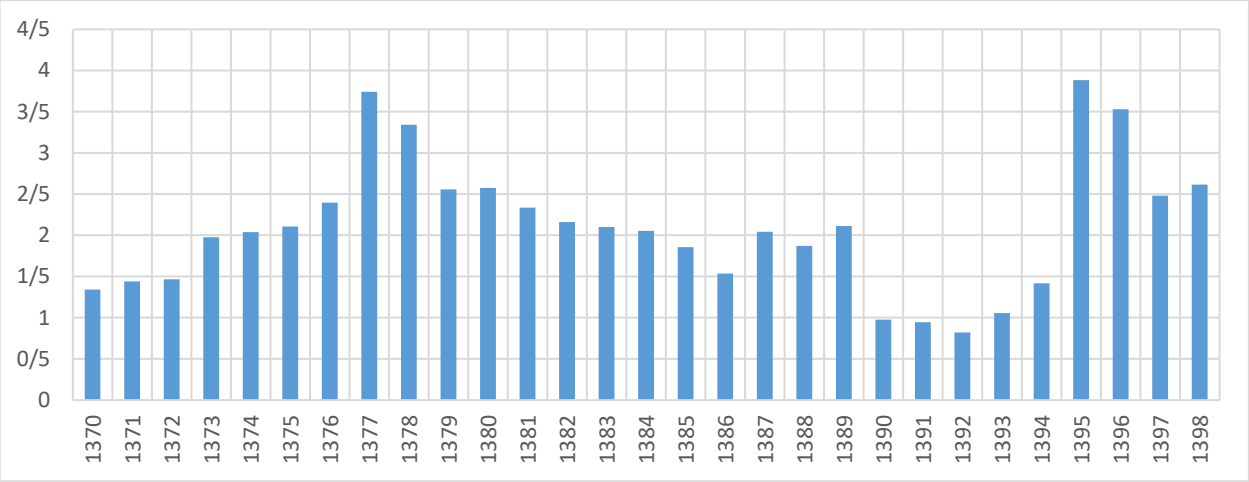
رابطه ارزش افزوده بخش برق با بخش کشاورزی

نمودار 1-12: نسبت ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) به ارزش افزوده بخش کشاورزی



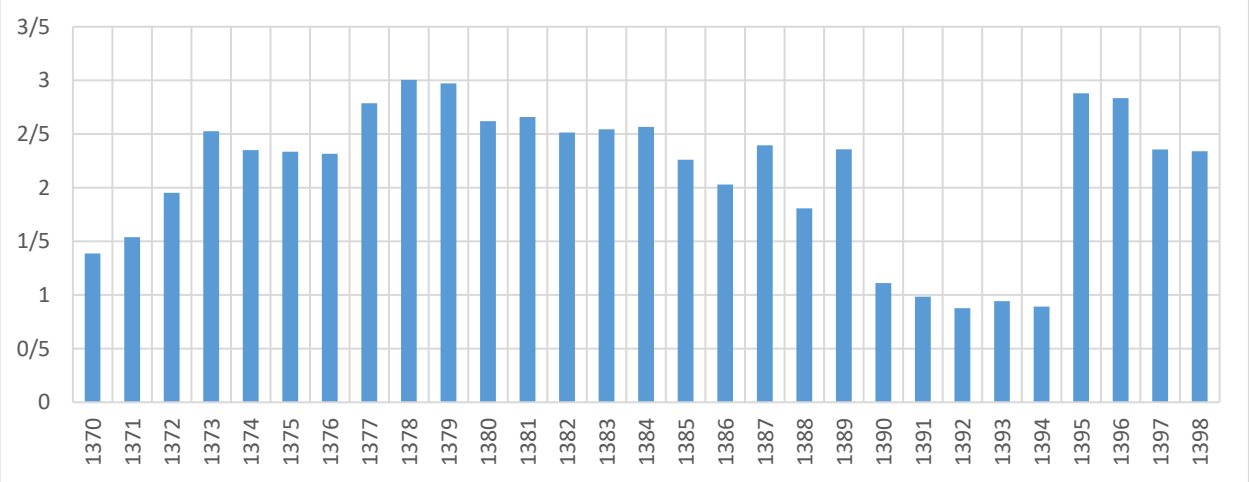
رابطه ارزش افزوده بخش برق با ارزش افزوده بخش صنعت

نمودار 1-13: نسبت ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) به ارزش افزوده بخش صنعت



رابطه ارزش افزوده بخش برق با ارزش افزوده بخش خدمات

نمودار 1-14: نسبت ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) به ارزش افزوده بخش خدمات

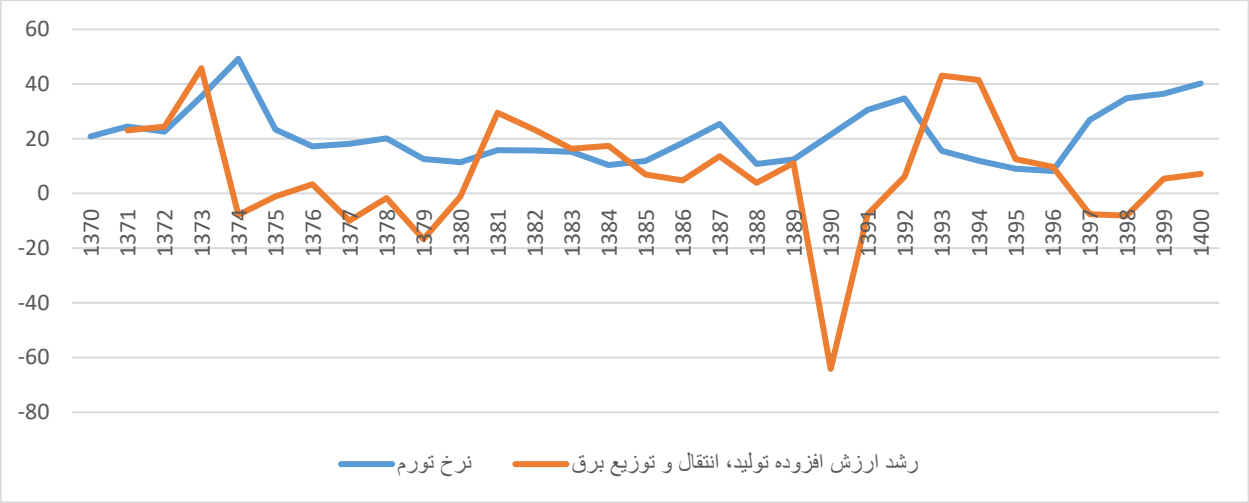


همان‌طور که اشاره شد، بر اساس نتایج منتشر شده، ارزش افزوده بخش برق کمتر از 1.5 درصد مجموع ارزش افزوده کل بخش‌های اقتصادی کشور است. این یعنی با هدایت سهم ناچیزی از جریان نقدینگی سایر بخش‌ها به بخش برق، می‌توان نسبت به تاثیرگذاری معنادار آن برای تسکین مسائل بخش برق امیدوار بود. این در حالی است که در غیاب این موضوع، استمرار مشکلات بخش برق، عدم کفایت سرمایه‌گذاری یا تعمیر و نگهداری به هنگام را موجب شده و در نتیجه با افزایش احتمال بروز خاموشی، تحقق ارزش افزوده سایر بخش‌های اقتصادی، با خطر جدی مواجه می‌شود.

رابطه ارزش افزوده بخش برق با نرخ تورم

نمودار 1-15 رابطه منفی بین نوسانات نرخ تورم و ارزش افزوده برق را نشان می‌دهد. چراکه هر چه تورم بالاتر باشد شاخصی که ارزش افزوده برق با آن تعدیل می‌شود بیشتر است و موجب کاهش ارزش افزوده به قیمت ثابت می‌شود.

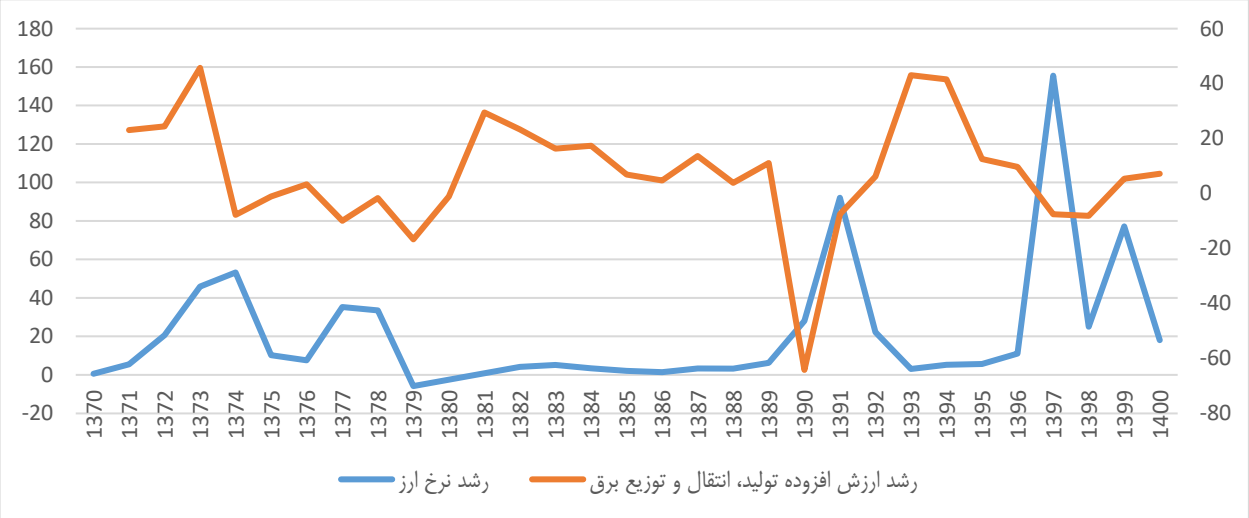
نمودار 1-15: رشد ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) و تورم



رابطه ارزش افزوده بخش برق با نرخ ارز

نمودار 1-16 نشان دهنده وجود رابطه منفی بین نوسانات نرخ ارز و ارزش افزوده برق می‌باشد. لذا اتخاذ سیاست‌هایی که موجب کاهش وابستگی صنعت برق به مواد اولیه وارداتی می‌شود و همچنین اصلاح ساختار صنعت برق برای مقابله با شوک‌های ناشی از قیمت کالاهای وارداتی می‌تواند موجب کاهش تأثیر منفی نوسانات نرخ ارز بر ارزش افزوده این بخش باشد.

نمودار 1-16: رشد ارزش افزوده رشته فعالیت (تولید، انتقال و توزیع برق) و نرخ ارز



2- فصل دوم: مصرف برق و اقتصاد کلان

2-1- مقدمه

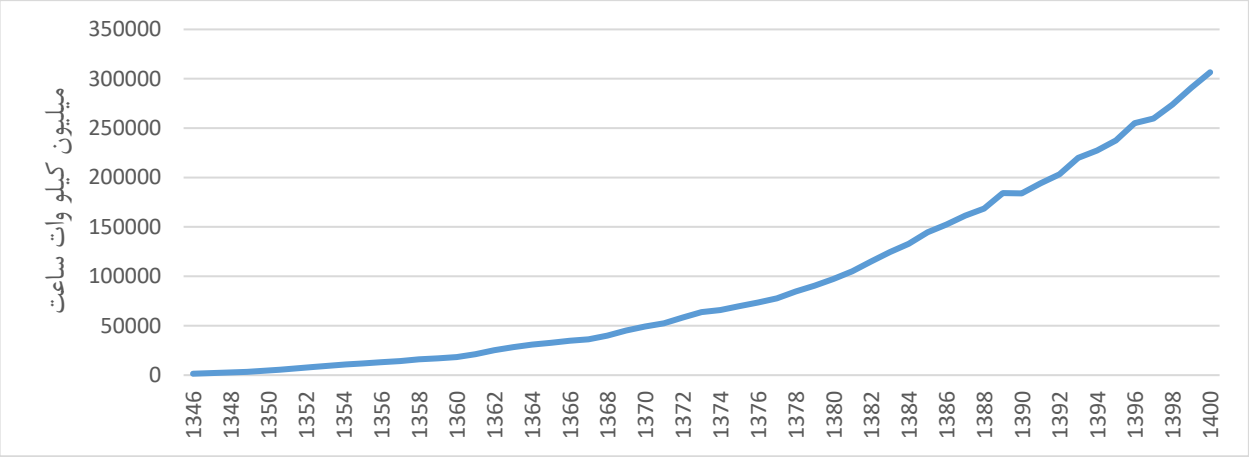
انرژی بخشی جدایی‌ناپذیر از توسعه اقتصادی هر کشور است. برق به عنوان یکی از مهم‌ترین انرژی‌ها هم در بخش مصرف نهایی و هم مصرف واسطه (به عنوان یک عامل تولید) مورد استفاده قرار می‌گیرد. انعطاف‌پذیری، قابلیت اطمینان و کارایی برق به عنوان یک حامل انرژی منجر به افزایش سهم آن در کل مصرف انرژی تقریباً در تمام کشورهای جهان شده است. از طرف دیگر در کشورهای در حال توسعه به دلیل رشد سریع شهرنشینی و توسعه اقتصادی تقاضا برق افزایش بیشتری داشته است. ایران نیز به عنوان یک کشور در حال توسعه از این قاعده مستثنا نیست؛ بنابراین بررسی مصرف برق در ایران و مقایسه آن با دیگر کشورها و استخراج الگوهای مصرف برق در دهه‌های گذشته و همچنین شناسایی عوامل تاثیرگذار بر مصرف برق در ایران می‌تواند سیاست‌گذاران بخش برق کشور را در اتخاذ تصمیمات صحیح در این زمینه یاری رساند. لذا در این بخش ابتدا وضعیت مصرف برق در کل بخش‌ها و مقایسه آن با سایر کشورها مورد بررسی قرار می‌گیرد، سپس مصرف برق در بخش خانگی بررسی خواهد شد و در ادامه مصرف برق بخش‌های صنعت، کشاورزی و تجاری نیز مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد.

2-2- بررسی وضعیت مصرف برق

2-2-1- مصرف برق کل بخش‌ها

در سال‌های اخیر به دلیل رشد سریع جمعیت، توسعه شهرنشینی، افزایش سطح رفاه، تغییرات آب‌وهوا، واقعی نبودن تعرفه‌ها و توسعه صنعتی و تجاری موجب شده است که مصرف برق در ایران روند افزایشی داشته باشد. همان‌طور که در نمودار (2-1) نیز مشاهده می‌شود مصرف برق همواره رشد مثبت داشته است و تنها در سال 1390 نسبت به سال 1389 با رشد منفی مواجه بوده است که یکی از دلایل این امر نیز شوک حاصل از افزایش قیمت ناشی از هدفمندی یارانه‌ها است.

نمودار 2-1: روند مصرف برق کل بخش‌ها در ایران



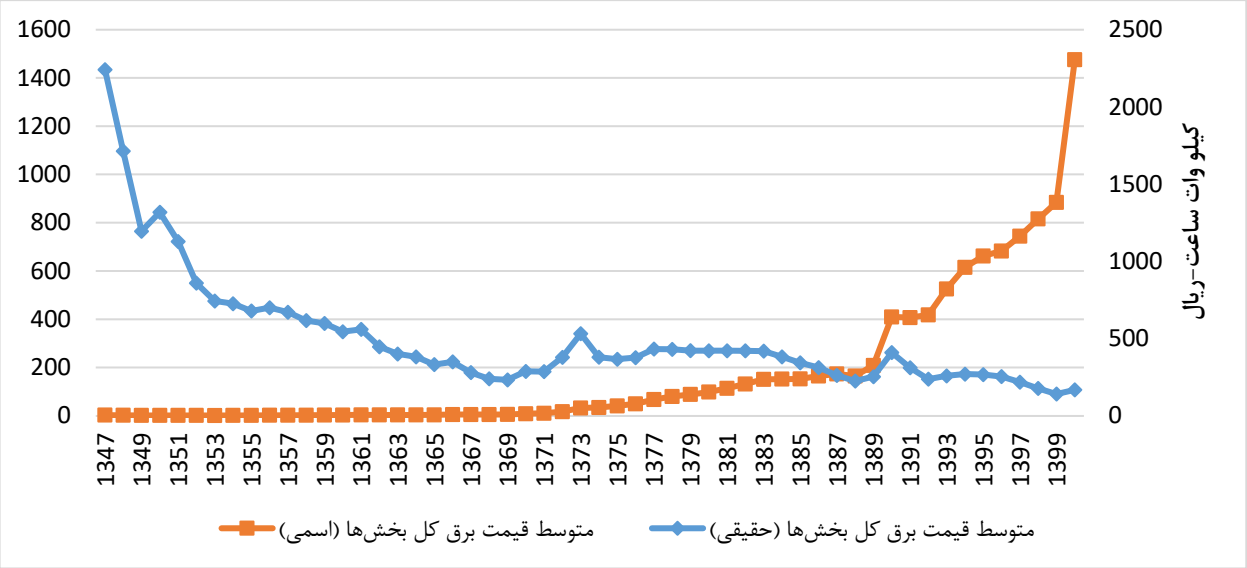
منبع: آمار تفصیلی صنعت برق ایران

از سال 1347 تا کنون همواره رشد مصرف برق در ایران مثبت بوده است و متوسط رشد در این 55 سال برابر با 11 درصد بوده است. اگر به دلیل شکست ساختاری که در اقتصاد ایران از جمله انقلاب و جنگ تحمیلی وجود داشته است، دوره زمانی از سال 1368 تا 1400 در نظر گرفته شود؛ متوسط رشد مصرف برق تمامی بخش‌ها برابر با 6/73 درصد است. سازمان اطلاعات انرژی (EIA)[16] دلایل رشد مدام تقاضای برق ایران را رشد جمعیت، قیمت‌های یارانه‌ای شدید برق و کمبود عرضه سوخت معرفی و بیان می‌کند که این عوامل باعث رشد مداوم تقاضای برق در ایران شده است و ظرفیت آن را در فصول پیک تقاضای برق (تابستان و زمستان) تحت فشار قرار داده است. در نتیجه، این شکاف عرضه منجر به کمبود برق در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ شده است. در سال ۲۰۲۱، پیک تقاضای تابستانی در ایران تقریباً ۱۲ گیگاوات (GW) از عرضه بیشتر بود (EIA، 2023)؛ بنابراین در ادامه سعی می‌شود به این سؤالات پاسخ داده شود: آیا مصرف برق در ایران بالاست؟ دلیل کاهش اندک مصرف برق در سال 1390 نسبت به سال 1389 چیست؟ آیا قیمت برق متناسب با سطح عمومی قیمت‌ها تغییر کرده است؟ روند مصرف برق در دیگر کشورهای جهان به چه صورت است؟ در طول زمان و با پیشرفت تکنولوژی سهم بخش برق از تقاضای انرژی در ایران و سایر کشورهای دنیا چه تغییری داشته است؟ آیا رشد بالای مصرف برق به دلیل ناکارایی در مصرف برق است یا دلایل دیگری مانند افزایش تولید نیز دارد؟

بررسی آمار مصرف برق نشان می‌دهد که روند مصرف برق در ایران در دوره مورد بررسی همواره صعودی بوده است تنها در برخی از سال‌ها مانند سال 1390 که طرح هدفمندی یارانه‌ها و افزایش قیمت‌های حامل‌های انرژی اجرا شد، میزان مصرف کاهش اندکی داشته است؛ بنابراین در ادامه روند قیمت برق به عنوان مهم‌ترین عامل موثر بر مصرف برق مورد بررسی قرار گرفته است.

[16] Energy Information Administration (EIA)

نمودار 2-2: روند متوسط قیمت اسمی و حقیقی کل بخش‌ها در ایران



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، متوسط قیمت اسمی برق همواره صعودی و متوسط قیمت حقیقی برق همواره نزولی بوده است. سال 1390 با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها قیمت اسمی برق به یکباره افزایش چشم‌گیری یافت. متوسط قیمت اسمی کل بخش‌ها 208/7 ریال برای هر کیلووات ساعت در سال 1389 به 409/5 در سال 1390 افزایش یافت و سپس تا سال 1392 تقریبا ثابت ماند. بررسی قیمت اسمی برق نشان می‌دهد که از سال 1392 به بعد سرعت افزایش قیمت اسمی افزایش یافته است و به ترتیب از 418/5 ریال برای هر کیلووات ساعت در سال 1392 به 1475 در سال 1400 ریال برای هر کیلووات ساعت رسیده است. میزان رشد اسمی قیمت برق در این بازه (1400-1392) برابر با 260 درصد بوده است.

باید به این نکته توجه کرد که اگر چه قیمت اسمی برق در دوره مورد بررسی روند افزایشی داشته است اما تقاضای برق تابعی از قیمت حقیقی برق می‌باشد. برای حقیقی کردن قیمت برق از شاخص قیمت مصرف‌کننده در سال 1390 استفاده شده است. روند متوسط قیمت برق کل بخش‌ها در دوره مورد بررسی نزولی بوده است. دلیل این موضوع وجود تورم دو رقمی در اکثر سال‌های مورد بررسی در کشور بوده است. به‌طوری‌که متوسط قیمت حقیقی برق در کل بخش‌ها از 224 تومان برای هر کیلووات ساعت در سال 1347 به 17 تومان برای هر کیلووات ساعت در سال 1400 رسیده است؛ یعنی متوسط قیمت حقیقی برق در سال 1400 بیش از 92 درصد نسبت به سال 1347 کاهش پیدا کرده است. البته در دوره‌هایی مانند سال‌های 1369 تا 1373 و دوره 1389 تا 1390 به دلیل افزایش قیمت اسمی برق بیشتر از سطح عمومی قیمت‌ها، قیمت حقیقی برق صعودی بوده است اما در سال‌های بعد به دلیل ثابت ماندن و همچنین افزایش اندک نسبت به سطح عمومی قیمت‌ها، قیمت حقیقی برق کاهنده بوده است؛ بنابراین قیمت به عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای

موثر بر مصرف برق، سیگنال مناسبی به مصرف‌کنندگان در ایران صادر نکرده است. در مجموع می‌توان بیان کرد که پرداخت‌هایی که مشترکین برق در ایران دارند متناسب با هزینه تمام شده برق نیست و در تدوین تعرفه‌های برق قیمت تمام شده مبنا قرار نمی‌گیرد، بلکه مسائل متعدد اقتصادی، سیاسی و اجتماعی تعیین‌کننده تعرفه‌های برق می‌باشند. در ادامه به بررسی دقیق‌تر مصرف برق کل بخش‌ها در ایران و مقایسه آن با دیگر کشورها پرداخته می‌شود.

2-2-2- مصرف انرژی و برق در ایران و دیگر کشورها

برق نقش کلیدی در اقتصاد مدرن دارد. با توسعه پایدار اقتصاد جهانی و بهبود برق‌رسانی، نسبت مصرف برق در تقاضای انرژی نیز به شدت افزایش خواهد یافت. بین سال‌های 1974 تا 2017، مصرف نهایی برق جهان سالانه 3.3 درصد افزایش یافت و به 21372 تراوات ساعت در سال 2017 رسید (EIA، 2019). تخمین زده می‌شود که تقاضای برق جهانی در سال‌های 2018 تا 2040 سالانه 2.1 درصد افزایش می‌یابد، یعنی دو برابر سرعت تقاضای انرژی اولیه که نسبت تقاضای برق در کل مصرف انرژی نهایی را از 19 درصد در سال 2018 به 24 درصد در سال 2040 افزایش می‌دهد. با افزایش درآمد در کشورهای در حال توسعه و ارتقای سریع شهرنشینی و صنعتی شدن، رشد تقاضای برق در کشورهای در حال توسعه بسیار زیاد خواهد بود. تخمین زده می‌شود که میزان مشارکت کشورهای در حال توسعه در رشد تقاضای جهانی برق در سال 2040 نزدیک به 90 درصد باشد (EIA، 2022)؛ بنابراین پرسش‌هایی که اینجا مطرح می‌شود این است که در ایران و کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه یافته رشد مصرف برق و مصرف انرژی در سه دهه گذشته به چه صورت بوده است؟ روند نسبت مصرف برق در تقاضای انرژی در ایران و کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه یافته چه تغییری داشته است؟ آیا افزایش مصرف برق نسبت به مصرف انرژی سرعت بیشتری دارد؟ تفاوت کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته در روند نسبت مصرف برق در تقاضای انرژی به چه صورت است؟

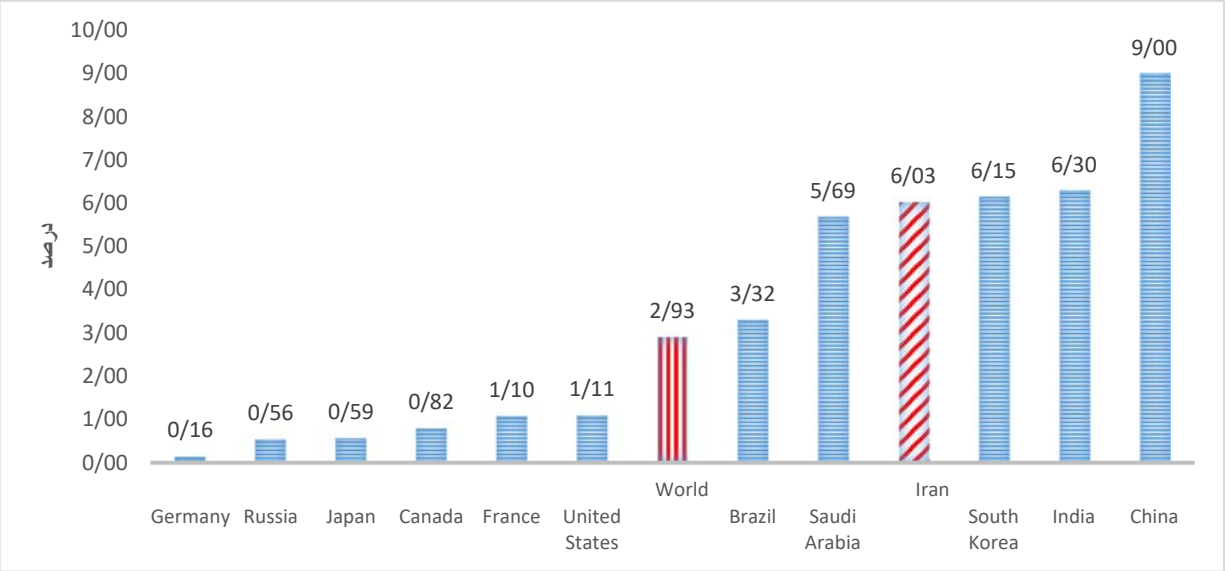
بررسی آمار ارائه شده از میزان مصرف برق[17] جهان در سال 2021 نشان می‌دهد که چین با سهم 31 درصدی از مصرف برق و آمریکا با سهم 16 درصدی از مصرف برق جهان نزدیک به نصف مصرف برق جهان را در سال 2021 به خود اختصاص می‌دهند. ایران با سهم 1/2 درصدی از مصرف برق جهان در رتبه 12ام قرار دارد. کشورهای عربستان سعودی با سهم 1/3 درصد و فرانسه با سهم 1/8 درصد در رتبه‌های یازدهم و دهم بیشترین مصرف برق در جهان در سال 2021 قرار دارند.

برای بررسی تغییرات مصرف برق در کشورهای مذکور در نمودار (2-3) متوسط رشد سالانه مصرف برق در بازه 2021-1990 آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کشور چین با متوسط رشد سالانه 9 درصد در مصرف برق، بیشترین رشد در مصرف برق را در دوره مورد بررسی داشته است. کشورهای هند و کره جنوبی در رتبه‌های بعدی بیشترین رشد

[17] **از داده‌های مصرف خالص برق استفاده شده است؛ یعنی تلفات توزیع و انتقال از تولید برق کاسته شده است.**

سالانه مصرف برق قرار دارند. ایران با رشد سالانه 6/03 درصدی در مصرف برق در بازه مذکور در رتبه 4ام بیشترین مصرف برق در کشورهای جهان قرار دارد. متوسط رشد سالانه مصرف برق در جهان 2/93 درصد است؛ یعنی رشد سالانه مصرف برق در ایران بیش از 2 برابر متوسط رشد مصرف برق در جهان بوده است. کشورهای عربستان سعودی و برزیل نیز کمتر از ایران و بالاتر از متوسط رشد جهان، برق مصرف کرده‌اند. رشد بالای مصرف برق سالانه در کشورهای چین، هند و کره‌جنوبی به دلیل فزاینده بودن رشد اقتصادی این کشورهای در بازه مورد بررسی است. درحالی‌که کشورهای توسعه یافته مانند ایالات‌متحده آمریکا و فرانسه متوسط رشد سالانه کمی بالاتر از یک درصد دارند و دیگر کشورهای مانند کانادا، ژاپن و روسیه متوسط رشد سالانه مصرف برق کمتر از یک درصد دارند و در آلمان تنها 0/16 درصد بود است؛ بنابراین کشورهایی که در سه دهه اخیر رشد اقتصادی بیشتری داشته‌اند و در مسیر توسعه قرار دارند از رشد سالانه مصرف برق بیشتری نسبت به متوسط جهانی برخوردار هستند. در صورتی که کشورهای توسعه یافته رشد مصرف برق سالانه بسیار کی داشته‌اند.

نمودار 2-3: متوسط رشد سالانه مصرف برق در بازه (1990-2021)

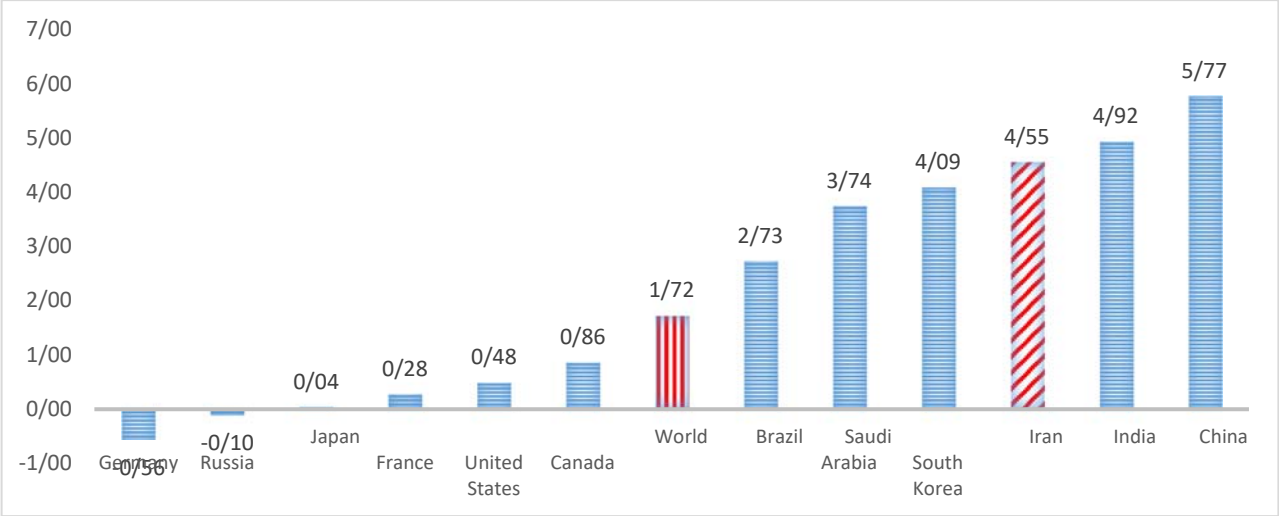


منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

با توجه به اینکه برق تنها بخشی از انرژی مصرف شده توسط کشورهای مختلف است و بخشی از نیاز کشورها به انرژی از نوع دیگر انرژی به‌جز برق رفع می‌شود، بنابراین باید مصرف کل انرژی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

نمودار (2-4) رشد مصرف انرژی کشورهای فوق را در بازه 1990-2021 نشان می‌دهد.

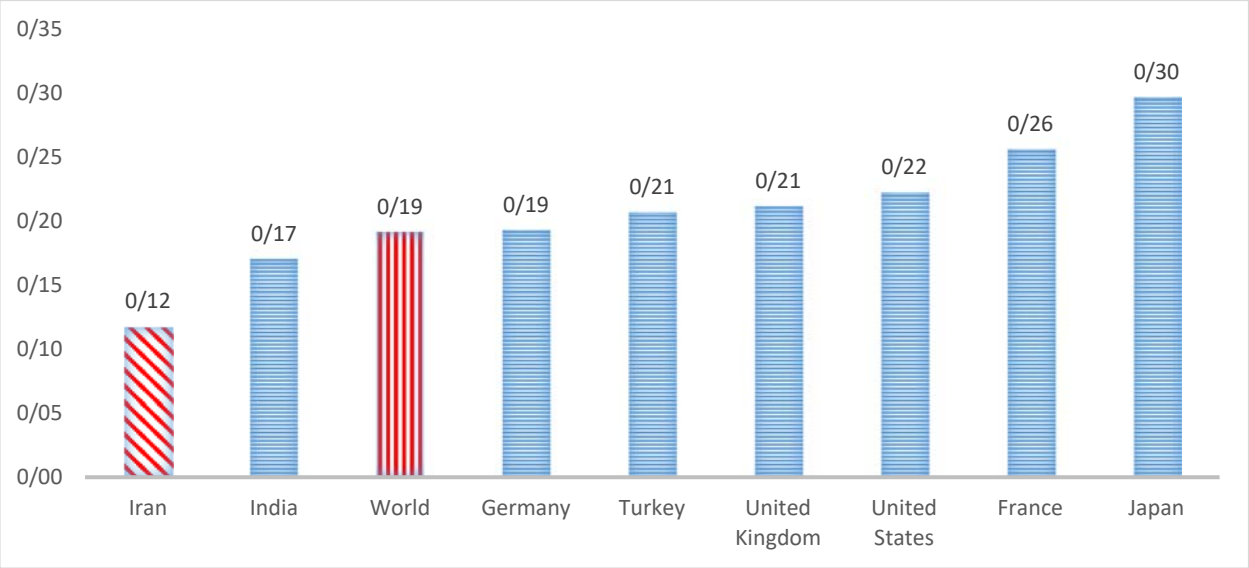
نمودار 2-4: متوسط رشد سالانه مصرف انرژی در بازه (1990-2021)



منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

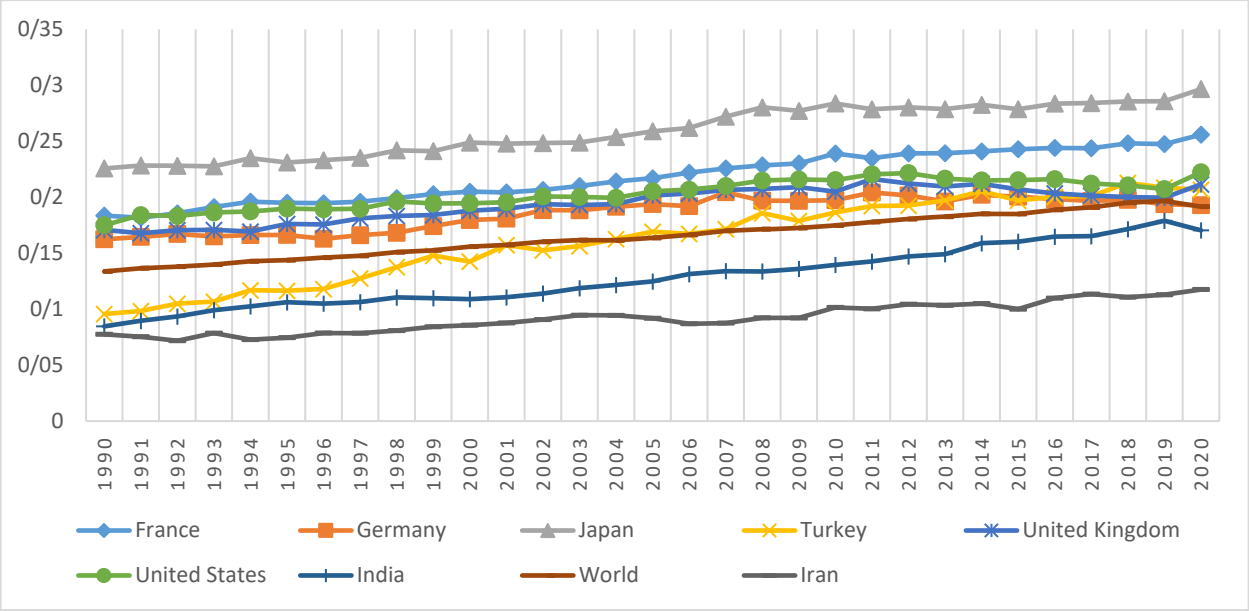
همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، بیشترین متوسط رشد سالانه مصرف انرژی مربوط به کشور چین با 5/77 درصد در بازه 1990-2021 بوده است. کشور هند با متوسط رشد سالانه 4/92 در رتبه دوم قرار دارد و ایران با متوسط رشد سالانه 4/55 درصد در رتبه سوم بالاترین رشد مصرف انرژی در کشورهای جهان قرار دارد. این در حالیست که کشورهای کره‌جنوبی، عربستان و برزیل با متوسط رشد سالانه به ترتیب 4/09، 3/74 و 2/73 در رتبه‌های بعدی قرار دارد. متوسط رشد سالانه مصرف انرژی جهان در بازه مذکور تنها 1/72 درصد بوده است. می‌توان نتیجه گرفت که رشد مصرف برق در همه کشورهای مورد بررسی نسبت به رشد مصرف انرژی در سه دهه گذشته بیشتر بوده است. سوالاتی که در این بخش مطرح می‌شود این است که وضعیت سهم مصرف برق ایران از کل انرژی به چه صورت است؟ در مقایسه با دیگر کشورها نسبت برق به کل انرژی در ایران چه تغییری داشته است؟

نمودار 2-5: سهم مصرف نهایی برق از مصرف نهایی کل انرژی در سال 2020



همان‌طور که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌شود، سهم مصرف نهایی برق از مصرف نهایی کل انرژی در ایران در سال 2020 تنها 12 درصد است درحالی‌که متوسط جهانی 19 درصد است. کشورهای مانند ژاپن، فرانسه، ایالات‌متحده آمریکا، انگلستان، ترکیه و آلمان سهمی بالاتر از متوسط جهانی دارند؛ می‌توان نتیجه گرفت که با توسعه کشورها سهم برق از مصرف کل انرژی افزایش پیدا می‌کند. آژانس بین‌المللی انرژی (2019) نیز در گزارشی بیان کرد که برق سهم فزاینده‌ای در کل مصرف انرژی نهایی دارد؛ بنابراین انتظار می‌رود که سهم برق در مصرف انرژی ایران در سال‌های پیش رو افزایش یابد؛ اما اینکه سرعت افزایش سهم برق در مصرف انرژی در ایران به چه صورت است جای سوال دارد. در ادامه روند تغییرات سهم برق در مصرف کل انرژی کشورهای منتخب در نمودار (2-6) آورده شده است.

نمودار 2-6: سهم مصرف برق نهایی از مصرف کل انرژی نهایی



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود سهم برق از کل مصرف انرژی در سال 1990 برابر با 8 درصد بوده است که در سال 2020 به 12 درصد افزایش پیدا کرده است. درحالی‌که ترکیه از 9 درصد در سال 1990 به 21 درصد در سال 2020 افزایش پیدا کرده است؛ یعنی بیش از 2 برابر شده است. سهم برق از مصرف انرژی در کشور ژاپن نیز از 23 درصد در سال 1990 به 30 درصد در سال 2020 افزایش پیدا کرده است. سوالی که مطرح می‌شود این است که دلیل پایین بودن سهم برق از مصرف کل انرژی در ایران نسبت به دیگر کشورها چیست؟ چرا سرعت افزایش سهم برق از مصرف انرژی در ایران نسبت به دیگر کشورها کمتر است؟ آیا دسترسی آسان (به دلیل وفور منابع طبیعی در کشور) به سایر منابع انرژی به‌جز برق موجب شده است که سهم برق از مصرف انرژی در ایران نسبت به سایر کشورها کمتر باشد؟

هر کشوری در دنیای امروز می‌خواهد با کمترین استفاده ممکن از انرژی، رشد کند؛ زیرا هم انرژی یک نهاده پرهزینه در تولید است و هم پیامدهای زیست‌محیطی منفی دارد. اگر اقتصاد در حال رشد باشد یا ساختار آن تغییر کند، مثلاً از کشاورزی به سمت صنعت بیشتر، مصرف انرژی احتمالاً افزایش می‌یابد، اما تمایل هر جامعه این است که چنین افزایش‌هایی را به حداقل برساند. از سوی دیگر، اگر مصرف انرژی بدون رشد در تولید اقتصاد یا هرگونه تغییر ساختاری در حال افزایش باشد، مطلوب تلقی نمی‌شود، زیرا نشان‌دهنده این است که جامعه در حال حاضر انرژی بیشتری را برای یک تولید معین مصرف می‌کند؛ بنابراین با توجه وضعیت مصرف برق و انرژی ایران آیا صرفاً با بالا بودن رشد مصرف برق و انرژی می‌توان نتیجه گرفت که مصرف‌کنندگان برق یا انرژی بیشتری نسبت به دیگران مصرف می‌کنند؟ آیا این افزایش نرخ رشد در مصرف برق و انرژی به دلیل افزایش تولید بوده است؟ یکی از شاخص‌هایی که به این سؤالات پاسخ می‌دهد، شاخص شدت مصرف انرژی و شدت مصرف برق است. شدت انرژی برابر با نسبت مقدار مصرف انرژی به سطح تولید است؛ با توجه به

رابطه شدت انرژی، هر چه میزان این شاخص مقدار کوچک‌تری باشد و یا میزان مصرف انرژی نسبت به تولید کمتر باشد، کارایی از منظر سطح مصرف انرژی بالاتر بوده است. شدت انرژی بیشتر، به معنای هزینه یا قیمت بیشتر تبدیل انرژی به تولید است. در مقابل، شدت انرژی کمتر، هزینه یا قیمت کمتر را برای تبدیل انرژی به تولید در اقتصاد نشان می‌دهد؛ بنابراین در ادامه شدت مصرف برق و انرژی برای کشورهای مذکور و همچنین چند کشور همسایه ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد.

3-2-2- شدت مصرف برق و انرژی

از شدت الکتریسیته معمولاً برای اندازه‌گیری بازده مصرف برق استفاده می‌شود، یعنی اگر شدت برق کمتر باشد، مصرف برق کارآمدتر است و بالعکس. شدت برق در اقتصادهای با رشد سریع از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا این کشورها به مقدار زیادی از منابع برق برای سوخت‌رسانی به فرآیند تولید نیاز دارند. رشد سریع منجر به افزایش شدید تقاضا برای برق در برخی از کشورهای در حال توسعه مانند چین در سال‌های اخیر شده است. شدت مصرف برق به عنوان مقدار مصرف برق در واحد خروجی تعریف می‌شود (وون و همکاران،[18] 2016).

$$EI_t = \frac{EC_t}{GDP_t}$$

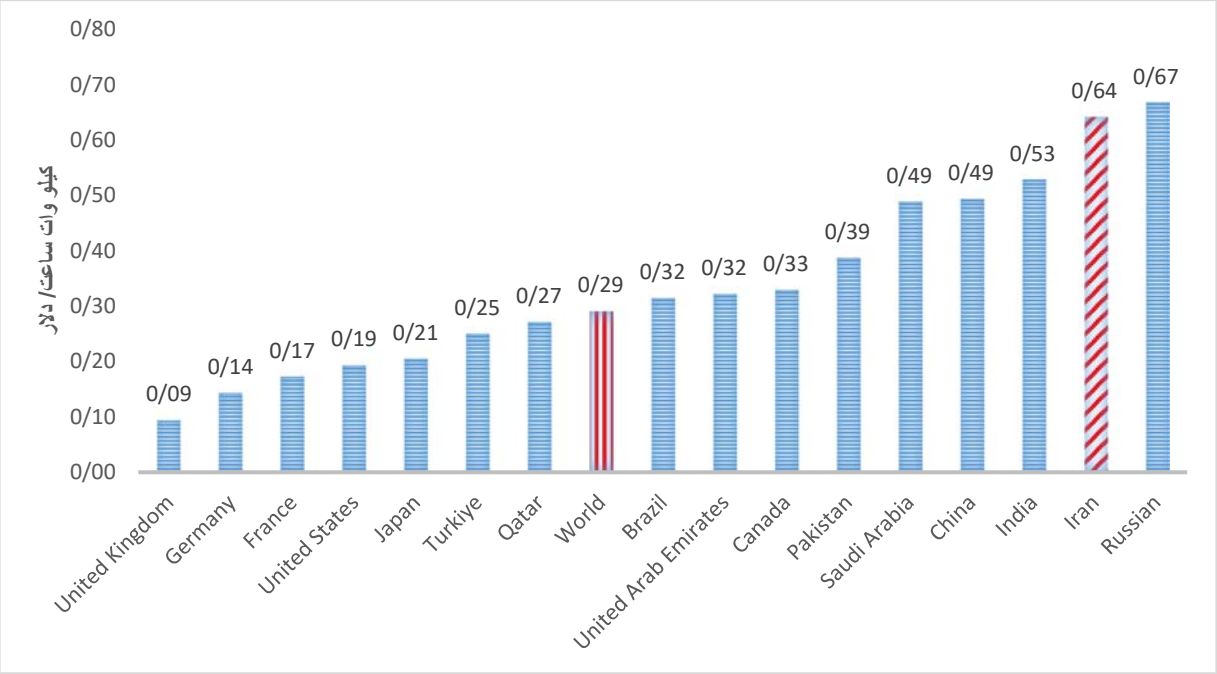
در رابطه فوق EI_t نشان دهند شدت مصرف برق یا انرژی، EC_t نشان دهنده مصرف برق یا مصرف انرژی در زمان t و GDP_t نشان دهنده تولید ناخالص داخلی در زمان t است.

1-3-2-2- شدت مصرف برق

در این بخش شدت مصرف برق مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه شدت مصرف برق با استفاده از تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 محاسبه شده است.

[18] Kwon et al.

نمودار 2-7: شدت مصرف برق در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015)[19]



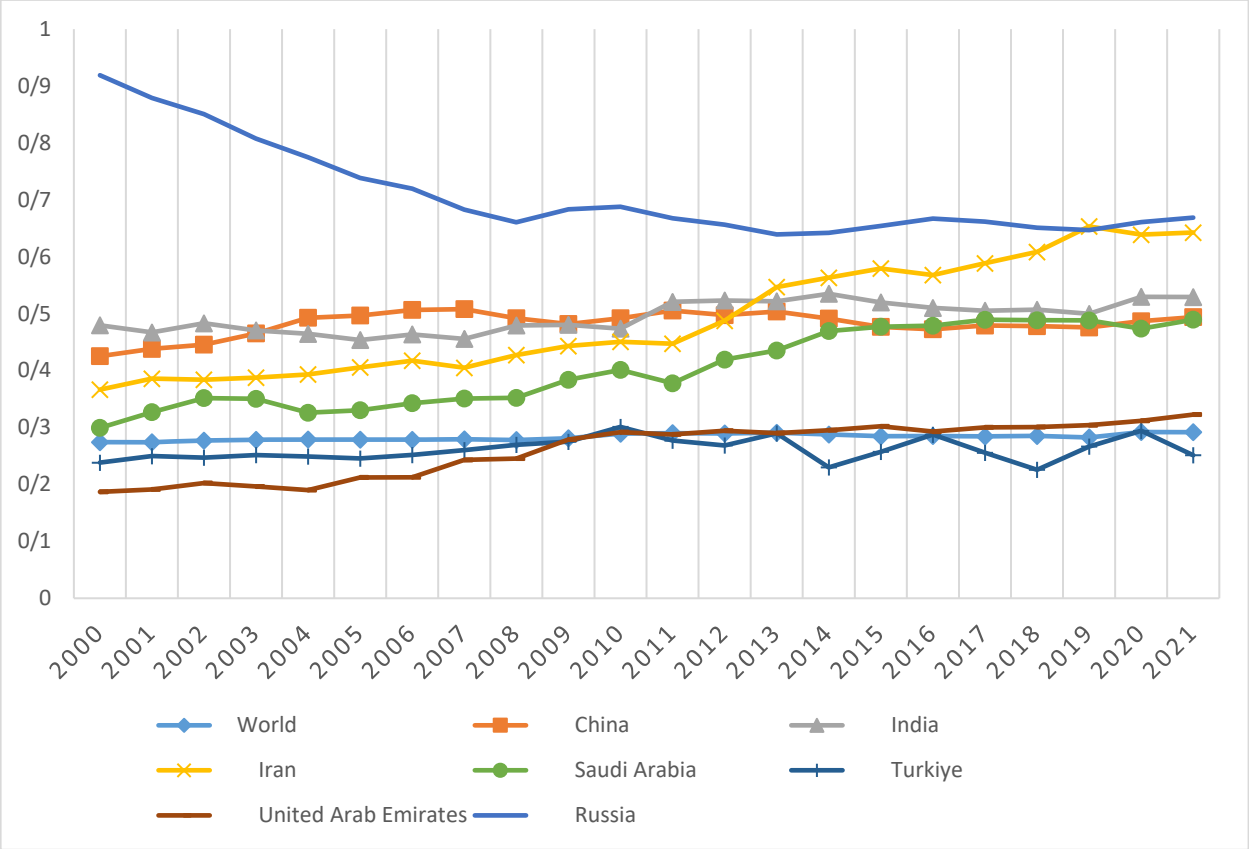
منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، روسیه با 0/67 (کیلووات ساعت/ دلار) بالاترین شدت مصرف برق را در سال 2021 در جهان دارد و سپس ایران با 0/64 در رتبه دوم قرار دارد. متوسط جهانی شدت مصرف برق برابر با 0/29 است؛ یعنی برای هر دلار تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015، 0/29 کیلووات ساعت برق لازم است. درحالی‌که در ایران برای هر دلار تولید ناخالص داخلی، 0/64 کیلووات ساعت برق لازم است یعنی بیش از 2 برابر متوسط جهانی. کشورهای هند، چین، عربستان، کانادا، امارت متحده عربی و برزیل نیز بعد از ایران به ترتیب بیشترین شدت مصرف برق را دارند و از متوسط جهانی شدت مصرف برق بیشتری دارند.

در نمودارهای زیر روند شدت مصرف برق ایران را با کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته نشان داده شده است.

[19] electricity net consumption per GDP (billion kWh/billion 2015$ GDP)

نمودار 2-8: شدت مصرف برق کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015)

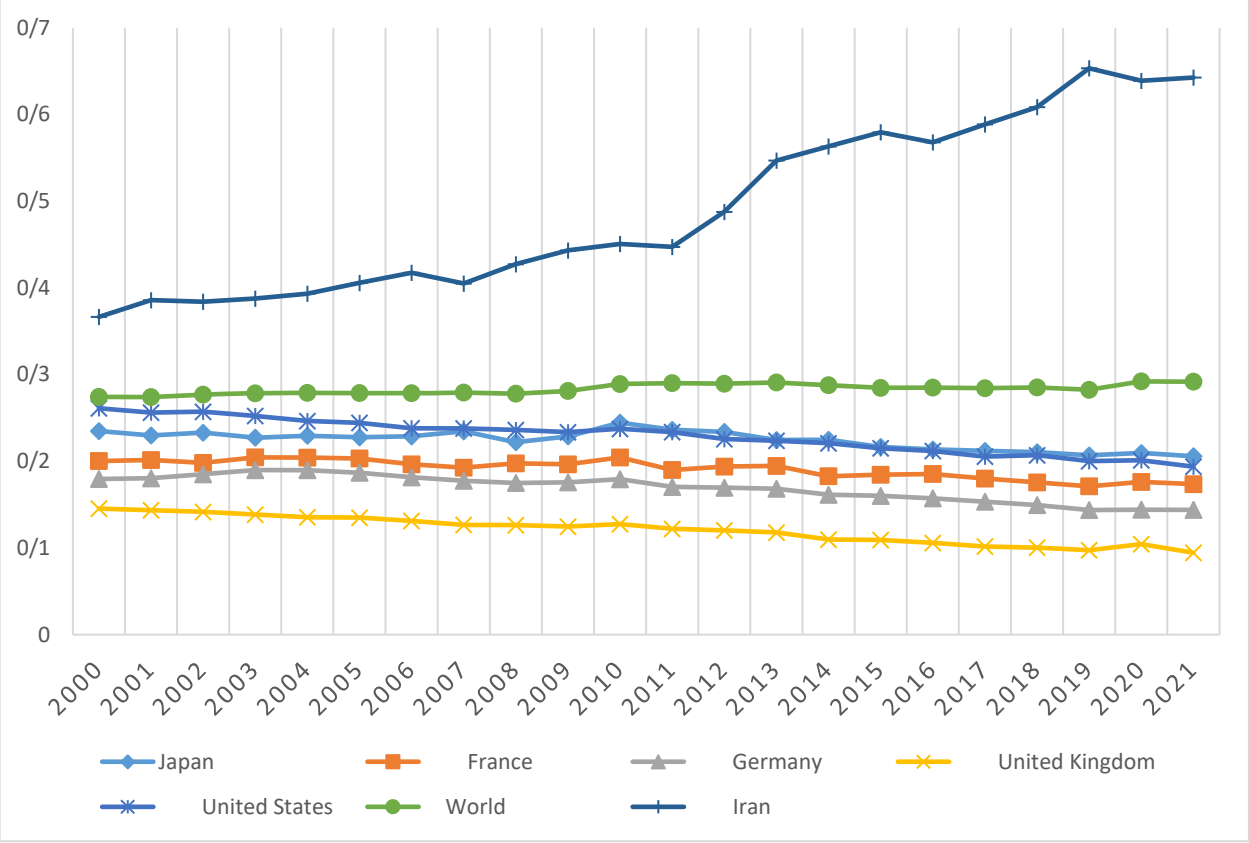


منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

در نمودار فوق روند شدت مصرف برق در ایران و چند کشور در حال توسعه به همراه متوسط جهانی نشان داده شده است. شدت مصرف برق در ایران در سال 2000 برابر با 0/37 کیلووات ساعت برای هر دلار تولید ناخالص داخلی بوده است که با یک روند فزاینده به 0/64 در سال 2021 رسیده است. این روند برای عربستان سعودی نیز تکرار شده است و از 0/30 در سال 2000 به 0/49 در سال 2021 افزایش پیدا کرده است. کشورهای امارات متحده عربی و ترکیه نیز با شدت کمتر روند صعودی در شدت مصرف برق در دوره مورد بررسی داشته‌اند. کشور هند نیز اگر چه نوساناتی در دوره مورد بررسی داشته است اما از 0/48 در ابتدای دوره به 0/53 در انتهای دوره رسیده است. کشور چین نیز مانند هند نوسانات زیادی در دوره مورد بررسی داشته است اما در انتها دوره شدت مصرف برق این کشور 0/48 بوده است درحالی‌که در ابتدای دوره 0/42 بود. روسیه بالاترین شدت مصرف انرژی برق در دوره مورد بررسی را دارد، به‌طوری که شدت مصرف انرژی برق این کشور در سال 2000 برابر با 0/92 بوده است اگر چه شدت مصرف برق در این کشور نزولی بوده است و به

0/67 در سال 2021 رسیده است اما همچنان بالاترین شدت مصرف انرژی برق در جهان را به خود اختصاص می‌دهد. بعد از فروپاشی اتحاد جماهیر شوری در دهه 90 میلادی و با به ثبات رسیدن شرایط سیاسی و اقتصادی روسیه، این کشور در بازه 2000 تا 2008 رشد اقتصادی متوسط سالانه 7 درصد را تجربه کرده است، درحالی‌که میزان مصرف برق در این بازه سالانه تنها 2/5 درصد افزایش پیدا کرده است. این موضوع موجب کاهش شدت مصرف برق روسیه در بازه 2000 تا 2008 شده است؛ اما از سال 2008 به بعد رشد اقتصادی متناسب با رشد مصرف برق تغییر کرده است و موجب شده است که شدت مصرف برق در این کشور تقریبا ثابت باشد. به طور کلی به توجه به موارد فوق می‌توان نتیجه گرفت که شدت مصرف برق کشورهای در حال توسعه مخصوصا ایران و عربستان سعودی در دوره مورد بررسی روند فزاینده داشته است اگر چه متوسط جهانی تقریبا در طول دوره ثابت و برابر با 0/3 بوده است. در ادامه شدت مصرف برق ایران با کشورهای توسعه یافته در دوره 2000 تا 2020 مقایسه شده است.

نمودار 2-9: شدت مصرف برق ایران و کشورهای توسعه یافته در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015)

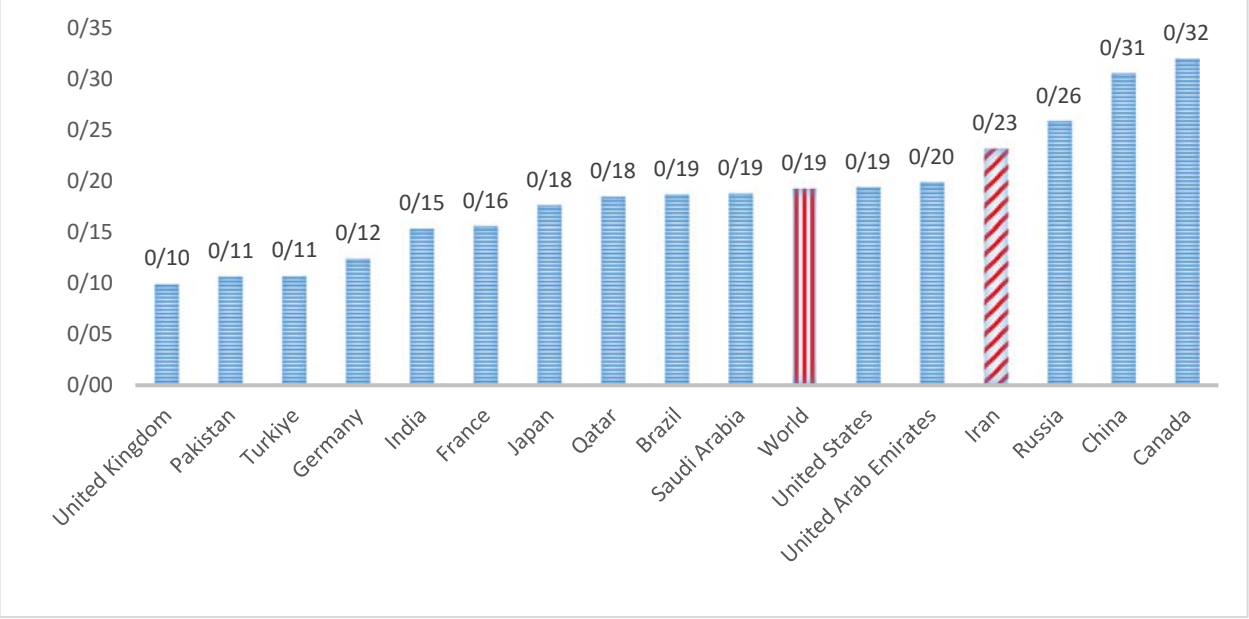


منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌شود، در همه کشورهای توسعه یافته شدت مصرف برق کمتر از متوسط جهانی است و روند این متغیر نیز در کشورهای مذکور نزولی می‌باشد؛ بنابراین بر خلاف ایران، شدت مصرف برق در کشورها توسعه یافته در دوره مورد بررسی کاهنده است.

باید به این نکته توجه کرد که اگر خطایی در محاسبه هر کدام از اجزای محاسبه شدت مصرف برق رخ دهد، این شاخص نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد؛ مثلا اگر تولید ناخالص داخلی کشورها به دلایلی کمتر از حد یا بیش از حد برآورد شود، شدت مصرف برق زیاد و یا کم حاصل می‌شود که این موضوع می‌تواند سیاست‌گذاران این بخش را در اتخاذ تصمیمات صحیح دچار مشکل کند. برای مثال یکی دیگر از روش‌های مقایسه تولید ناخالص داخلی و شدت انرژی نهایی در یک سال بین کشورها، ارقام تولید ناخالص داخلی را می‌توان در حالت برابری قدرت خرید (PPP) در نظر گرفت تا تفاوت در سطوح قیمت را حذف کرد و امکان مقایسه حجم معنی‌دار ارقام تولید ناخالص داخلی بین کشورها را فراهم کرد. در ادامه شدت مصرف انرژی برق بر اساس تولید ناخالص داخلی در حالت برابری قدرت خرید محاسبه شده است.

نمودار 2-10: شدت مصرف انرژی در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید)[20]



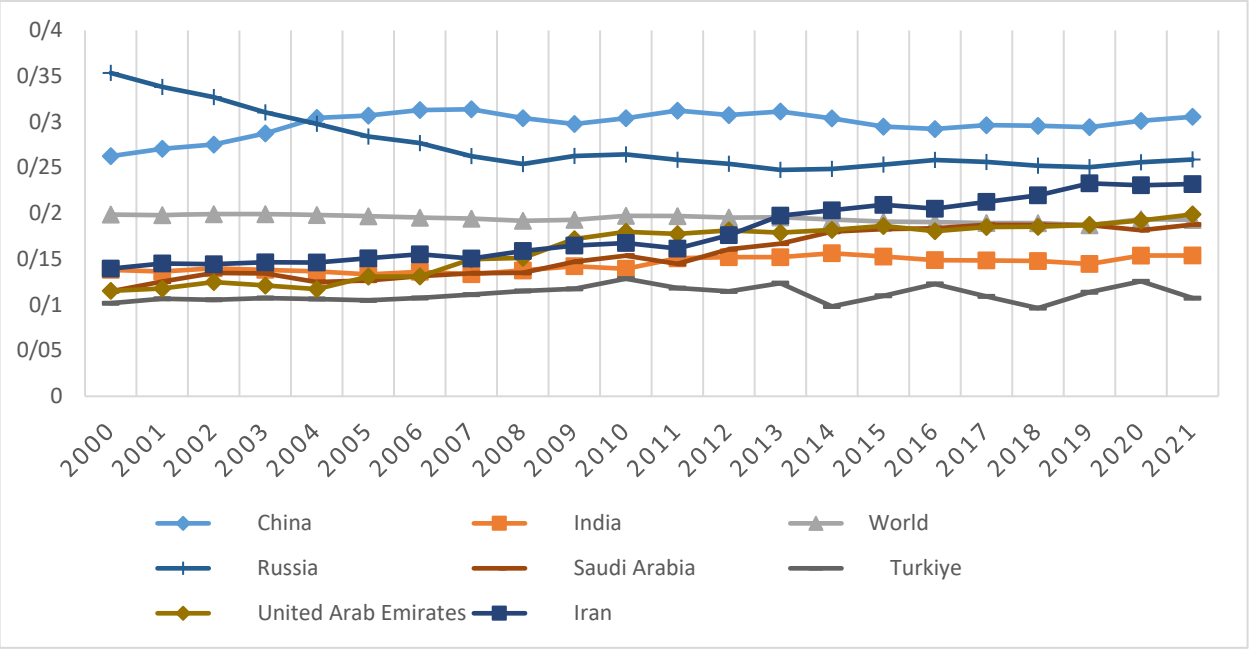
منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود شدت مصرف برق در حالت برابری قدرت خرید کشورها در سال 2021 برابر با 0/23 است و ایران در رتبه چهارم جهان قرار دارد. درحالی‌که با تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت برابر با 0/64

[20] electricity net consumption per GDP (billion kWh/billion 2015$ GDP PPP)

و در رتبه دوم جهان قرار داشت. در این حالت متوسط جهانی برابر با 0/19 است و شدت مصرف برق ایران به متوسط جهانی نزدیک است. روند شدت مصرف برق در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته در حالت برابری قدرت خرید در نمودارهای زیر نشان داده شده است.

نمودار 2-11: شدت مصرف برق کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید)[۲۱]



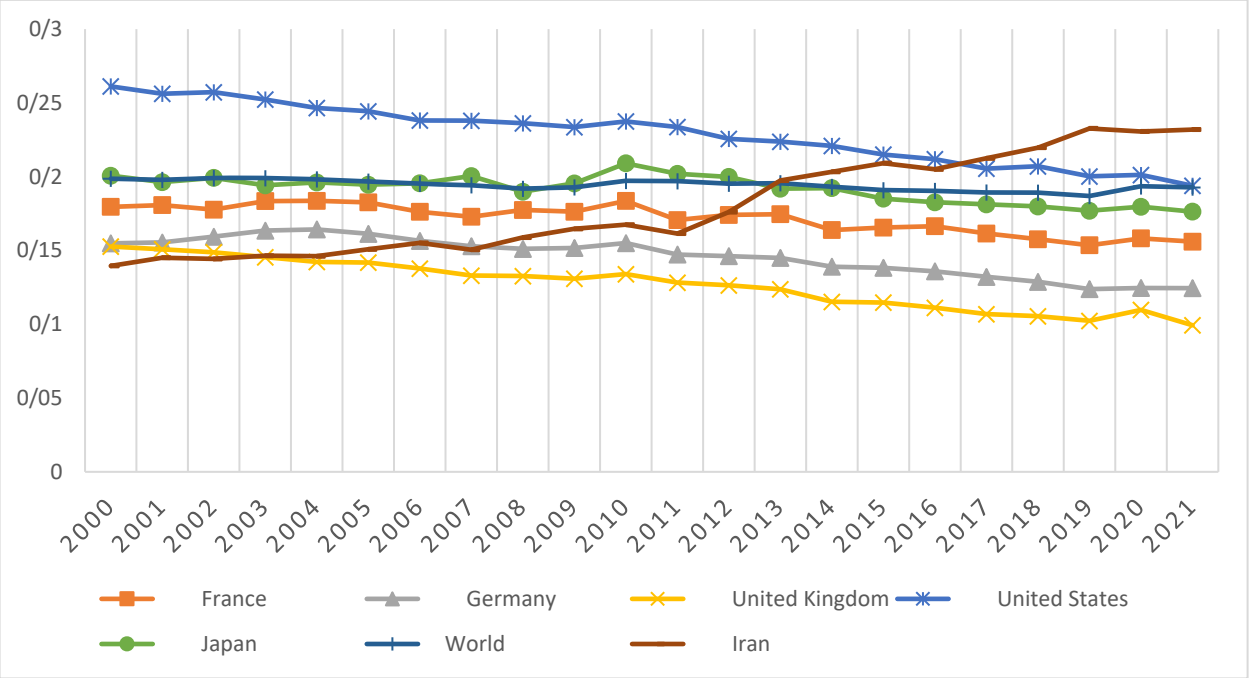
منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، اگر چه شدت مصرف برق در این حالت (برابری قدرت خرید) نسبت به شدت مصرف برق با قیمت‌های ثابت کمتر است اما همچنان روند این متغیر در کشورهای ایران، عربستان و امارات متحده عربی صعودی است. کشورهای چین و روسیه در این حالت شدت مصرف انرژی در تمامی دوره بالاتر از متوسط جهانی دارند اگر چه روند این شاخص برای این دو کشور نیز کاهنده است.

در نمودار زیر شدت مصرف برق ایران با برخی از کشورهای توسعه یافته در حالت برابری قدرت خرید تولید ناخالص داخلی مقایسه شده است.

[21] electricity net consumption per GDP (billion kWh/billion 2015$ GDP PPP)

نمودار 2-12: شدت مصرف برق ایران و کشورهای توسعه یافته در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید)[۲۲]



منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود اگر چه شدت مصرف برق در ایران در سال 2000 تنها 0/14 است اما با روند فزاینده‌ای که این شاخص دارد به 0/23 در سال 2021 افزایش پیدا کرده است. دیگر کشورها روند کاهنده‌ای در دوره مورد بررسی داشته‌اند به‌طوری که در سال 2021 همه کشورهای مورد بررسی، شدت مصرف انرژی الکتریکی کمتری از ایران داشته‌اند؛ بنابراین اگر چه شدت مصرف برق ایران بر اساس برابری قدرت خرید کمتر از حالتی است که شدت مصرف برق تنها با قیمت ثابت محاسبه شده بود اما همچنان روند این متغیر فزاینده بوده و رشد بیش از 2 برابری داشته است که این موضوع راندمان کم مصرف برق ایران نسبت به سایر کشورها را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج فوق می‌توان نتیجه گرفت با استفاده از هر کدام از انواع شاخص تولید ناخالص داخلی (قیمت جاری، قیمت ثابت، تولید ناخالص داخلی بر اساس برابری قدرت خرید) شدت مصرف برق تغییرات زیادی دارد؛ اما سوالی که مطرح می‌شود این است که کدام یک از انواع تولید ناخالص داخلی (قیمت جاری، ثابت یا برابری قدرت خرید) باید مبنای محاسبه شاخص شدت مصرف برق قرار گیرند.

زمانی که از تولید ناخالص داخلی به قیمت جاری استفاده می‌شود با توجه به اینکه بخشی از میزان تولید ناخالص داخلی به دلیل افزایش یا کاهش قیمت‌ها بوده است، لذا میزان تولید ناخالص داخلی بیشتر یا کمتر محاسبه می‌شود، در

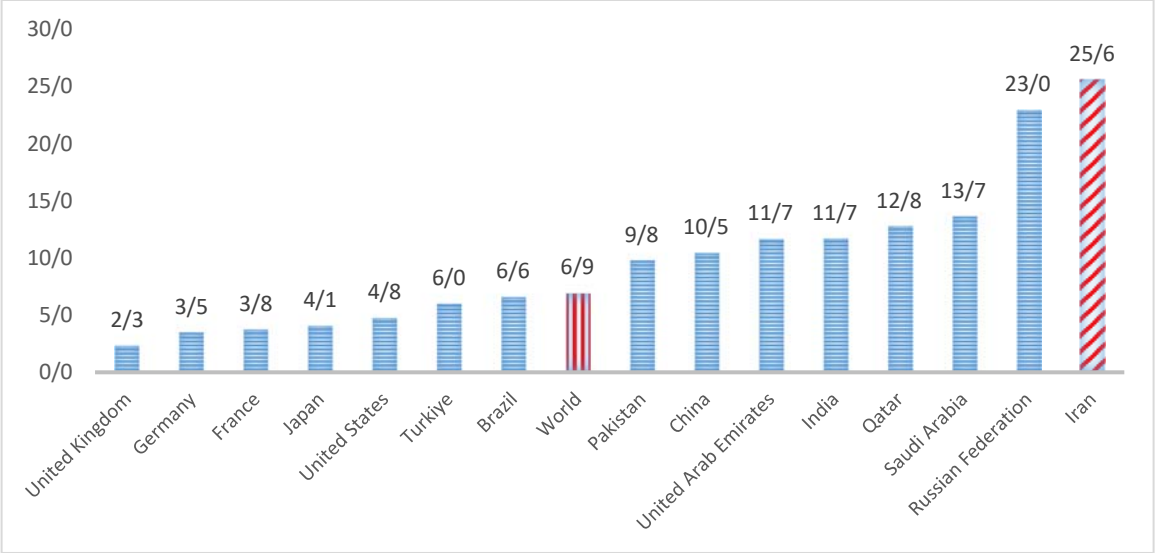
22 electricity net consumption per GDP (billion kWh/billion 2015$ GDP PPP)

نتیجه شدت انرژی کمتر یا بیشتر از میزان واقعی محاسبه می‌شود این موضوع در کشورهایی مانند ایران که سطح عمومی قیمت‌های بالاتری دارند، اهمیت بیشتری نیز دارد. در حالتی که تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت در نظر گرفته می‌شود، اثر تغییرات قیمت از تولید ناخالص داخلی حذف می‌شود و شاخص شدت انرژی مقداری واقعی‌تر که از حالت قبل می‌دهد؛ اما در حالتی که از تولید ناخالص داخلی بر اساس برابری قدرت خرید برای محاسبه شاخص شدت مصرف برق استفاده می‌شود، با توجه به اینکه تفاوت در سطوح قیمت کشورهای مختلف حذف می‌شود، لذا شاخص شدت مصرف برق در این حالت تورش کمتر و قابلیت مقایسه بیشتری دارد.

2-3-2-2- شدت مصرف انرژی

با توجه به اینکه برق تنها بخشی از انرژی مورد استفاده مصرف‌کنندگان است، شدت مصرف برق به تنهایی ممکن است گمراه‌کننده باشد؛ بنابراین در ادامه شدت مصرف انرژی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نمودار 2-13: شدت مصرف انرژی در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015) [۲۳]



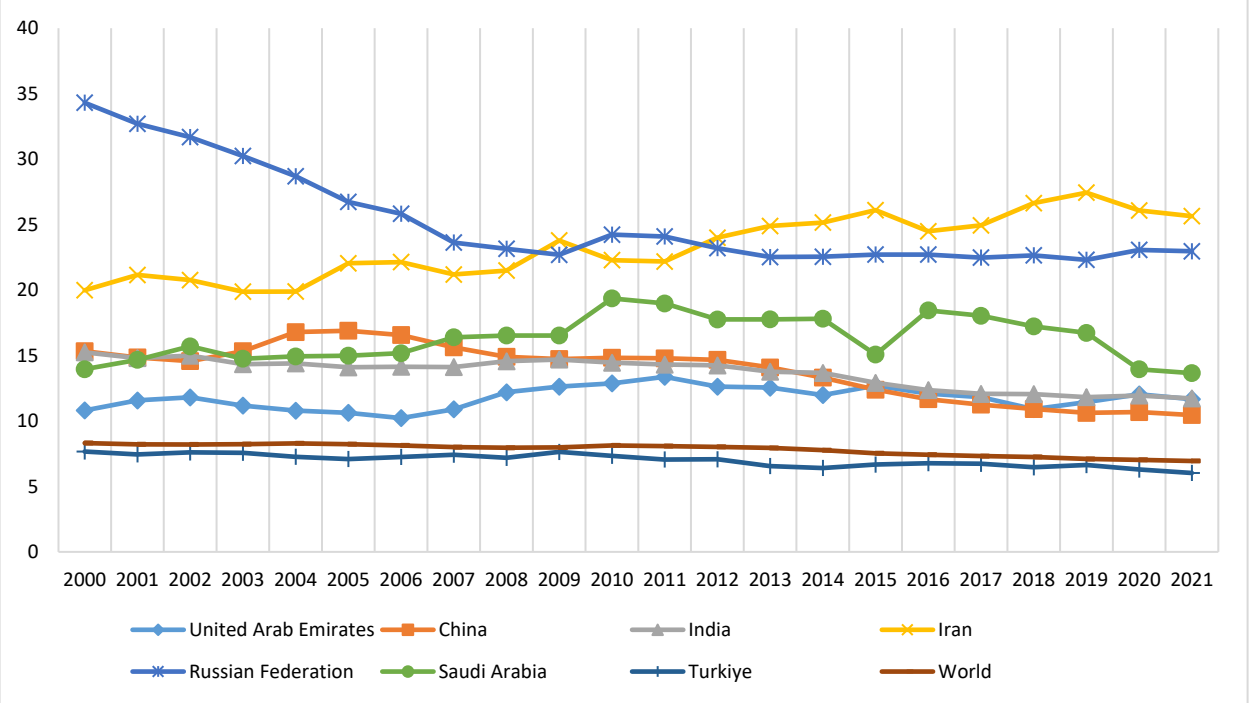
منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، در این حالت شدت مصرف انرژی در ایران برابر با 25/6 هزار BTU برای هر دلار تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 است به طوری که متوسط جهانی شدت مصرف انرژی در سال 2021 برابر با 6/9 است یعنی شدت مصرف انرژی در ایران بیش از سه برابر متوسط جهانی است. بعد از ایران، روسیه، عربستان سعودی و قطر در رتبه‌های بعدی بیشترین شدت مصرف انرژی قرار دارند. ویژگی مشترک این کشورها وجود منابع غنی نفت و گاز است که دسترسی به انرژی به قیمت پایین را برای آن‌ها ممکن می‌سازد. همچنین می‌توان نتیجه

23 energy consumption per GDP (1000 Btu/constant 2015 US$)

گرفت که شدت مصرف انرژی در ایران نسبت به شدت مصرف برق در مقایسه با دیگر کشورها در وضعیت بدتری قرار دارد. نمودارهای زیر روند شدت مصرف انرژی در ایران را با کشورهای دیگر مقایسه کرده است.

نمودار 2-14- شدت مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015)[۲۴]



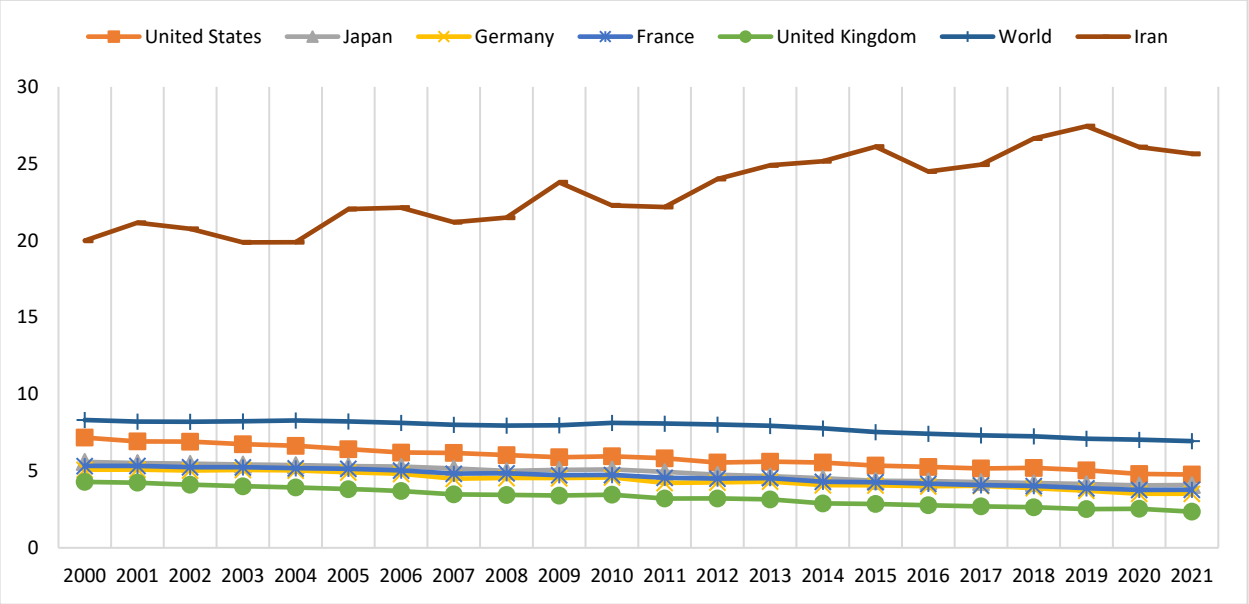
منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود شدت مصرف انرژی در ایران از 20 هزار BTU برای هر دلار تولید ناخالص داخلی در سال 2000 به 26 هزار BTU در سال 2021 افزایش پیدا کرده است. شدت مصرف برق در کشور عربستان نیز روندی مانند ایران داشته است اگر چه در سال‌های اخیر شدت مصرف انرژی در این کشور کاهند شده است. متوسط شدت مصرف انرژی جهان در دوره مورد بررسی روند نزولی داشته است. کشور روسیه نیز که در سال 2000 شدت مصرف انرژی نزدیک به دو برابر ایران داشته است در سال 2021 شدت مصرف انرژی خود را به کمتر از ایران کاهش داده است.

نمودار زیر شدت مصرف برق ایران و متوسط جهانی را با کشورهای توسعه یافته در دوره 2000 تا 2021 مقایسه کرده است.

24 energy consumption per GDP (1000 Btu/2015$ GDP)

نمودار 2-15: شدت مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015)[۲۵]



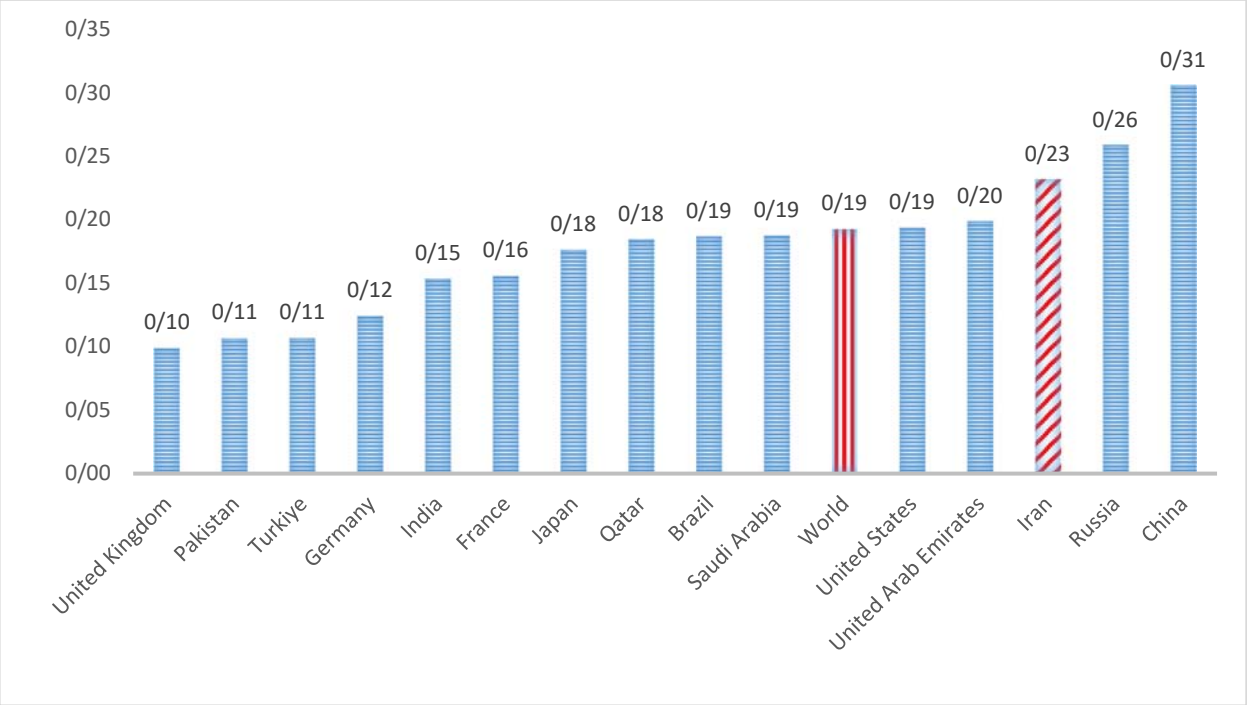
منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌شود، شدت مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته در دوره مورد بررسی همواره نزولی بوده است. درحالی‌که شدت مصرف انرژی در ایران در این دوره روند صعودی داشته است.

در ادامه شدت مصرف انرژی را با استفاده از ارقام تولید ناخالص داخلی در حالت برابری قدرت خرید (PPP) محاسبه شده است که همان‌طور که در بالا نیز اشاره شد اثر قیمت‌های نسبی در کشورهای مختلف حذف شود.

25 energy consumption per GDP (1000 Btu/2015$ GDP)

نمودار 2-16: شدت مصرف انرژی در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید)[۲۶]

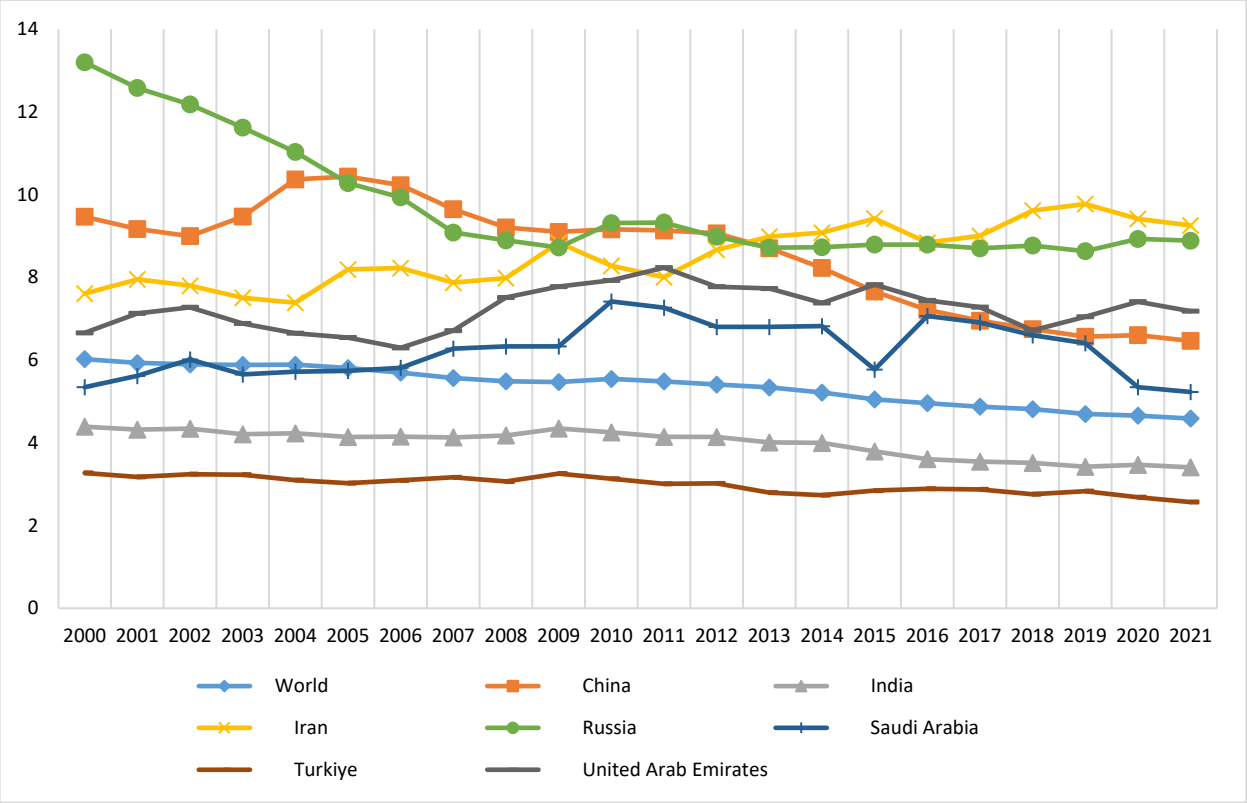


منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، شدت مصرف انرژی در این حالت (برابری قدرت خرید تولید ناخالص داخلی) نیز در ایران نسبت به دیگر کشورها بالاتر است. اگر چه نسبت به حالت دیگر (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت) شدت مصرف انرژی ایران کمتر شده است اما همچنان نسبت به کشورهای دیگر بالاتر و نزدیک دو برابر متوسط جهانی است. در نمودارهای زیر شدت مصرف انرژی ایران با کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته مقایسه شده است.

26 electricity net consumption per GDP (billion kWh/billion 2015$ GDP PPP)

نمودار 2-17: شدت مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید)[۲۷]



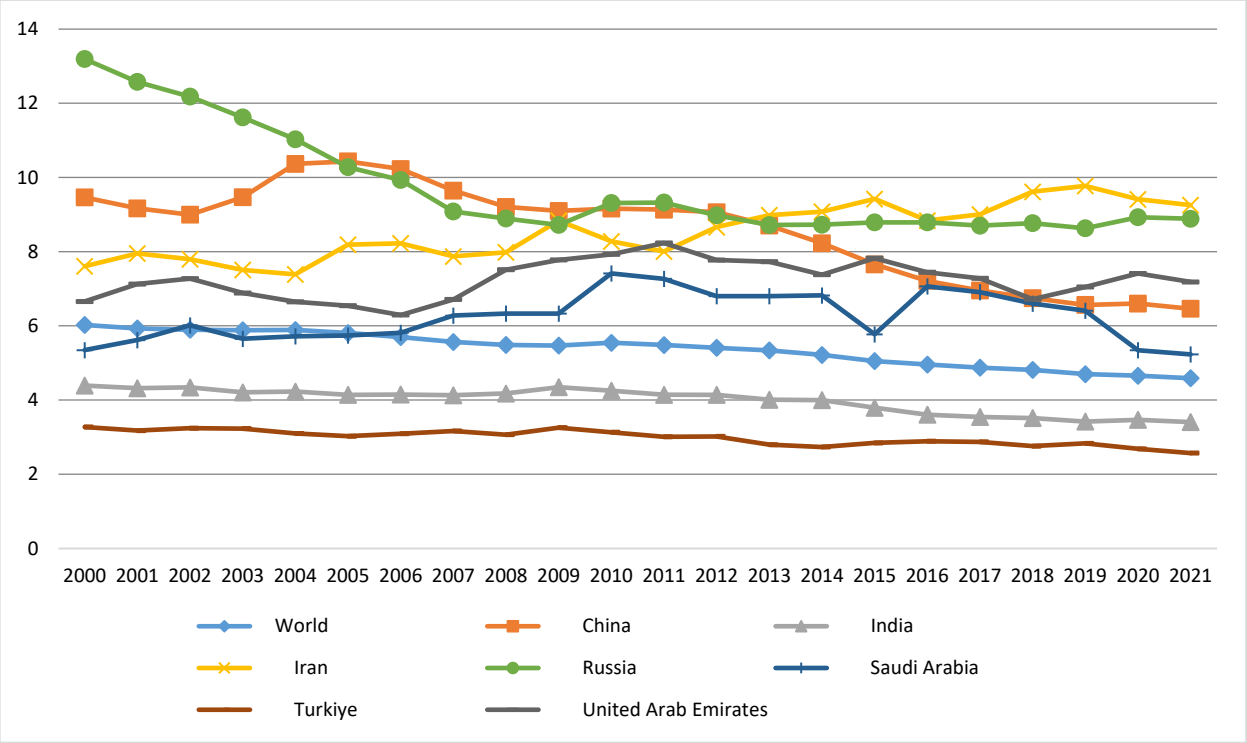
منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود شدت مصرف انرژی در کشورهای ایران، عربستان و امارات متحده عربی افزایشی بوده است درحالی‌که در دیگر کشورها این روند نزولی بوده است.

نمودار زیر روند شدت مصرف برق ایران را با برخی از کشورهای توسعه یافته نشان داده است.

27 energy consumption per GDP (1000 Btu/2015$ GDP PPP)

نمودار 2-18: شدت مصرف انرژی کشورهای در حال توسعه در سال 2021 (تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 2015 بر اساس برابری قدرت خرید)[۲۸]



منبع: سازمان اطلاعات انرژی (EIA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، روند شدت انرژی بر اساس برابری قدرت خرید در تمامی کشورهای فوق به‌جز ایران نزولی بوده است. نمودار نشان می‌دهد که شدت مصرف انرژی کشور کانادا در این حالت نسبت به دیگر کشورهای در مورد مطالعه بیشتر است اگر چه روند نزولی داشته است.

4-2-2- نقد شاخص شدت انرژی

دقت اندازه‌گیری شاخص شدت انرژی به عنوان یکی از بحث‌های انتقادی در حوزه انرژی مطرح شده و محققان در تلاش‌اند تا تعریفی جامعی از شدت انرژی ارائه دهند که بتواند معیار مناسبی برای کارایی باشد. یکی از این بحث‌ها، از بعد تقاضای انرژی است. دو معیار اقتصادی برای برآورد تقاضای انرژی وجود دارد: انرژی اولیه و انرژی نهایی که شدت انرژی به دست آمده از این دو متفاوت هستند. بحث دیگر، از بعد تولید ناخالص داخلی بوده که با در نظر گرفتن تعاریف متفاوت از تولید، دسته‌بندی سیستم‌های صنعتی و... است. برای مثال در کشورهایی که یارانه زیادی به بخش‌های مختلف داده می‌شود، ممکن است تولید ناخالص داخلی کمتر از مقدار واقعی برآورد شود. از سوی دیگر، در تبدیل ارزش تولید ناخالص

28 energy consumption per GDP (1000 Btu/2015$ GDP PPP)

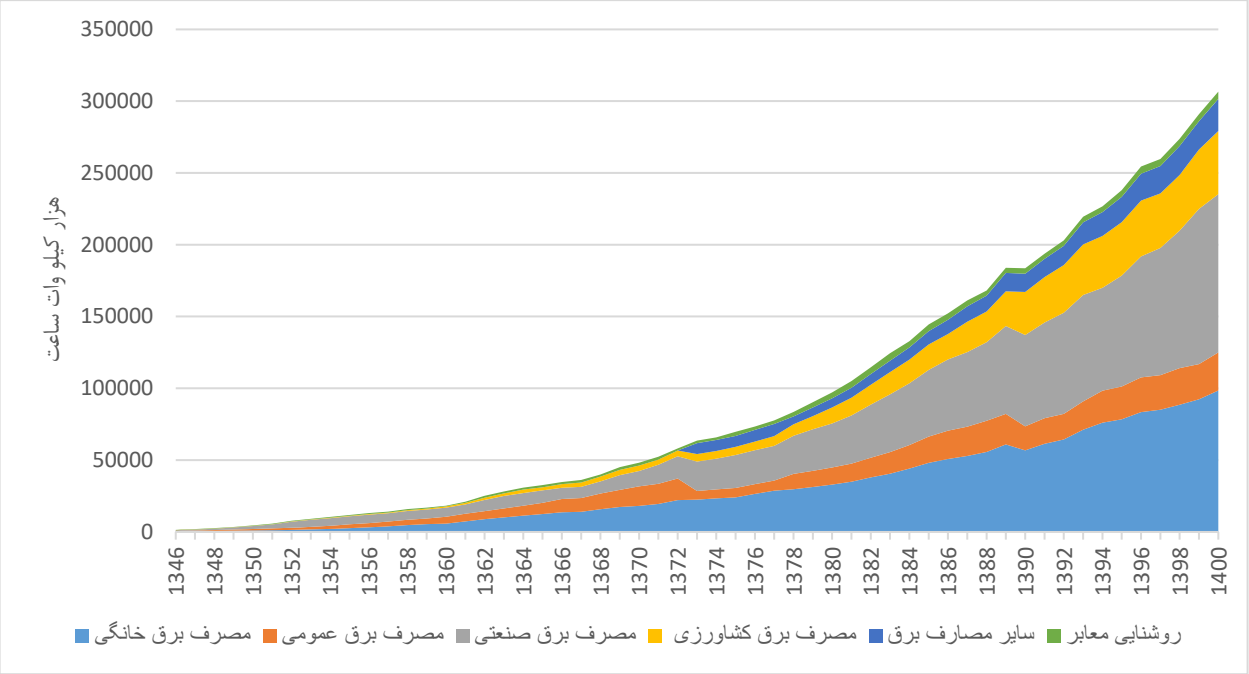
داخلی عمدتا از دو روش نرخ ارز بازاری یا شاخص برابری قدرت خرید استفاده می‌شود که در نتیجه شاخص شدت انرژی کشورها بیش از حد یا کمتر از حد محاسبه شده و نتایج گمراه کننده‌ای به همراه خواهند داشت. چنین شکاف‌هایی در تحلیل‌های آتی انرژی و سیاست‌های مربوط نباید نادیده گرفته شوند.

همان‌طور که در بخش‌های قبل مشاهده شد، بررسی نتایج شدت مصرف برق و انرژی ایران و مقایسه آن با سایر کشورها نیز نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن تعاریف متفاوت از تولید، این شاخص می‌تواند متفاوت باشد. علاوه بر موارد فوق باید به این نکته توجه کرد که مقایسه کشورهای مذکور و البته بسیاری دیگر از کشورها با ایران و یا همان کشورها با یکدیگر بدون توجه به مؤلفه‌های مختلف از جمله اختلاف اقلیمی و طبیعت آن‌ها، فرصت‌های اقتصادی کشورها، فعالیت‌های جاری تولیدی و خدماتی صحیح یا ناصحیح، ثبات برابری نرخ ارز، امکان دسترسی به تکنولوژی، سرمایه‌گذاری کافی در تحقیقات، ضریب وابستگی به تکنولوژی و تجهیزات و مواد واسطه وارداتی، امکانات زیرساختی، تخصص و توانمندی اجرایی نیروی انسانی، منابع مالی و سرمایه‌ای مورد نیاز، برنامه راهبردی و اجرایی بلندمدت و از همه مهم‌تر مدیریت توانمند و معتقد به توسعه پایدار و... قیاسی مع‌الفارق است (مرکز پژوهش‌های مجلس، 1394). سوالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که کدام یک از این ارقام باید مبنای محاسبه شدت انرژی باشد؟ بنابراین چنین شکاف‌هایی در تحلیل‌های آتی انرژی و سیاست‌های مربوط نباید نادیده گرفته شوند.

5-2-2- سهم بخش‌های مختلف از مصرف برق

در این بخش سهم بخش‌های مختلف مصرف‌کننده برق در ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد. بررسی روند مصرف برق نشان می‌دهد که هیچ تغییر اساسی در تقاضای برق در بخش‌های مختلف وجود ندارد. نمودار (2-19) روند مصرف برق بخش‌های مختلف برق در ایران را نشان می‌دهد.

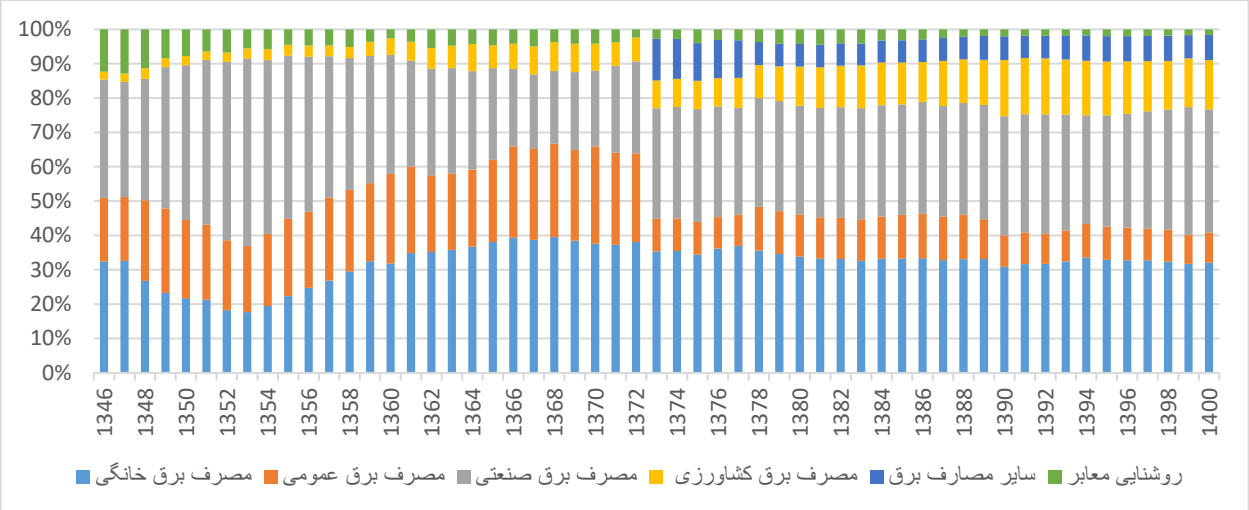
نمودار 2-19: روند مصرف بخش‌های مختلف برق در ایران



منبع: آمار تفصیلی صنعت برق

همان‌طور که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌شود روند مصرف برق در همه بخش‌ها در دوره مورد بررسی در حال افزایش است. برای درک بهتر تغییر وضعیت مصرف هر کدام از این بخش‌ها در نمودار (2-20) روند تغییر سهم بخش‌های مختلف از مصرف برق ایران آورده شده است.

نمودار 2-20: روند تغییر سهم بخش‌های مختلف ایران مصرف برق

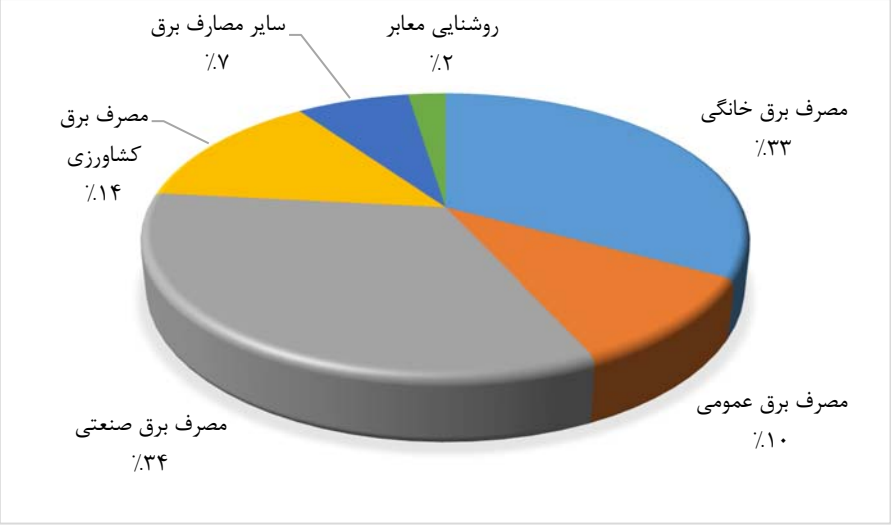


همان‌طور که در شکل فوق نیز مشاهده می‌شود، سهم مصرف برق در بخش کشاورزی افزایشی بوده است دلیل این موضوع پیشرفت تکنولوژی و مکانیزاسیون (مهم‌ترین دلیل، برق‌دار کردن چاه‌های کشاورزی دیزلی) در این بخش بوده

است که نیاز به مصرف برق را افزایش داده است. سهم بخش عمومی و سایر مصارف هم در پایان دوره کاهش ناچیزی نسبت به اول دوره داشته است (البته باید به این نکته نیز توجه کرد که در برخی سال‌ها مشترکین بین کاربری‌های مختلف جابجا شده‌اند، مثلا از عمومی به کشاورزی و ...). در سال‌های 1346 تا 1353 سهم بخش صنعت از مصرف برق افزایشی بود به طوری که در سال 1353 سهم این بخش از کل مصرف برق به بیش از 54 درصد رسید در این سال‌ها سهم بخش خانگی کاهشی و سهم بخش کشاورزی ناچیز بوده است؛ دلیل این موضوع نیز توسعه صنعت در این سال‌ها بوده است. از سال 1354 تا 1372 سهم بخش صنعت از مصرف برق کاهشی شد به‌طوری که در سال 1372 سهم این بخش به کمتر از 27 درصد رسید. در ادامه با پایان جنگ تحمیلی سهم بخش صنعت افزایش پیدا کرد به‌طوری که در سال 1400 به 36 درصد رسیده است. باید به این نکته اشاره کرد که قبل از سال 1373 داده‌های مصرف برق عمومی و سایر مصارف برق به صورت تجمیع شده گزارش می‌شد.

در شکل زیر متوسط سهم مصرف برق ایران در بخش‌های مختلف برای دوره 1400-1373 (با توجه به اینکه تا قبل از سال 1373 داده‌های مصرف برق عمومی و سایر مصارف برق به صورت تجمیع شده گزارش می‌شد، از سال 1373 به بعد در نظر گرفته شده است).

نمودار 2-21: سهم بخش‌های مختلف ایران از متوسط مصرف برق (1400-1373)



همان‌طور که در نمودار بالا مشاهده می‌شود در دوره مورد بررسی مصرف بخش صنعتی با 34 درصد بیشترین سهم از مصرف برق را به خود اختصاص داده است، سپس مصرف برق در بخش خانگی با 33 درصد در رتبه بعدی قرار دارد. بخش کشاورزی با 14 درصد، بخش عمومی با 10، بخش تجاری با 7 درصد و روشنایی معابر با 2 درصد در رتبه‌های بعدی مصرف برق در ایران قرار دارند.

2-3- مصرف بخش خانگی

2-3-1- روند مصرف برق خانگی در ایران

مصرف برق در بخش مسکونی برخلاف بخش صنعتی که شامل فرآیند تولید می‌شود، عمدتاً برای نگهداری و بهبود زندگی روزمره خانواده استفاده می‌شود. بخشی از ادبیات مصرف برق به این موضوع می‌پردازد که آیا مصرف برق مسکونی تحت تاثیر متغیرهای کلان مانند تغییر دما، اثر جمعیتی و توزیع درآمد قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، اوتا و همکاران[۲۹] (2018) تاکید کردند که کاهش نرخ باروری و طول عمر بیشتر منجر به افزایش جمعیت 65 ساله و بالاتر در ژاپن شده است که به این معنی است که این کشور در مسیر تبدیل شدن از یک "جامعه در حال پیر شدن" به یک "جامعه پیر" قرار دارد. آن‌ها نشان دادند که اثر جمعیتی پیری جامعه باعث کاهش تقاضا برای خرید برق در ژاپن شده است. در مقابل، وو و همکاران (2015)[۳۰] شواهد متفاوتی بین تغییرات در ساختار جمعیت و مصرف برق مسکونی در سراسر مناطق در تایوان یافت.

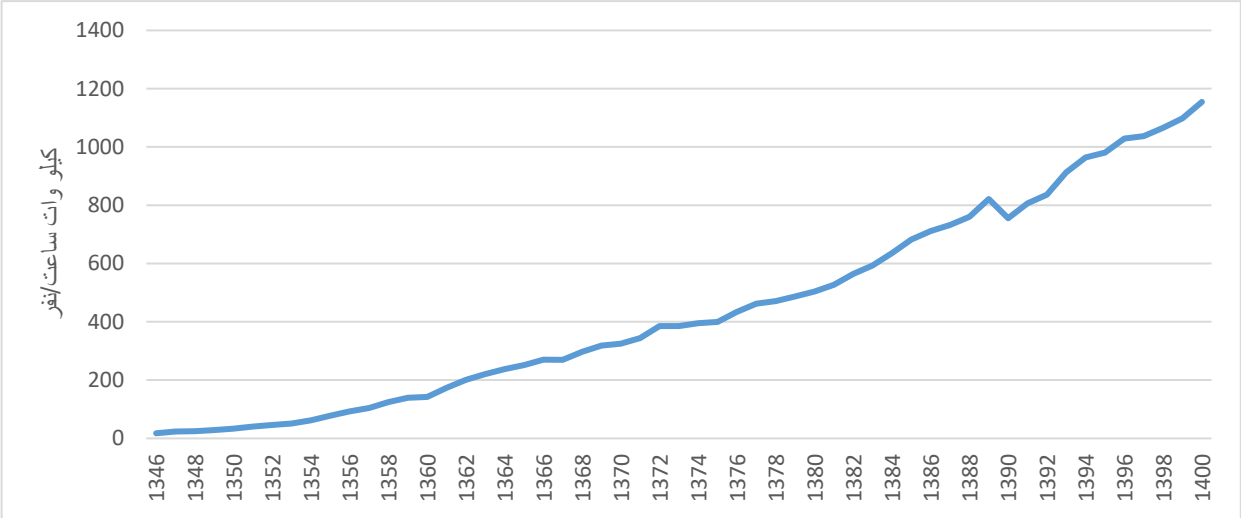
بخش دیگری از تحقیقات، مصرف برق را از دیدگاه جغرافیایی مورد بررسی قرار داده است. هوانگ[۳۱] نشان داد که در تایوان، خانوارهای ساکن در مناطق شهری نسبت به خانوارهای مناطق روستایی از برق بیشتری استفاده می‌کنند. کواکوا[۳۲] (2017) همچنین تفاوت‌های قابل توجهی در مصرف برق بین مناطق روستایی و شهری در مصر یافت. دسته دیگری از مطالعه سطح پایین‌تری را مورد مطالعه قرار داده‌اند برای مثال سو[۳۳] (2019) مصرف برق مسکونی در تایوان را با استفاده از نظرسنجی‌های خانوار بررسی کرد. وی روی این موضوع تمرکز کرد که آیا وسایل کلیدی مانند تهویه مطبوع، روشنایی، تلویزیون و یخچال بر مصرف برق تأثیر می‌گذارند یا خیر. نتایج نشان داد که فضای داخلی، مالکیت و درآمد خانوار تأثیرات مثبتی بر مصرف برق دارند.

مطالعات مختلفی در مورد ویژگی‌های مصرف برق خانگی صورت گرفته است که بیشتر آن‌ها در قالب مطالعات موردی یا نظرسنجی در رابطه با عوامل تعیین‌کننده مصرف برق خانگی انجام شده است. این مطالعات عمدتاً رگرسیون OLS را روی بسیاری از متغیرهای پیش‌بینی کننده که انتظار می‌رفت بر مصرف برق تأثیر بگذارند، اعمال کردند. مک لافلین و همکاران[۳۴] (2012) به طور خلاصه بیان کردند که بیشترین موارد ذکر شده در میان عواملی که بر مصرف انرژی مسکونی تأثیر می‌گذارند شامل درآمد خانوار، تعداد وسایل برقی، تعداد اعضای خانواده و نوع خانه است. هوانگ[۳۵] (2015) نشان

[29] Ota et al.
[30] Wu et al.
[31] Huang et al.
[32] Kwakwa
[33] Su
[34] McLoughlin et al.
[35] Huang

داد که درآمد خانوار، تعداد اعضای خانوار و تعداد اعضای سالخورده در خانوار بر مصرف برق تأثیر می‌گذارد. همچنین اندازه خانوار بزرگ‌تر، خانه‌هایی با وسایل بیشتر و مالکان، مشاغل مورد استفاده و خانه‌های طبقاتی از نظر ویژگی‌های مسکونی به مصرف برق بیشتر خانوار منجر می‌شود. برخی از مطالعات نشان می‌دهد که تعداد اعضای خانواده، سن سرپرست خانوار و زمان ماندن در خانه از نظر آماری مهم‌ترین عوامل هستند (کاووسیان و همکاران،[۳۶] 2013؛ مک لافلین و همکاران، 2012؛ یوهانیس،[۳۷] 2012). یوهانیس و همکاران (2008) استدلال کردند که مکان ساختمان، نوع گرمایش، کارایی تجهیزات الکتریکی و نگرش کاربران مهم‌ترین عوامل هستند. اولانیان و ایوانز[۳۸] (2014) دریافتند که قیمت برق، درآمد خانوار، شرایط آب و هوایی و پیشرفت فناوری عواملی هستند که به طور قابل توجهی بر مصرف سرانه برق ماهانه تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این، برخی از مطالعات تفاوت‌های مصرف انرژی بین مناطق شهری و روستایی را پوشش دادند (نیو و همکاران،[۳۹] 2012). جونز و همکاران[۴۰] (2015) 13 عامل اجتماعی-اقتصادی، 12 عامل مسکونی و 37 عامل مرتبط با لوازم خانگی را که تأثیرات معنی‌داری یا قابل توجهی بر مصرف برق خانگی دارند، بررسی کردند و دریافتند که 4 عامل اجتماعی-اقتصادی، هفت عامل مسکن و 9 عامل مرتبط با لوازم خانگی بدون ابهام تأثیر مثبت قابل توجهی بر مصرف برق دارند؛ بنابراین به طور منطقی می‌توان پیش‌بینی کرد که با توسعه بیشتر شهرنشینی و بهبود سطح زندگی ساکنان شهری سرانه مصرف برق افزایش می‌یابد. در ادامه به بررسی روند مصرف برق بخش خانگی در ایران پرداخته می‌شود.

نمودار 2-22: روند مصرف برق سرانه در بخش خانگی



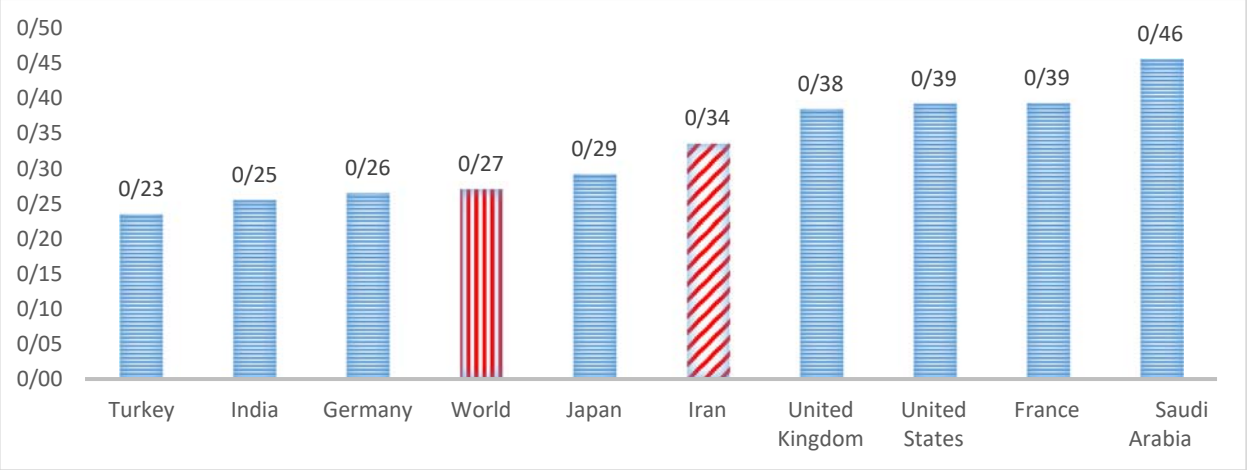
[36] Kavousian et al.
[37] Yohanis
[38] Olaniyan and Evans
[39] Niu et al.
[40] Jones et al.

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، سرانه مصرف برق در ایران از سال 1346 تا سال 1400 روند افزایشی داشته است و تنها در سال 1390 نسبت به سال 1389 سرانه مصرف برق کاهش پیدا کرده است. دلیل کاهش سرانه مصرف برق بخش خانگی افزایش قیمت برق ناشی از هدفمندی یارانه‌ها در سال 1390 بوده است؛ بنابراین اگرچه با پیشرفت تکنولوژی و بهبود رفاه خانوار، استفاده از وسایل الکترونیکی افزایش پیدا می‌کند که این موضوع باعث افزایش سرانه مصرف برق بخش خانگی می‌شود ولی سیگنالی که قیمت برق صادر می‌کند نیز بر مصرف برق خانگی در ایران بسیار موثر است. بررسی وضعیت قیمت حقیقی برق خانگی در ایران نشان می‌دهد که قیمت برق متناسب با سطح عمومی قیمت‌ها افزایش پیدا نکرده است بنابراین از طرف قیمت برق سیگنال درستی برای کاهش میزان مصرف برق بخش خانگی (به‌جز سال 1390) صادر نشده است.

2-3-2- مقایسه مصرف برق و انرژی خانگی ایران و سایر کشورها

در ادامه به بررسی وضعیت مصرف برق بخش خانگی در ایران و مقایسه آن با سایر کشورها پرداخته می‌شود. نمودار (2-23) سهم بخش خانگی از کل مصرف نهایی برق کشورهای مختلف را در سال 2020 نشان می‌دهد.

نمودار 2-23: سهم بخش خانگی از کل مصرف نهایی برق سال 2020



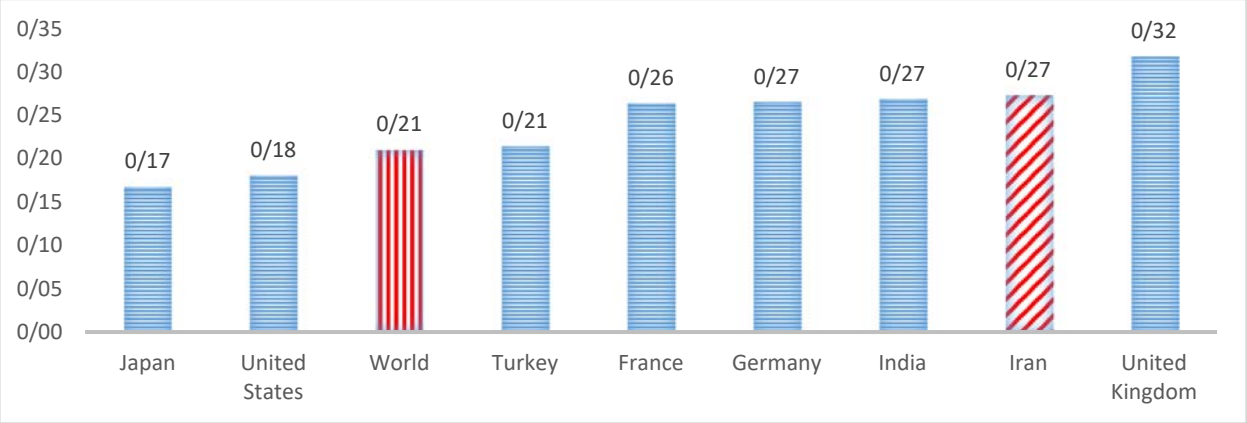
منبع: آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)[41]، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، بخش خانگی عربستان صعودی با 46 درصد بیشترین سهم را در مصرف برق این کشور دارد. فرانسه، ایالات‌متحده آمریکا و انگلیس در رتبه‌های بعدی بیشترین سهم بخش خانگی از مصرف برق را دارند. در میان کشورهای فوق بخش خانگی ایران با سهم 34 درصدی در رتبه 6 ام بیشترین سهم بخش خانگی از مصرف برق قرار دارد. متوسط جهانی سهم بخش خانگی از کل مصرف برق برابر با 27 درصد است. در این رتبه‌بندی بخش

[41] International Energy Agency

خانگی کشور ترکیه با سهم 23 درصدی از کل مصرف برق در رتبه آخر قرار دارد. با توجه به اینکه در برخی از کشورها ممکن است از اشکال دیگری از انرژی (نه صرفاً برق) استفاده شود، برای مقایسه بهتر مصرف انرژی بخش خانگی در نمودار (2-24) سهم بخش خانگی از کل مصرف نهایی انرژی در سال 2020 برای کشورهای منتخب آورده شده است.

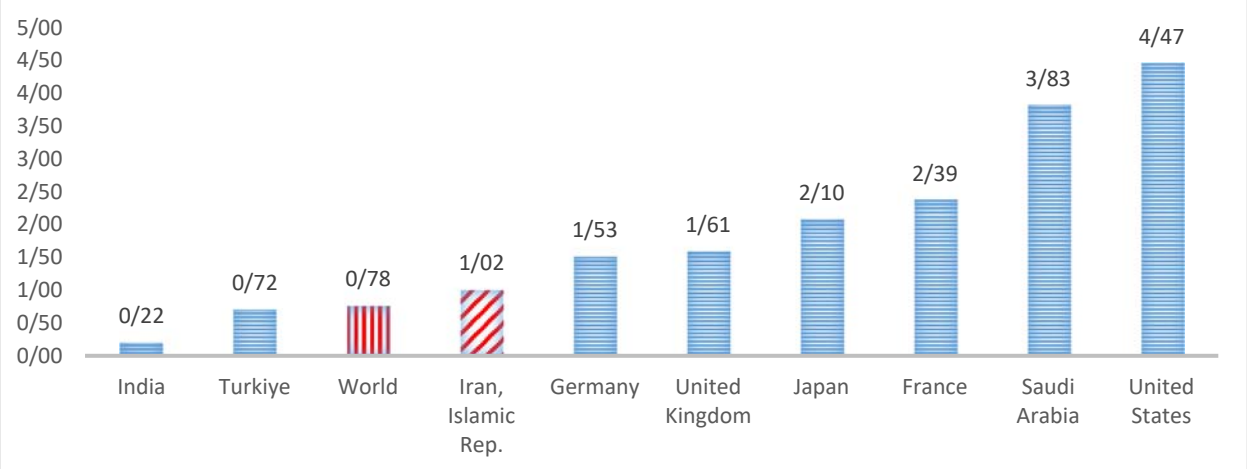
نمودار 2-24: سهم بخش خانگی از کل مصرف نهایی برق سال 2020



منبع: آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)، محاسبات تحقیق

همان‌طور که در نمودار (2-24) مشاهده می‌شود، سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی انگلیس 32 درصد از کل مصرف انرژی این کشور است و در رتبه اول قرار دارد. ایران با 27 درصد سهم مصرف نهایی انرژی بخش خانگی در رتبه دوم قرار دارد درحالی‌که متوسط جهانی سهم مصرف نهایی بخش خانگی از کل مصرف انرژی 21 درصد است. سهم بخش خانگی کشور ژاپن از کل مصرف نهایی انرژی این کشور تنها 17 درصد است. برای بررسی دقیق‌تر وضعیت مصرف برق و انرژی در بخش خانگی ایران در ادامه به بررسی وضعیت مصرف برق سرانه در ایران و کشورهای منتخب به همراه متوسط جهانی پرداخته می‌شود.

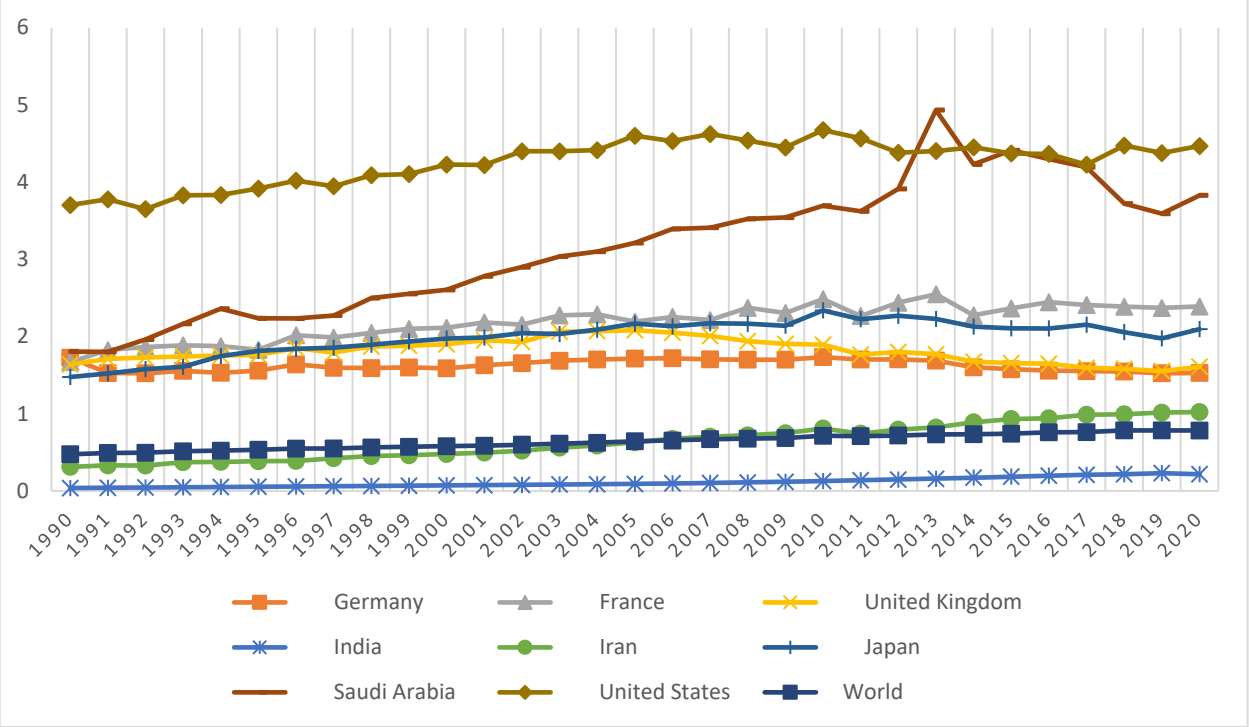
نمودار 2-25: سرانه مصرف نهایی برق خانگی (هزار کیلووات ساعت) سال 2020



همان‌طور که در نمودار بالا نیز مشاهده می‌شود، سرانه مصرف نهایی برق در بخش خانگی ایران 1020 کیلووات ساعت برای هر نفر در سال 2020 بوده است. درحالی‌که کشوری مانند ایالات‌متحده آمریکا هر نفر 4470 کیلووات ساعت در سال 2020 در بخش خانگی مصرف کرده است؛ یعنی بیش از 4/5 برابر ایران هر آمریکایی در بخش خانگی برق مصرف کرده است. باید به این نکته اشاره کرد که ممکن است بخش خانگی ایران نوع انرژی دیگری را بجای برق استفاده کند و این موضوع باعث شده باشد که سرانه مصرف برق در بخش خانگی ایران نسبت به دیگر کشورها کمتر باشد، لذا در ادامه سرانه مصرف کل انرژی در بخش خانگی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در نمودار زیر روند سرانه مصرف نهایی برق بخش خانگی برای بازه زمانی 2020-1990 آورده شده است.

نمودار 2-26: سرانه مصرف نهایی برق خانگی کشورهای منتخب (هزار کیلووات ساعت/ نفر)

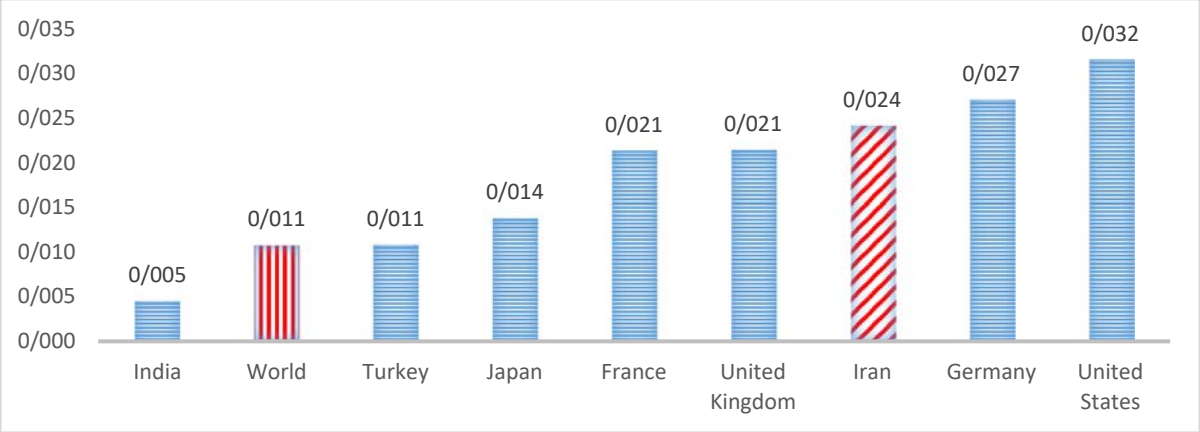


همان‌طور که در نمودار بالا نیز مشاهده می‌شود، ایالات‌متحده آمریکا تقریبا در کل دوره مورد بررسی بالاترین سرانه مصرف برق در بخش خانگی را داشته است. عربستان سعودی روند افزایش در مصرف سرانه برق خانگی داشته است به‌طوری که در مصرف نهایی برق خانگی در این کشور در سال 1990 از 1800 کیلووات ساعت برای هر نفر به 4900 کیلووات ساعت در سال 2013 رسیده است اگر چه در سال‌های بعد روند نزولی داشته است ولی در نهایت در سال 2020 سرانه مصرف نهایی برق این کشور به 3800 کیلووات ساعت رسیده است که بیش از دو برابر سال 1990 است. در ایران در سال 1990 سرانه مصرف نهایی بخش خانگی برابر با 475 کیلووات ساعت برای هر نفر بوده است و که با یک روند افزایش به

1020 کیلووات ساعت در سال 2020 رسیده است؛ یعنی بیش از دو برابر سرانه مصرف برق خانگی در ایران در بازه مورد بررسی افزایش داشته است. اگر چه همچنان سرانه مصرف ایران از متوسط جهانی که 780 کیلووات ساعت مصرف برای هر نفر در بخش خانگی است، کوچک‌تر است.

در ادامه سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی در کشورهای منتخب برای سال 2020 آورده شده است.

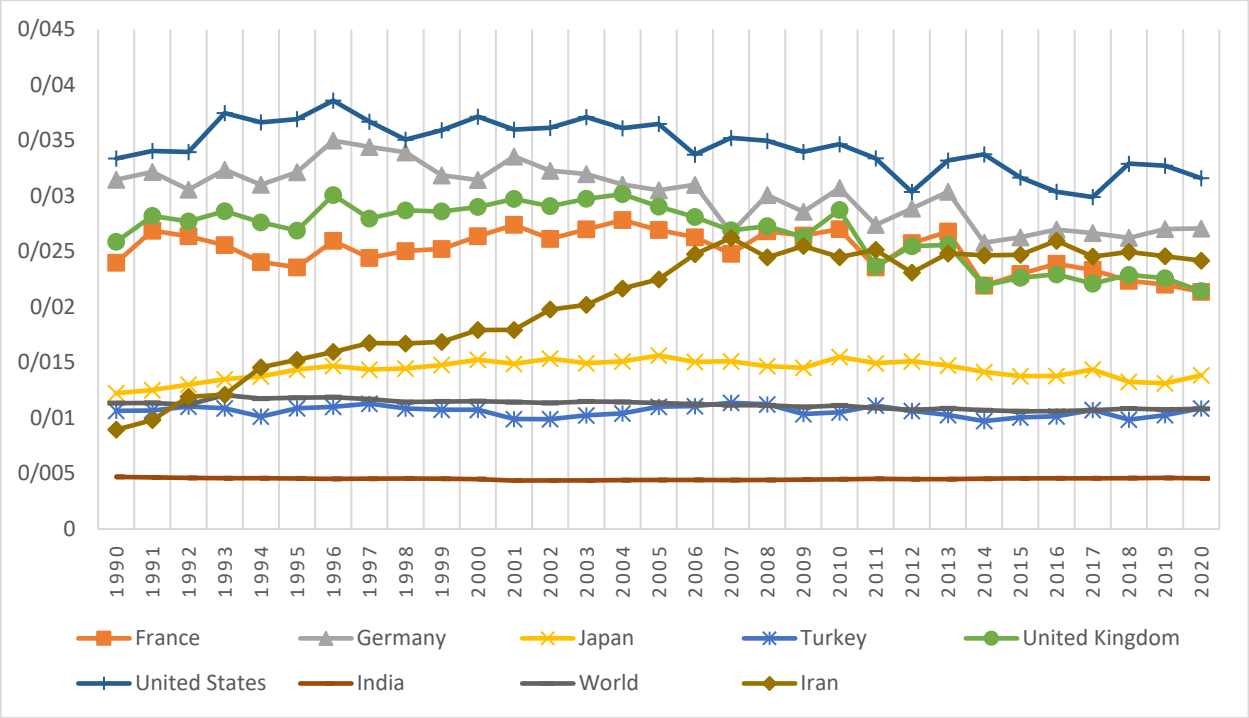
نمودار 2-27: سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی کشورهای منتخب سال 2020 (BTU)



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی در ایران 0/024 میلیارد BTU است درحالی‌که متوسط جهانی برابر با 0/011 میلیارد BTU است؛ یعنی سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی ایران بیش از دو برابر متوسط جهانی است. کشور ایالات‌متحده آمریکا با سرانه مصرف نهایی 0/032 میلیارد BTU در بخش خانگی بیشترین مصرف را در بین کشورهای مورد مطالعه دارد. مقایسه نتایج سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی با سرانه مصرف نهایی برق خانگی ایران که قبلا مورد بررسی قرار گرفته است نشان می‌دهد که اگرچه سرانه مصرف نهایی برق خانگی ایران تقریبا برابر با متوسط جهانی بوده است اما سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی ایران بیش از دو برابر متوسط جهانی است و همچنین اگر چه سرانه مصرف نهایی برق آمریکا بیش از 4 برابر ایران بوده است اما سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی ایران تنها 30 درصد کمتر از ایالات‌متحده آمریکا است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پایین بودن سرانه مصرف نهایی برق خانگی در ایران به دلیل استفاده از سایر انواع انرژی به‌جز برق است.

در نمودار زیر سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی کشورهای منتخب برای دوره زمانی 2021-1990 آورده شده است.

نمودار 2-28: سرانه مصرف نهایی انرژی خانگی کشورهای منتخب (BTU)



همان‌طور که در نمودار فوق قابل مشاهده است سرانه مصرف نهایی انرژی بخش خانگی در اکثر کشورها روند نزولی داشته است اما در ایران سرانه مصرف نهایی انرژی بخش خانگی روند صعودی داشته است. سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی ایران در سال 1990 برابر با 0/01 میلیارد BTU بوده است که در سال 2020 به 0/024 رسیده است یعنی بیش از دو برابر افزایش سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی ایران در دوره مورد بررسی رخ داده است.

در این بخش از مصرف نهایی برق و انرژی در بخش خانگی برای بررسی و مقایسه مصرف برق در کشورهای منتخب استفاده شده است. باید به این نکته توجه کرد که اگر شاخص‌های فوق بر اساس عرضه اولیه انرژی در نظر گرفته می‌شد، سرانه مصرف برق و انرژی در بخش خانگی در کشورهای مختلف متفاوت بود.

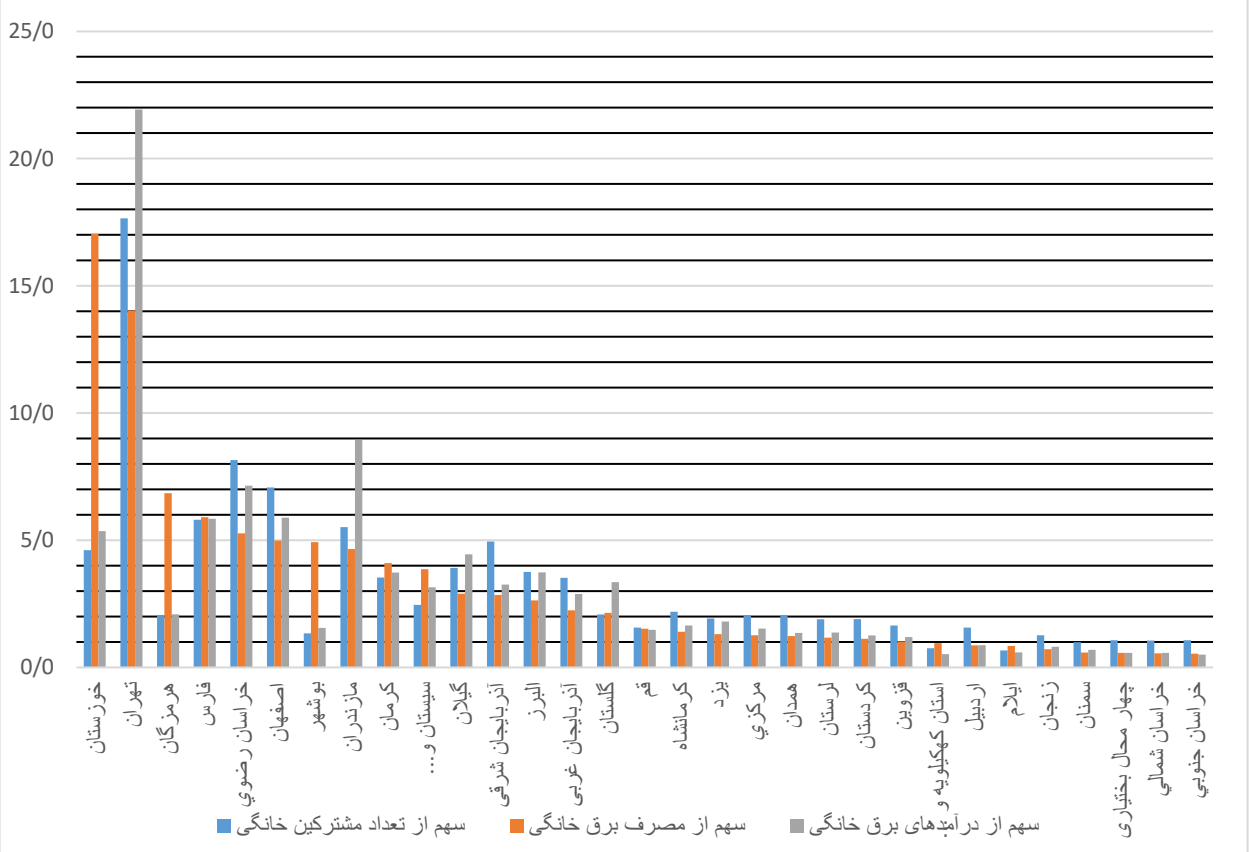
3-3-2- مصرف برق بخش خانگی به تفکیک استان

تعرفه‌های برق خانگی در ایران با توجه به شرایط آب و هوایی به 5 منطقه، عادی و گرمسیر 1 تا 4 طبقه‌بندی می‌شود (توانیر، 2022). قیمت برق در هر کدام از این مناطق به صورت پلکانی افزایشی تعیین می‌شود. تفاوت قیمت برق برای سطوح برابر مصرف در مناطق مختلف بسیار متفاوت است و گاهی تعرفه منطقه عادی تا 3 برابر بیشتر از تعرفه منطقه گرمسیر 1 نیز است؛ بنابراین علاوه بر عوامل اقتصادی و جمعیتی، ویژگی‌های آب و هوایی نیز بر مصرف برق بخش خانگی در ایران موثر است. نیاز به سرمایش و نیاز به گرمایش دو متغیر اساسی در مصرف انرژی به شماره می‌روند. با توجه به

تفاوت اقلیمی زیادی که در استان‌های ایران وجود دارد، تفاوت زیادی در تقاضای انرژی ناشی از نیاز به سرمایش و نیاز به گرمایش نیز در این مناطق وجود دارد.

مصرف برق برای ایجاد سرمایش امری اجتناب‌ناپذیر است و مشترکان برق برای این منظور ناچار به مصرف برق هستند؛ درحالی‌که برای تأمین گرمایش در فصل سرد از منابع متعدد گرمازا از قبیل گاز، زغال، نفت و غیره استفاده می‌شود. برای ایجاد گرمایش در فصل سرد از منابع وجود دیگر منابع گرمازا و هم به لحاظ به‌صرفه نبودن مصرف برق به دلیل راندمان کم و عوامل دیگر کمتر از برق استفاده می‌شود، اما در فصل گرم به ناچار باید از انرژی برق استفاده کرد (مرکز پژوهش‌های مجلس،[۴۲] 1390). لذا انتظار می‌رود مناطق با آب‌وهوای گرم، میزان برق بیشتری نیز مصرف می‌کنند. نمودار (2-29) سهم تعداد مشترکین، مقدار مصرف و درآمد حاصل از برق خانگی هر استان نسبت به کل کشور در سال 1400 را نشان می‌دهد.

نمودار 2-29: سهم تعداد مشترکین، مقدار مصرف و درآمد حاصل از برق خانگی استان نسبت به کشور (سال 1400)

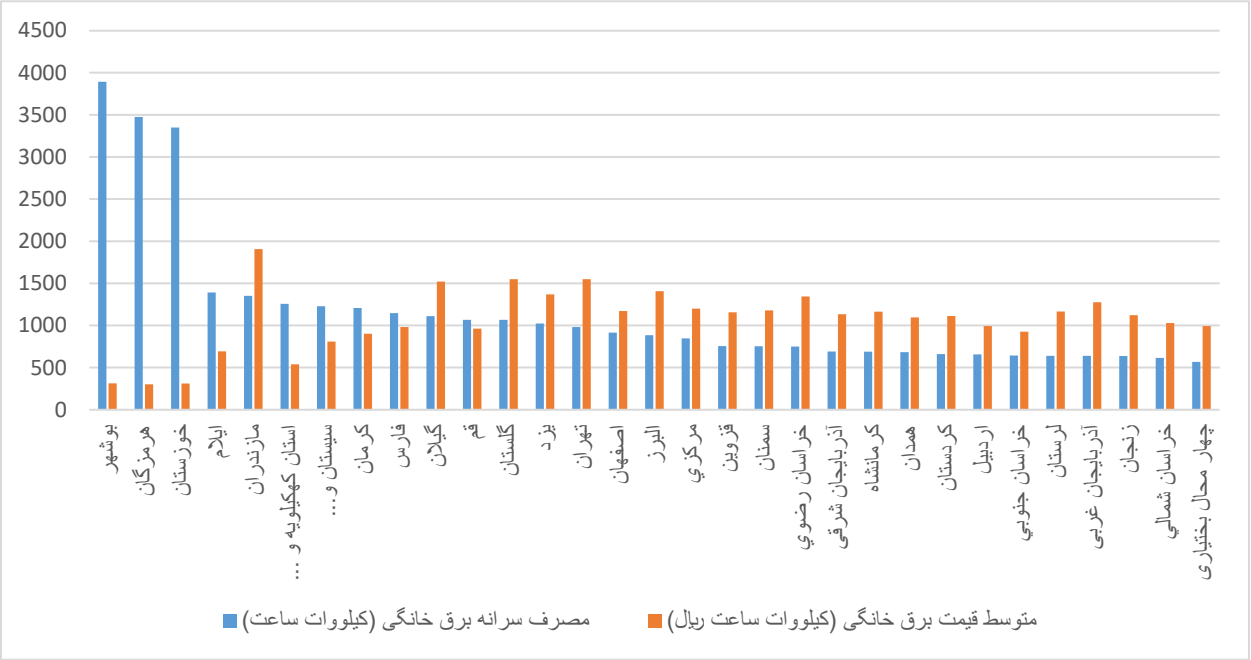


[42] شماره مسلسل 10857

همان‌طور که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌شود، استان خوزستان سهم 17 درصدی از مصرف برق خانگی کشور دارد درحالی‌که 4/6 درصد از جمعیت مشترکین کشور را به خود اختصاص می‌دهد و تنها 5/4 درصد از درآمدهای ناشی از فروش برق خانگی کشور را در سال 1400 شامل شده است. استان تهران با سهم 14 درصدی از مصرف برق کشور، نزدیک به 18 درصد از مشترکین برق خانگی کشور و 22 درصد از درآمدهای برق خانگی را به خود اختصاص می‌دهد. این موضوع تفاوت زیاد متوسط تعرفه‌های برق استان‌های تهران و خوزستان را نشان می‌دهد.

بررسی میزان مصرف سرانه و قیمت برق خانگی استان‌های ایران در سال 1400 حاکی از تفاوت بسیار زیاد در مصرف برق سرانه و همچنین متوسط قیمت برق در استان‌های کشور دارد. نمودار (2-30) متوسط سرانه مصرف برق و متوسط قیمت برق خانگی استان‌های کشور را برای 1400 نشان می‌دهد.

نمودار 2-30: متوسط سرانه مصرف برق و متوسط قیمت برق خانگی استان‌های کشور در سال 1400



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، تفاوت زیادی در سرانه مصرف برق بخش خانگی در استان‌های ایران وجود دارد. به طوری که متوسط سرانه مصرف برق استان بوشهر برابر با 3214 کیلووات در سال بوده است درحالی‌که متوسط سرانه مصرف برق استان چهارمحال و بختیاری برابر با 480 کیلووات ساعت بوده است. تفاوت در سرانه مصرف برق را می‌توان در نیاز به سرمایش این استان‌ها جستجو کرد که تعرفه‌های پایین‌تر برای استان‌های گرمسیر نیز به این موضوع شدت می‌دهد. در نمودار (2-31) سرانه مصرف برق خانگی استان‌های کشور بر روی نقشه نشان داده شده است.

نمودار 2-31: متوسط مصرف سرانه برق استان‌های کشور 1400-1390



نمودار فوق نشان می‌دهد که استان‌های جنوبی و مرکزی ایران و چند استان شمالی (گیلان، مازندران و گرگان) سرانه مصرف برق بیشتری نسبت به سایر استان‌های کشور دارند. به نظر می‌رسد آب‌وهوا متغیر مهم و توضیح دهند این تغییرات خواهد بود. با توجه به اینکه سرانه مصرف برق برای استان‌های کشور برای دوره سالانه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است لازم است متغیر دما روزانه به متغیر نیاز به سرمایش و نیاز به گرمایش در یک سال برای هر استان تبدیل شود. برای محاسبه نیاز به سرمایش و گرمایش با توجه به مطالعات مختلفی از جمله مطالعه فلینی[43] (2021) از دو رابطه زیر استفاده می‌شود:

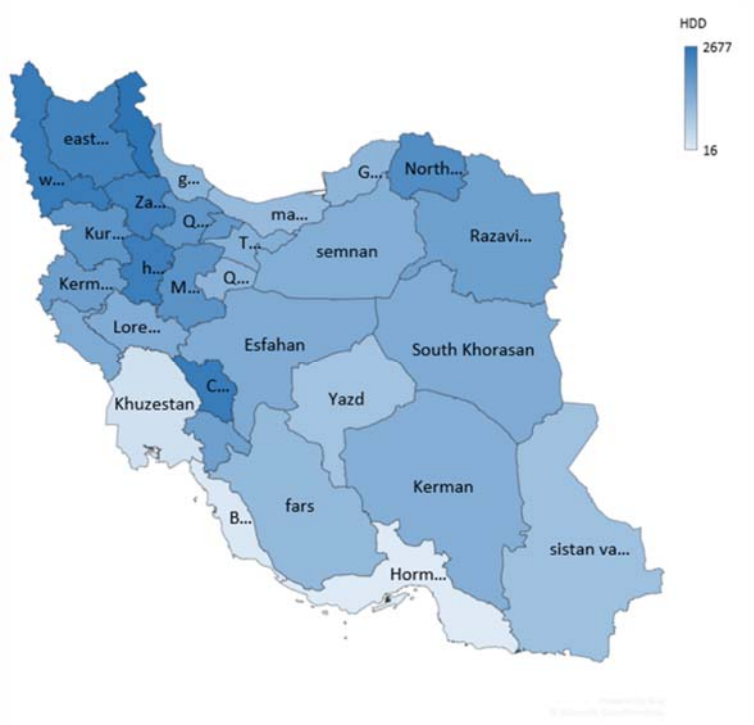
$$if \ \square_i \geq 24^{\circ}C, then\ CDD = \sum(T_i - 21) \ \text{ else CDD} =$$

$$if\ T_i \leq 15^{\circ}C, then\ HDD = \sum(18 - T_i) \ \text{ else HDD} = 0$$

[43] Pellini

CDD نیاز به سرمایش برحسب درجه – روز؛ T_i میانگین دمای روزانه به درجه، HDD نیاز به گرمایش را نشان می‌دهد. آستانه نیاز به سرمایش و گرمایش برحسب تعریف جمع تفاضل‌های میانگین‌های روزانه دما از آستانه معین در دوره مشخصی از سال است. نمودار (2-32) متوسط نیاز به گرمایش استان‌های کشور را در دوره 1400-1390 نشان می‌دهد.

نمودار 2-32: متوسط سالانه نیاز به گرمایش برای دوره 1400-1390



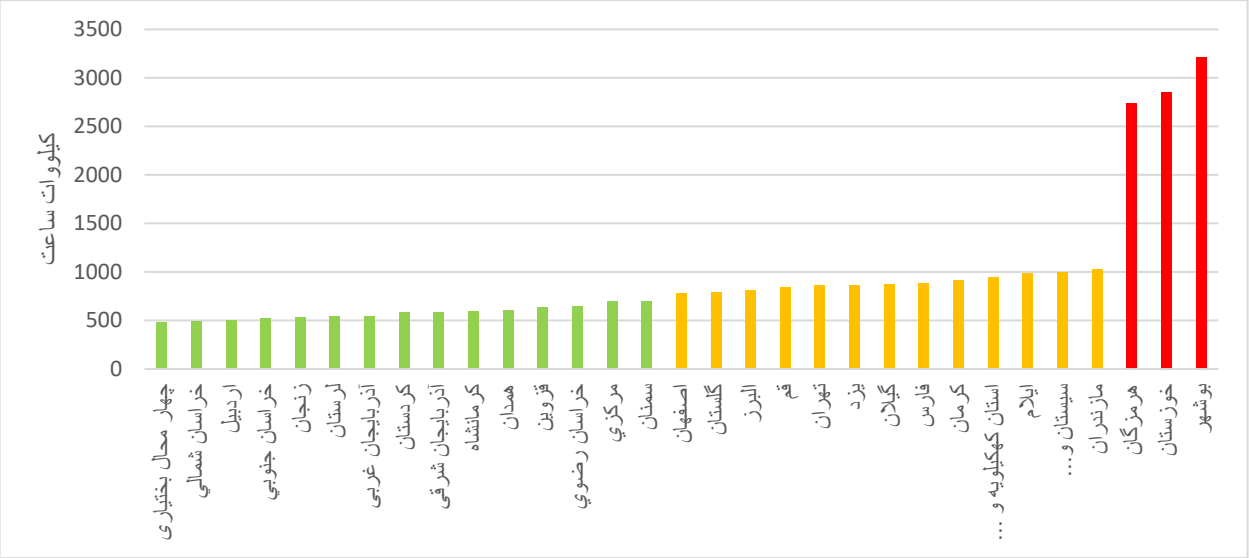
نمودار 2-33: متوسط سالانه نیاز به سرمایش برای دوره 1400-1390



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، نیاز به سرمایش در استان‌های جنوبی و مرکزی کشور بیشتر از سایر مناطق است. در نمودار (2-31) نیز نشان داده شد که سرانه مصرف برق خانگی در استان‌های کشور در استان‌های جنوبی و مرکزی نسبت به سایر استان‌ها بیشتر بوده است.

سیاست‌گذاران انرژی همواره به دنبال راهکارهایی برای بهبود کارایی و مدیریت مصرف برق بخش خانگی هستند. شناسایی کشش قیمتی و درآمدی و سایر عوامل موثر بر تقاضای برق خانگی از جمله ابزارهایی است که سیاست‌گذاران برای رسیدن به این هدف به آن احتیاج دارند. لذا برآورد تقاضای برق بخش خانگی ایران از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به نتایج فوق و تفاوت بسیار زیاد سرانه مصرف برق در بین استان‌های کشور و همچنین تفاوت آب و هوایی بالا بین این استان‌ها، استفاده از تابع تقاضای تجمعی شده (جمع همه استان‌ها) نتایج همراه با تورشی ارائه خواهد کرد. از سوی دیگر تفاوت سرانه مصرف برق استان‌های کشور بسیار زیاد است و نمی‌توان یک نسخه واحد برای همه استان‌های کشور ارائه کرد؛ بنابراین در ادامه استان‌های کشور بر اساس سرانه مصرف برق به سه گروه تقسیم شده و برای هر گروه تابع تقاضای برق به صورت مجزا برآورد می‌شود.

نمودار 2-34: متوسط مصرف سرانه برق بخش خانگی ایران 1400-1390



استان‌های با سرانه مصرف کمتر از 700 کیلووات ساعت در سال به عنوان گروه اول (با رنگ سبز در جدول فوق نشان داده شده است)، استان‌های با سرانه مصرف بیشتر از 700 و کمتر 1100 به عنوان گروه دوم (با رنگ زید در نمودار فوق قابل مشاهده است) و استان‌های بالاتر از 1100 کیلووات ساعت به عنوان گروه سوم (با رنگ قرمز در نمودار فوق قابل مشاهده است). در ادامه به برآورد تابع تقاضا برای هر کدام از سه گروه فوق پرداخته می‌شود.

با توجه به مبانی نظری و مطالعات تجربی مدل زیر به عنوان تابع تقاضای برق در نظر گرفته می‌شود:

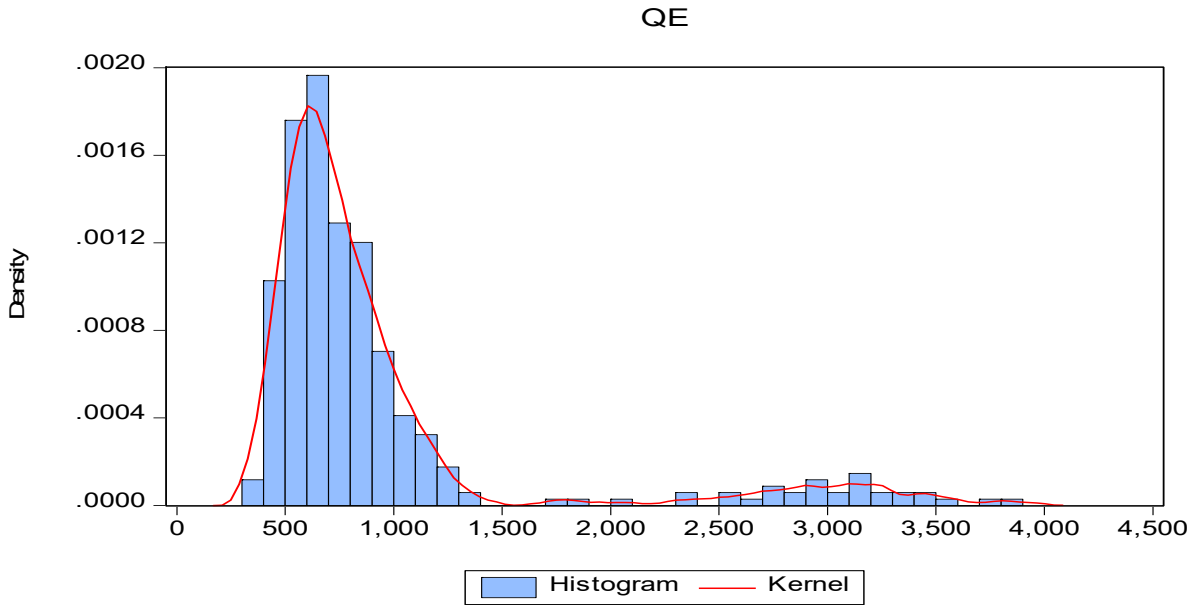
$$\ln QEH_{it} = \alpha_0 + \beta_1 QEH_{it-1} + \beta_2 \ln PEH_{it} + \beta_3 \ln PGH_{it} + \beta_4 \ln INC_{it} + \beta_5 \ln CDD_{it} + \beta_6 \ln HDD_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (1\text{-}1)$$

در این رابطه $\ln QE_{it}$، لگاریتم مصرف برق در استان i در دوره t؛ $\ln PE_{it}$، لگاریتم قیمت برق در استان i در دوره t؛ $\ln PG_{it}$، لگاریتم قیمت گاز طبیعی در استان i در دوره t؛ $\ln I_{it}$، لگاریتم درآمد خانوار در استان i در دوره t؛ $\ln CDD_{it}$ نیاز به سرمایش در استان i در دوره t؛ $\ln HDD_{it}$ نیاز به گرمایش در استان i در دوره t است. α_0 و ε_{it} نشان دهنده عرض از مبدا و جز اخلال در مدل است. متغیرهای قیمتی و درآمد خانوار در این تحقیق با استفاده از شاخص قیمت مصرف‌کننده در سال پایه 1395 در هر استان به صورت متغیرهای حقیقی لحاظ شده است.

1-3-3-2- برآورد تقاضای برق خانگی

مهم‌ترین مزیت رگرسیون کوانتایل این است که روند تغییر متغیرهای مستقل را در سطوح مختلف متغیر وابسته به‌خوبی نشان می‌دهد. هیستوگرام متغیر تقاضای برق خانگی در نمودارهای (2-35) نشان داده شده است.

نمودار 2-35: توزیع نرمال تقاضای برق خانگی



منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در نمودار (2-35) مشاهده می‌شود، توزیع متغیر تقاضای برق خانگی چوله به راست و دارای نقاط پرت زیادی است؛ بنابراین فاقد توزیع نرمال است و رگرسیون حداقل مربعات برای بررسی عوامل موثر بر متغیر مورد نظر مناسب نیست. همچنین از آنجا که رگرسیون کوانتایل به بررسی تمام قسمت‌های توزیع و ارائه کامل شکل‌های رگرسیونی می‌پردازد، روش مناسبی در مدل‌سازی متغیرهای چوله می‌باشد؛ به عبارت دیگر، برخلاف رگرسیون معمولی که تنها اثرگذاری متغیرهای توضیحی بر متغیر وابسته را در میانگین داده‌ها بررسی می‌کند رگرسیون کوانتایل قادر است اثرگذاری متغیرهای توضیحی بر متغیر وابسته را در توزیع‌های شرطی مختلف بیان کند (کود و رود،[44] 2006؛ موستلر و توکی،[45] 1977).

نتایج برآورد مدل (1-1) با استفاده از رگرسیون کوانتایل برای دهک‌های مختلف مصرف برق خانگی در جدول (2-1) ارائه شده است.

جدول 2-1: نتایج حاصل از تخمین تابع تقاضای برق خانگی

چندک	وقفه اول تقاضای برق خانگی ($\ln QEH_{it-1}$)	قیمت برق خانگی ($\ln PEH_{it}$)	قیمت گاز طبیعی ($\ln PGH_{it}$)	درآمد سرانه خانوار ($\ln INC_{it}$)	نیاز به سرمایش ($\ln CDD_{it}$)	نیاز به گرمایش ($\ln HDD_{it}$)	مقدار ثابت (C)

44 Coad and Rao
45 Mosteller and Tukey

۰/۱	0/879***	-0/115***	0/046***	0/057***	0/013	-0/005	0/219***
۰/۲	0/920***	-0/081***	0/034***	0/032**	0/008*	-0/001	0/184***
۰/۳	0/924***	-0/084***	0/036***	0/031**	0/005	-0/001	0/187***
۰/۴	0/925***	-0/086***	0/041***	0/025*	0/005*	0/001	0/205***
۰/۵	0/931***	-0/085***	0/039***	0/018	0/006**	0/002	0/216***
۰/۶	0/934***	-0/090***	0/041***	0/019	0/007***	0/004	0/208***
۰/۷	0/944***	-0/096***	0/047***	0/017	0/008***	0/011*	0/172***
۰/۸	0/960***	-0/069***	0/037***	-0/004	0/007***	0/008	0/192***
۰/۹	0/097***	-0/003	0/019*	-0/054	0/007*	0/006	0/144

منبع: محاسبات تحقیق

*: معنی‌دار در سطح خطای ده درصد

**: معنی‌دار در سطح خطای پنج درصد

***: معنی‌دار در سطح خطای یک درصد

همان‌طور که در جدول (2-1) مشاهده می‌شود، نتایج نشان می‌دهد ضریب متغیر وقفه متغیر مصرف برق خانگی مثبت و معنی‌دار است و از نظر عددی بزرگ است؛ یعنی مصرف برق دوره جاری بخش خانگی تا حدود زیادی تحت تاثیر مصرف برق دوره قبل است. این عادت مصرفی با حرکت به سمت کوانتایل‌های بالاتر، افزایش نیز پیدا می‌کند.

بین متغیر قیمت برق خانگی و تقاضای برق خانگی در 8 کوانتایل اول رابطه منفی و معنی‌داری وجود دارد؛ یعنی با افزایش قیمت برق خانگی، میزان تقاضای برق کاهش می‌یابد. در رگرسیون کونتایل تفسیر اندازه ضریب در هر چندک مانند رگرسیون حداقل مربعات می‌باشد به طوری که در کوانتایل اول ضریب متغیر قیمت برابر با 0/115- است؛ یعنی افزایش یک درصدی در قیمت برق در این کوانتایل موجب کاهش 0/115 درصدی در مصرف برق خواهد شد. درحالی‌که در کوانتایل هشتم با افزایش یک درصدی در قیمت برق خانگی، مصرف برق تنها 0/069 درصد کاهش می‌یابد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مصرف‌کنندگانی که سرانه مصرف برق کمتری دارند، حساسیت بیشتری نسبت به افزایش قیمت برق نشان می‌دهند. کشش قیمتی تقاضای برق در سایر دهک‌ها نزدیک به هم است. کشش قیمتی تقاضای برق دهک نهم که مصرف‌کنندگان با بیشترین سرانه مصرف در آن قرار دارند، از نظر آماری معنی‌دار نیست؛ بنابراین نمی‌توان در مورد حساسیت تقاضا نسبت به تغییرات قیمت در این دهک اظهار نظر کرد.

همچنین نتایج جدول (2-1) حاکی از آن است که ضریب متغیر قیمت انرژی جانشین در تمامی کوانتایل‌ها معنی‌دار است. واکنش کوانتایل اول نسبت به تغییر قیمت گاز طبیعی نزدیک به 2/5 برابر کوانتایل نهم است؛ یعنی با افزایش یک درصدی در قیمت گاز طبیعی مصرف برق کوانتایل اول 0/046 درصد افزایش پیدا می‌کند درحالی‌که در کوانتایل نهم مصرف برق تنها 0/019 درصد افزایش پیدا می‌کند. این نتیجه دور از انتظار نبود زیرا با توجه به نمودار (2-31)، استان‌هایی

که کمترین سرانه مصرف برق را دارند استان‌های سردسیر کشور هستند و در کوانتایل اول قرار دارند درحالی‌که استان‌های گرمسیر با بیشترین سرانه مصرف برق در کوانتایل نهم قرار دارند؛ بنابراین مصرف برق در استان‌های سردسیر که مصرف گاز بیشتری نیز دارند (گاز مهم‌ترین منبع برای گرمایش در ایران است) با افزایش قیمت گاز بیشتر افزایش پیدا می‌کند.

ضریب متغیر درآمد سرانه خانوار تنها در چهار کوانتایل اول معنی‌دار است و نشان می‌دهد که در سطوح پایین مصرف برق خانگی، افزایش درآمد خانوار می‌تواند موجب افزایش مصرف برق شود. همچنین با حرکت از کوانتایل اول به کوانتایل چهارم، حساسیت تقاضای برق خانگی نسبت به درآمد کاهش می‌یابد.

ضریب متغیر نیاز به سرمایش به‌جز در کوانتایل اول که معنی‌دار نیست در سایر کوانتایل‌ها تاثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف برق خانگی دارد. باید به این نکته توجه داشت یک درصد افزایش در این متغیر به معنی یک درصد افزایش در میانگین دما نیست. با توجه به وضعیت دمای هر استان در طول سال، افزایش یک درصدی در میانگین دمای روزانه می‌تواند نیاز به سرمایش را چندین درصد افزایش دهد که برای استان‌های مختلف متفاوت است. لذا کوچک بودن ضریب این متغیر قابل قبول است.

ضریب متغیر نیاز به گرمایش از نظر آماری معنی‌دار نیست. با توجه به بالا بودن سطح دسترسی به گاز طبیعی در کشور، افزایش نیاز به گرمایش تاثیر معنی‌داری بر تقاضای برق خانگی ندارد.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عادات در مقایسه با قیمت برق تاثیر به مراتب بزرگ‌تری در مصرف برق دارند. عادات دارای پتانسیل مهم صرفه‌جویی در مصرف برق هستند، بنابراین پیشنهاد می‌شود، بر ایجاد عادات آگاهانه صرفه‌جویی در مصرف برق تکیه شود. دلیل اینکه قیمت برق تأثیر قابل توجهی بر مصرف برق نداشته است این است که قیمت برق ایران توسط دولت تعیین می‌شود و به طور مصنوعی پایین نگه داشته شده است. این موضوع مخصوصا در دهه گذشته شدیدتر شده است زیرا قیمت اسمی برق خیلی کمتر از افزایش در سطح عمومی قیمت‌ها رشد داشته است. لذا اصلاحات تعرفه‌ای برق برای ایفای نقش قیمت برق، ضروری است. این اصلاحات تعرفه‌ای باید منعکس‌کننده هزینه واقعی تأمین برق باشد تا به مدیریت بهتر تقاضای برق و افزایش کارایی و تخصیص منابع کمک کند.

4-2- مصرف بخش صنعت

علم[46] (2006) معتقد است که انرژی به عنوان ابزار اصلی در تبدیل مواد خام به کالاهای مصرفی در فرآیند تولید عمل می‌کند. این بخش تقریباً یک سوم کل انرژی تولید شده در جهان را مصرف می‌کند (پلمیس،[47] 2007). از این رو، در شرایط کنونی، ارتباط بین مصرف برق و توسعه صنعتی، نه تنها در کشورهای در حال توسعه، بلکه در کشورهای توسعه یافته نیز یک حوزه قابل بحث است. محققان به دنبال یافتن رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت بین مصرف برق و توسعه صنعتی

[46] Alam
[47] Polemis

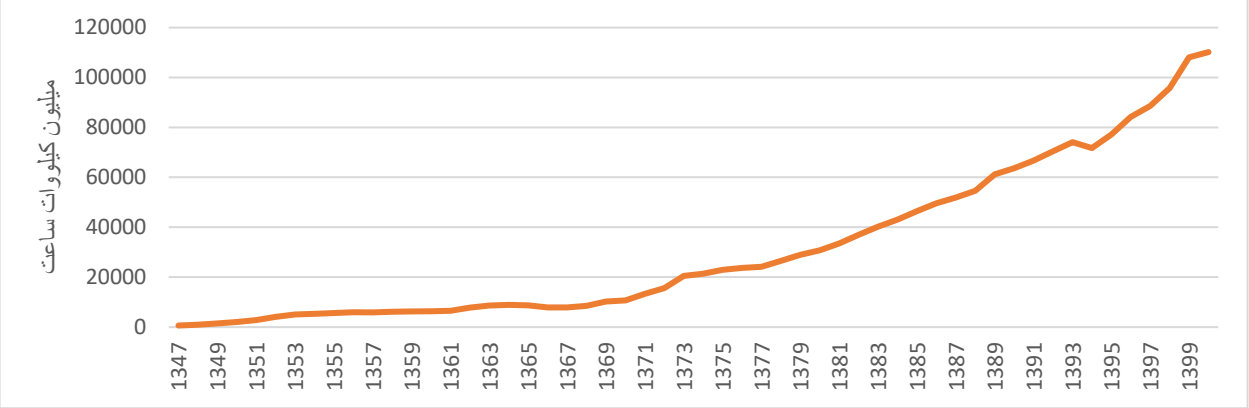
هستند. هندریانیس و همکاران[48] (2002) رابطه علی بین مصرف برق و تولید صنعتی برای دوره 37 ساله از 1960 تا 1996 در یونان را مورد بررسی قرار دادند و رابطه علی دوسویه بین تولید صنعتی و مصرف برق را کشف کردند. ساری و همکاران[49] (2008) دریافتند که علیت از تولید صنعتی و اشتغال به مصرف انرژی از منابع مختلف، از جمله برق، در اقتصاد ایالات‌متحده جریان دارد. سامی[50] (2012)، با استفاده از رویکرد کرانه‌ها به این نتیجه رسید که بین مصرف برق و رشد صنعت رابطه بلندمدت در فلیپین وجود دارد. تاپسین[51] (2017) رابطه بلندمدت بین تولید صنعت و مصرف برق در ترکیه را با استفاده از مجموعه داده‌های سری زمانی برای مدت‌زمان 1970 تا 2015 بررسی کرد. با استفاده از آزمون هم انباشتگی پانل و مدل تصحیح خطا، او نشان داد که بین این متغیرها در بلندمدت یک علیت دو طرفه وجود دارد.

بررسی رفتار مصرف برق در بخش صنعت و بررسی عوامل موثر بر مصرف برق در این بخش می‌تواند به سیاست‌گذاران بخش انرژی و برق کشور در اتخاذ سیاست‌های کارا کمک زیادی کند.

1-4-2- روند مصرف برق صنعت در ایران

نمودار (2-36) روند مصرف برق بخش صنعت ایران در بازه زمانی 1400- 1347 را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود همواره روند مصرف برق در بخش صنعت صعودی بوده است. سوالی که اینجا مطرح می‌شود این است که آیا تولید بخش صنعت هم متناسب با مصرف برق در این بخش افزایش پیدا کرده است؟ در نمودار (2-37) رشد مصرف برق در بخش صنعت و همچنین رشد ارزش افزوده این بخش به قیمت ثابت سال 1390 آورده شده است.

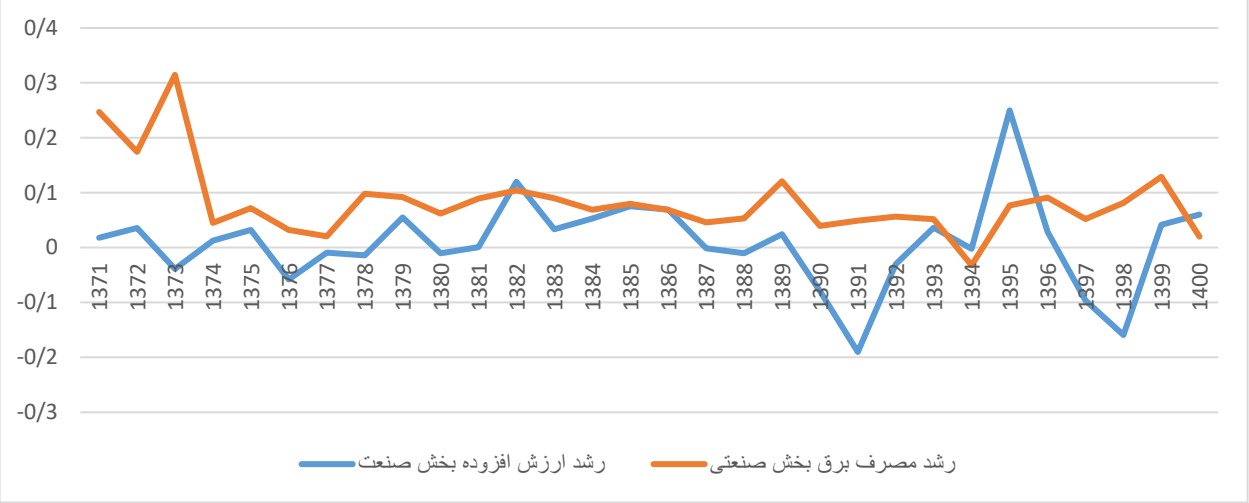
نمودار 2-36: روند مصرف برق بخش صنعت



48 Hondroyiannis et al.
49 Sari et al.
50 Sami
51 Tapsın

همان‌طور که در نمودار زیر مشاهده می‌شود همواره رشد مصرف برق در بخش صنعت از رشد ارزش افزوده این بخش بالاتر است تنها در سال 1382 که رشد برابری داشتند و سال‌های 1394 و 1395 رشد ارزش افزوده بخش صنعت از رشد مصرف برق در این بخش بیشتر بوده است. رشد بالای ارزش افزوده بخش صنعت در سال 1395 ناشی از شوک انعقاد قرارداد برجام بوده است. به‌طور متوسط رشد مصرف برق در بازه مذکور 8 درصد بوده است درحالی‌که رشد ارزش افزوده بخش صنعت به قیمت ثابت سال 1390 کمتر از یک درصد بوده است. این موضوع حاکی از ناکارایی مصرف برق در بخش صنعت است. البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که با پیشرفت تکنولوژی بخش صنعت بخشی از مصرف انرژی خود را از سایر انواع انرژی به برق تغییر می‌دهد که این موضوع بخشی از رشد مصرف برق در این بخش را به خود اختصاص می‌دهد.

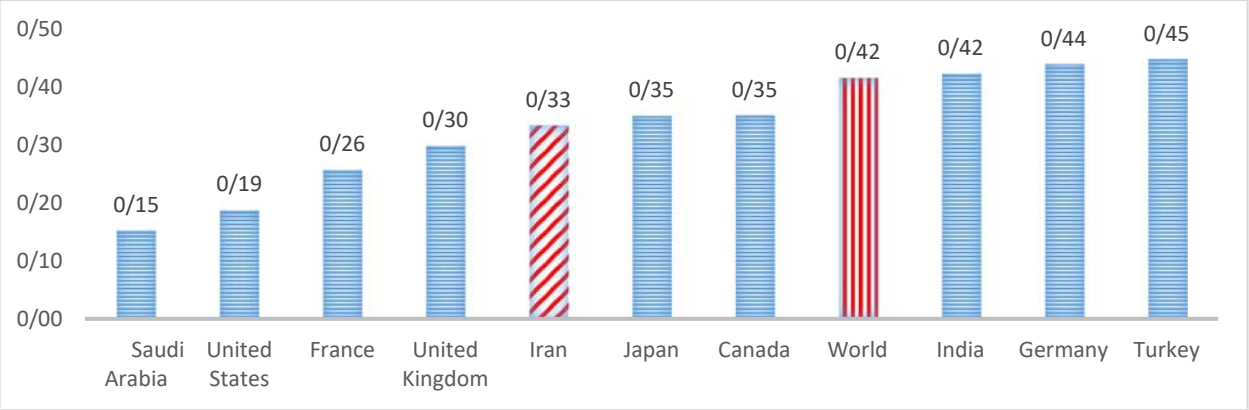
نمودار 2-37: رشد ارزش افزوده بخش صنعت و رشد مصرف برق بخش صنعت



2-4-2- مقایسه ایران با سایر کشورها

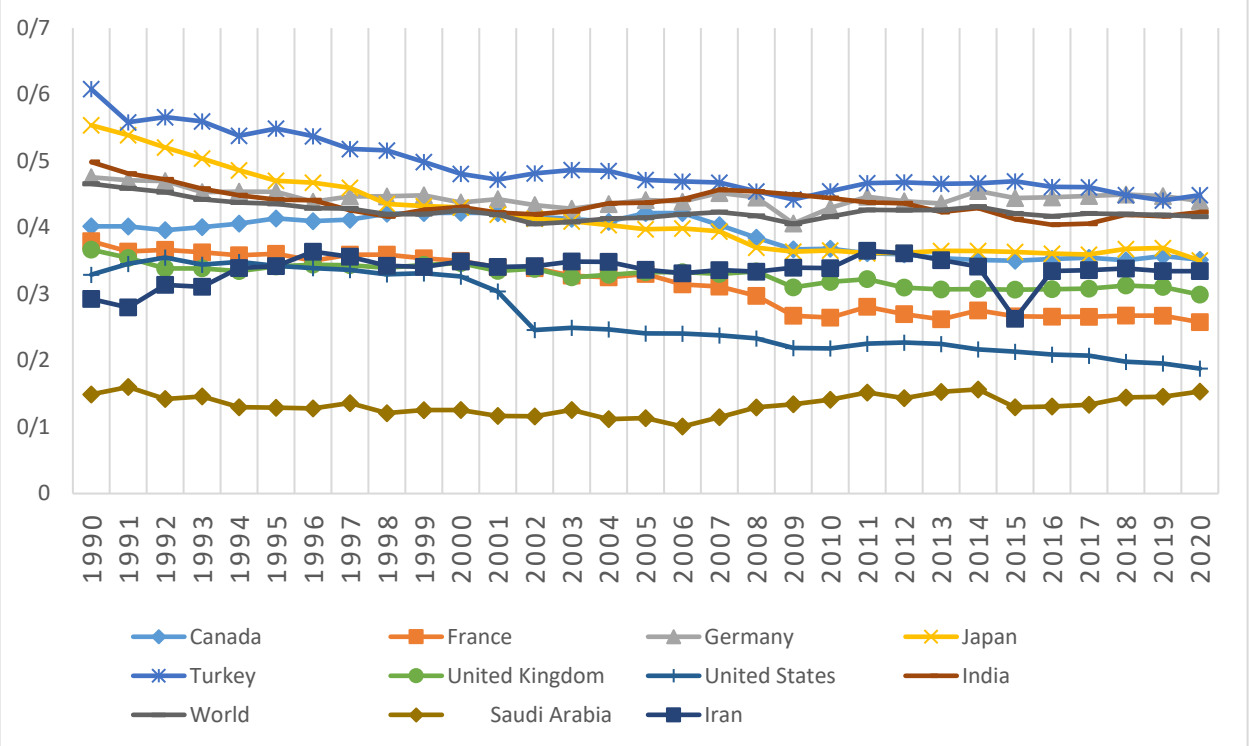
در این بخش سهم بخش صنعت از مصرف برق و انرژی در ایران با سایر کشورها مقایسه می‌شود. نمودار (2-38) سهم بخش صنعت از مصرف برق در ایران و کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. سهم بخش صنعت ایران از مصرف برق در سال 2020 برابر با 0/33 درصد است درحالی‌که متوسط جهانی 0/42 درصد است. به‌جز ایران و عربستان دیگر کشورهایی که سهم بخش صنعت از مصرف برق آن‌ها در سال 2020 کمتر از متوسط جهانی است، کشورهای توسعه یافته هستند. یکی از دلیل این موضوع این است که بخش صنعت در این کشورها از کارایی بالایی در مصرف برق برخوردار است. دلیل پایین بودن سهم بخش صنعت عربستان سعودی نسبت به سایر کشورها نیز عدم توسعه کافی بخش صنعت در این کشور است علاوه بر این به دلیل شرایط آب و هوایی که این کشور دارد میزان مصرف در سایر بخش‌ها مانند بخش خانگی به شدت بالا است و این موضوع باعث شده است که سهم بخش صنعت در این کشور کم باشد.

نمودار 2-38: رشد ارزش افزوده بخش صنعت و رشد مصرف برق بخش صنعت در سال 2020



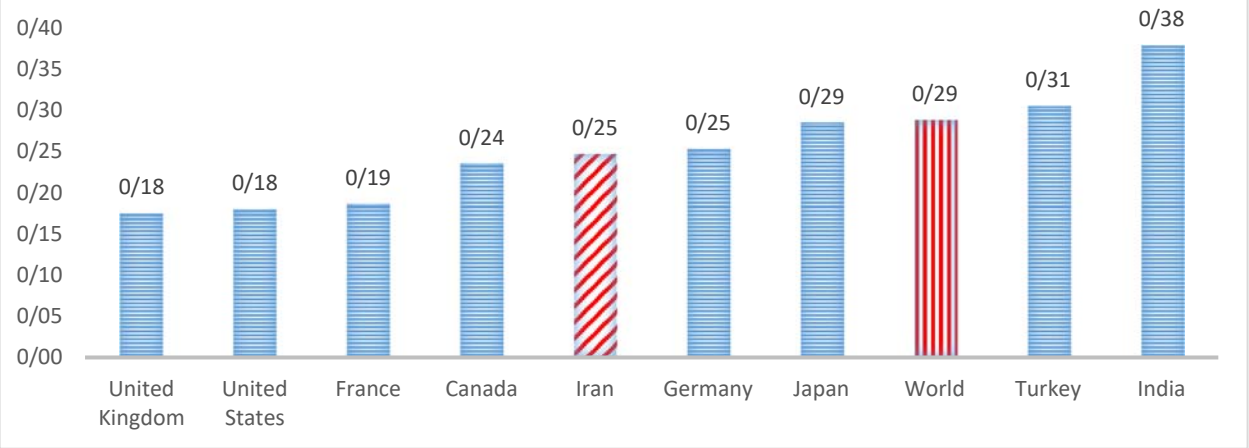
نمودار (2-39) روند سهم مصرف برق در بخش صنعت کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، روند سهم مصرف برق در این بخش در کشورهای توسعه یافته کاهنده بوده است. در ایران این روند به آرامی افزایش پیدا کرده است و از 0/29 درصد در سال 1990 به 33 درصد در سال 2020 افزایش پیدا کرده است. دلیل افزایش سهم بخش صنعت از مصرف برق در ایران می‌تواند توسعه این بخش و همچنین عدم بهبود کارایی در مصرف برق در این بخش باشد.

نمودار 2-39: روند سهم بخش صنعت از مصرف برق در کشورهای مختلف



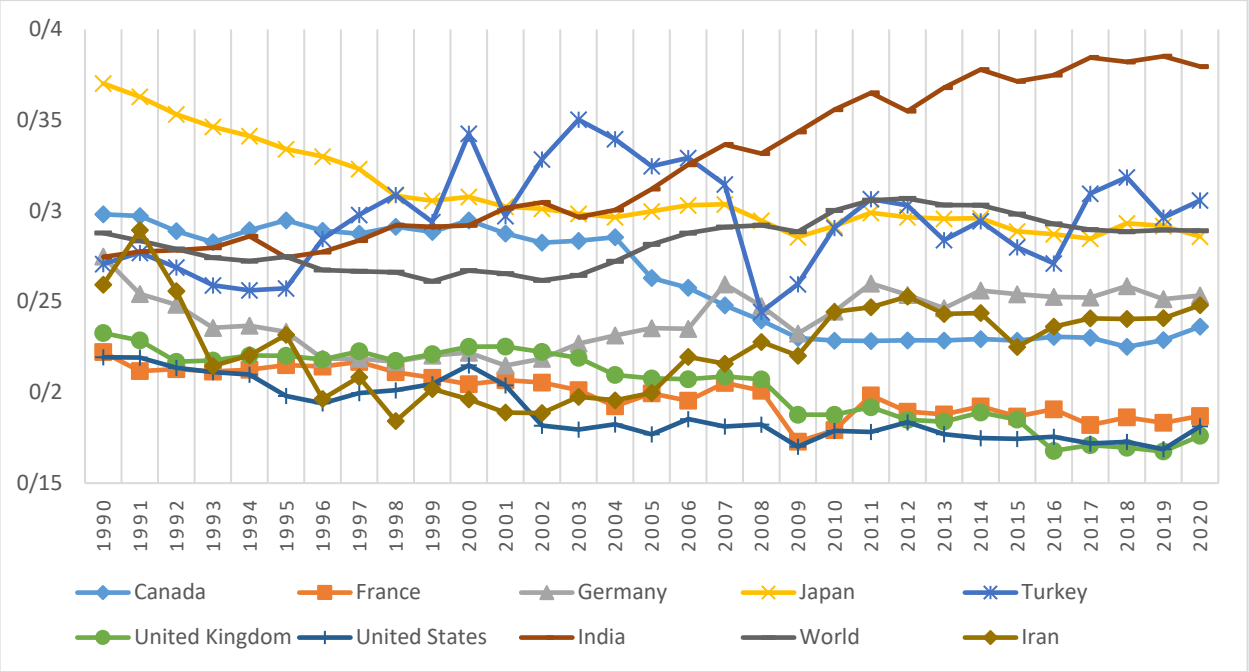
با توجه به اینکه برق تنها بخشی از انرژی است که در بخش صنعت مصرف می‌شود، در ادامه سهم بخش صنعت از مصرف کل انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نمودار (2-40) سهم بخش صنعت از مصرف انرژی در کشورهای مختلف در سال 2020 را نشان می‌دهد. کشورهای ترکیه که بیشترین سهم از مصرف برق در بخش صنعت در میان کشورهای مورد بررسی را داشت در بخش کل انرژی نیز سهم بخش صنعت این کشور از سایر کشورها بیشتر است. کشور هند نیز شرایطی مانند ترکیه دارد. متوسط جهانی سهم بخش صنعت از مصرف انرژی در سال 2020 برابر با 0/29 درصد است که نسبت به برق سهم کمتری دارد. در ایران نیز سهم بخش صنعت از مصرف انرژی 0/25 است که نسبت به برق سهم کمتری است. البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که تعریف بخش‌ها در کشورهای مختلف تفاوت‌هایی با هم دارد، برای مثال اختلاف در دامنه شمول بخش صنعت می‌تواند بخشی از تفاوت‌های فوق را نشان دهد.

نمودار 2-40: سهم بخش صنعت از مصرف انرژی در سال 2020



در نمودار (2-41) روند سهم بخش صنعت از مصرف انرژی در ایران و کشورهای مختلف نشان داده شده است؛ مانند سهم بخش صنعت از مصرف برق، روند سهم بخش صنعت از مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته نیز در دوره مورد بررسی کاهنده بوده است. کشورهای در حال توسعه مانند هند، ترکیه و ایران سهم بخش صنعت از مصرف انرژی در بازه مورد بررسی افزایشی بوده است. دلیل این موضوع این است که بخش صنعت در این کشورها در حال توسعه است و به دلیل کارایی پایین‌تر نسبت به کشورهای در حال توسعه میزان مصرف برق در این کشورها افزایشی بوده است.

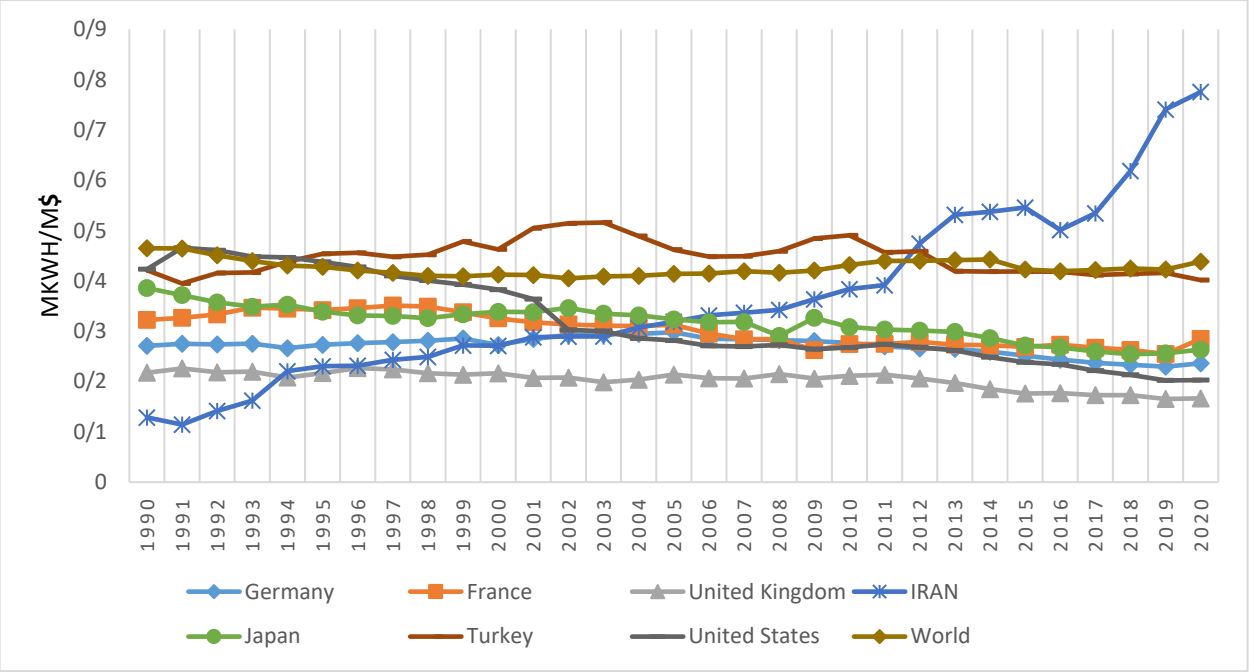
نمودار 2-41- روند سهم بخش صنعت از مصرف انرژی



برای درک بهتر وضعیت مصرف انرژی و برق بخش صنعت از شاخص شدت مصرف برق و انرژی استفاده می‌شود، این شاخص از تقسیم کردن مصرف برق یا انرژی در بخش صنعت به ارزش افزوده بخش صنعت به دست می‌آید. نمودار (2-42) روند شدت مصرف برق بخش صنعت در ایران و چند کشور دیگر که اطلاعات آن‌ها در دسترس بود را نشان می‌دهد. برای محاسبه این شاخص از ارزش افزوده بخش صنعت به قیمت ثابت سال 2015 استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که روند شدت مصرف برق در بخش صنعت ایران از 0/12 میلیون کیلووات ساعت برای تولید هر میلیون دلار ارزش افزوده بخش صنعت در سال 1990 به 0/78 در سال 2020 رسیده است؛ یعنی 6/5 برابر شده است.

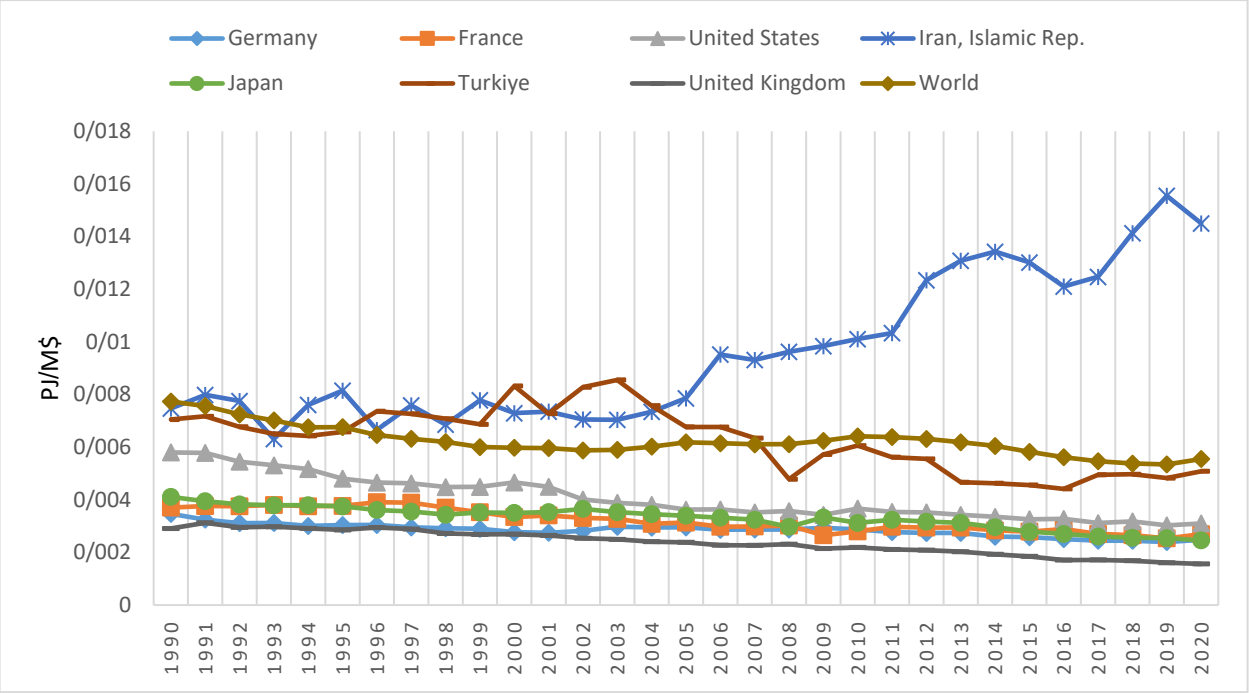
درحالی‌که برای ترکیه این روند تقریبا ثابت بوده است و برای سایر کشورها روند شدت مصرف برق بخش صنعت کاهنده بوده است. نمودار (2-42) روند شدت مصرف انرژی بخش صنعت برای ایران و سایر کشورها را در بازه 1990-2020 نشان می‌دهد.

نمودار 2-42: شدت مصرف برق بخش صنعت



همان‌طور که در نمودار (2-43) مشاهده می‌شود، شدت مصرف انرژی بخش صنعت نیز در ایران روند صعودی داشته است و از 7/5 پتاژول برای هر میلیون دلار ارزش افزوده بخش صنعت به قیمت ثابت سال 2015 به 14/5 در سال 2020 رسیده است؛ یعنی نزدیک به 2 برابر رشد داشته است که در مقایسه با رشد 6/5 برابری شدت مصرف برق در این بخش بسیار کمتر است. شدت مصرف انرژی در بخش صنعت سایر کشور بسیار کمتر از ایران است و در دوره مورد بررسی روند نزولی داشته است.

نمودار 2-43- شدت مصرف انرژی بخش صنعت

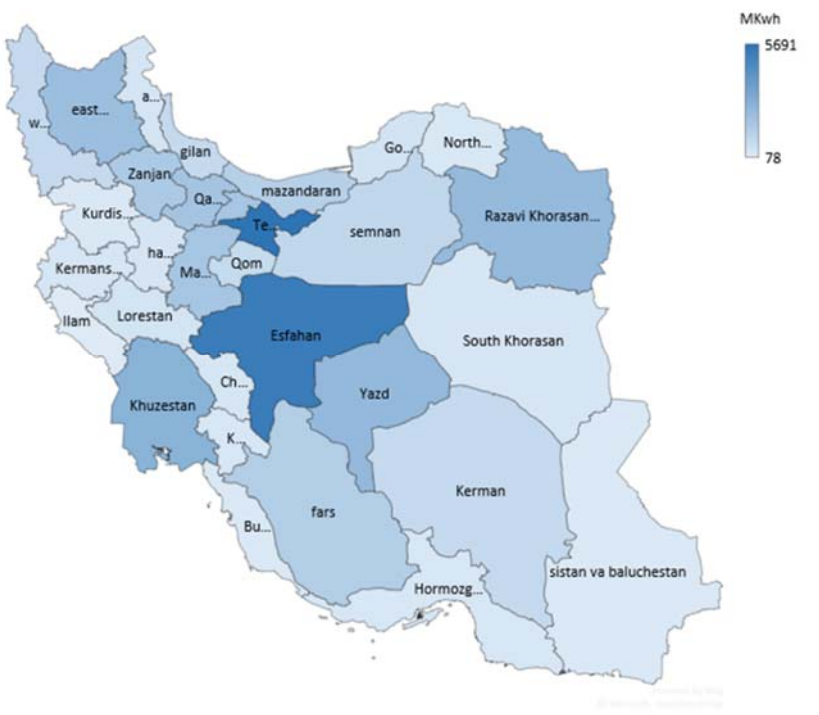


بررسی وضعیت مصرف برق در بخش صنعت ایران و مقایسه آن با سایر کشورها حاکی از آن است که میزان مصرف برق در بخش صنعت ایران بالاست و متناسب با رشد تولید در این بخش نیست. ضمناً باید به این نکته نیز اشاره کرد که مصرف انرژی در بخش صنعت نیز این وضعیت را دارد. اگر چه نقدهایی که به محاسبه شدت مصرف برق در بخش‌های قبل آورده شد مانند نحوه محاسبه تولید ناخالص داخلی یا تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت یا بر اساس برابری قدرت خرید نیز وارد است. محققان در گزارش‌های بعدی تلاش خواهند کرد به طور مبسوط مشکلاتی که در محاسبه شاخص شدت مصرف برق و انرژی وجود دارد را مورد بررسی قرار داده و این شاخص را به مقدار واقعی آن نزدیک‌تر کنند. همچنین رابطه مصرف برق در بخش صنعت و سایر متغیرهای کلان اقتصادی را مورد بررسی قرار خواهند داد.

3-4-2- مصرف برق در بخش صنعت به تفکیک استان

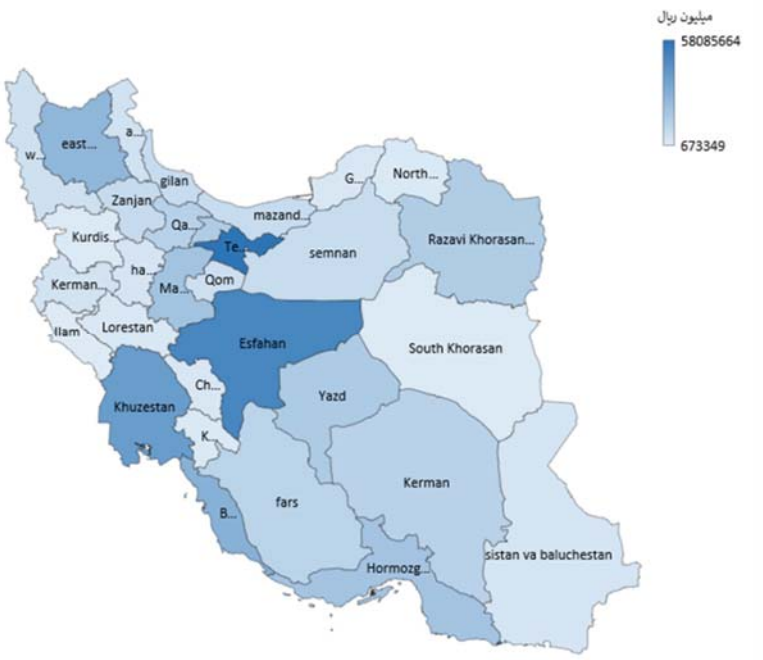
در این بخش به بررسی وضعیت مصرف برق صنعت در استان‌های ایران برای دوره 1390 تا 1400 پرداخته می‌شود.

نمودار 2-44- متوسط مصرف برق بخش صنعت در دوره 1400-1390



همان‌طور که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌شود، تفاوت مصرف سالانه برق صنعت در استان‌های ایران بسیار زیاد است. به‌طوری که بخش صنعت استان تهران به طور متوسط در دهه گذشته سالانه 5691 میلیون کیلووات ساعت برق کرده است درحالی‌که استان ایلام سالانه تنها 78 میلیون کیلووات ساعت برق در بخش صنعت مصرف کرده است. استان‌های اصفهان، خوزستان، خراسان رضوی، یزد و آذربایجان شرقی بعد از استان تهران بیشترین مصرف برق در بخش صنعت را در دوره مورد بررسی داشته‌اند. سوالی که اینجا مطرح می‌شود این است که ارزش افزوده بخش صنعت در استان‌های ایران به چه صورت بوده است؟ آیا متناسب با مصرف برق در این بخش بوده است؟ در ادامه در نمودار (2-45) به بررسی وضعیت متوسط ارزش افزوده بخش صنعت به تفکیک استان‌های ایران در دوره 1400-1390 پرداخته می‌شود.

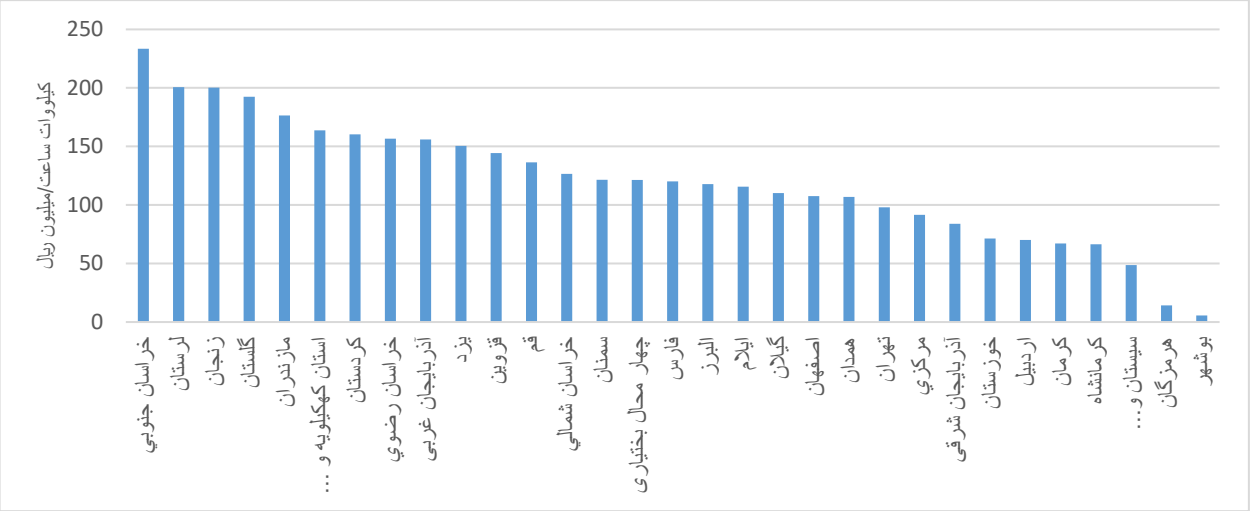
نمودار 2-45: متوسط ارزش افزوده سالانه بخش صنعت به قیمت ثابت سال 1395 در دوره 1400-1390



منبع: آمار منطقه‌ای مرکز آمار ایران، محاسبات تحقیق

نمودار فوق متوسط ارزش افزوده بخش صنعت بدون (بخش‌های استخراج نفت خام، گاز طبیعی و خدمات پشتیبانی معادن و استخراج معادن) به قیمت ثابت سال 1395 در دوره 1400-1390 را برای استان‌های ایران نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌شود، بیشترین ارزش افزوده مربوط که استان تهران و کمترین ارزش افزوده مربوط به استان ایلام است. استان‌های اصفهان، خوزستان، خراسان رضوی، آذربایجان شرقی نیز بعد از تهران، به ترتیب بیشترین ارزش افزوده بخش صنعت را دارند. این استان‌های میزان مصرف برق بالاتری نسبت به سایر استان‌ها نیز داشته‌اند. برای درک بهتر رابطه بین مصرف برق و ارزش افزوده بخش صنعت در استان‌های کشور در ادامه شدت مصرف برق بخش صنعت به تفکیک استان‌های کشور آورده شده است.

نمودار 2-46: متوسط شدت مصرف برق صنعت در دوره 1390-1400



نمودار فوق نشان می‌دهد که در استان‌های کشور به ازای تولید هر یک میلیون ریال ارزش افزوده بخش صنعت چند کیلووات ساعت برق در دوره 1400-1390 مصرف شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، استان‌های بوشهر و هرمزگان کمترین شدت مصرف برق را دارند، دلیل این موضوع وجود تعداد زیاد صنایع پتروشیمی و فلزی در این استان‌هاست که سوخت خود را از دیگر انواع انرژی مانند گاز تأمین می‌کنند. استان‌های خراسان جنوبی، لرستان، زنجان و گلستان نیز به ترتیب بیشترین شدت مصرف برق صنعت را به خود اختصاص می‌دهند.

در ادامه به بررسی وضعیت تقاضای برق بخش صنعت و میزان حساسیت مصرف برق این بخش نسبت به تغییرات قیمت برق، قیمت سایر انرژی‌ها و ارزش افزوده این بخش پرداخته می‌شود.

1-1-1- برآورد تابع تقاضا برق صنعت

در ادامه با استفاده از داده‌ها ماهانه پانلی در 31 استان کشور در بازه زمانی فروردین 1394 تا اسفند 1398 به برآورد تابع تقاضای برق صنعت پرداخته می‌شود. مدل زیر برای برآورد تابع تقاضای برق صنعت در نظر گرفته می‌شود:

$$\ln qei_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln pei_{it} + \beta_2 \ln pgi_{it} + \beta_3 \ln addi_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1\text{-}2)$$

در این رابطه $\ln qei_{it}$، لگاریتم مصرف برق صنعت در استان i در دوره t؛ $\ln pei_{it}$، لگاریتم قیمت برق صنعت در استان i در دروه t؛ $\ln pgi_{it}$، لگاریتم قیمت سایر انرژی‌ها در استان i در دوره t؛ $\ln addi_{it}$، لگاریتم ارزش افزوده در بخش صنعت است. α_0 و ε_{it} نشان دهنده عرض از مبدا و جز اخلال در مدل است.

اطلاعات مصارف صنعت و معدن برای دوره زمانی فروردین‌ماه 1394 تا اسفندماه 1398 به تفکیک استان (31 استان) مختلف کشور جمع‌آوری شده است (منبع داده توانیر، 1399). در ادامه آمار توصیفی بخش صنعت استان‌های ایران برای

متغیرهای مصرف برق (هزار کیلووات ساعت)، قیمت برق (کیلووات ساعت ریال) و متوسط قیمت سایر انرژی‌ها (لیتر/مترمکعب ریال) آورده شده است. متغیرهای قیمت برق و قیمت سایر انرژی‌ها با استفاده از شاخص قیمت‌های مصرف‌کننده (سال پایه 1395) استان‌های مربوطه حقیقی شده‌اند.

جدول 2-2: آمار توصیفی بخش مصارف صنعت و معدن

آماره	مصرف برق	متوسط قیمت برق	قیمت سایر انرژی‌ها
میانگین	95577	5/57	2233
میانه	65904	5/73	2390
حداکثر	620278	12/15	3242
حداقل	4327	2/64	1181
انحراف معیار	95825	1/25	571
چولگی	1/94	0/85	-0/15
کشیدگی	8/13	6/18	1/62

با توجه به آزمون وابستگی مقطعی و آزمون ریشه واحد در متغیرها، از روش پویای پانل دیتا با توجه به وابستگی مقطعی (DCCE) استفاده خواهد شد. نتایج حاصل از برآورد تابع تقاضا در بخش صنعتی در جدول (2-3) ارائه شده است. در این بخش، وقفه لگاریتم مصرف برق (وقفه متغیر وابسته) اثر مثبت و معناداری بر لگاریتم مصرف برق در بخش کشاورزی دارد. مقدار ضریب فوق برابر 0/4787 می‌باشد که در سطح اطمینان 99 درصد معنادار است. مقدار مثبت این شاخص نشان می‌دهد که هر چقدر میزان مصرف برق در سال‌های گذشته بالاتر باشد، میزان مصرف برق در سال جاری نیز بالاتر خواهد بود. این نتیجه نشان می‌دهد که میزان مصرف برق در بخش صنعت چسبندگی داشته و وابسته به مسیر است؛ به عبارت دیگر، علامت و ضریب وقفه متغیر وابسته نشان می‌دهد میزان مصرف برق در بخش صنعت طی دوره مورد بررسی بدون نوسان بوده و روند صعودی را طی کرده است لیکن با عنایت به اینکه ضریب فوق کوچک‌تر از یک است لذا حالت انفجاری نداشته و به سمت یک مقدار تعادلی همگرا می‌شود. ورهرامی و شاطری (1395) نیز با در نظر گرفتن وقفه متغیر وابسته در الگوی تقاضای برق بخش صنعتی به نتایج مشابهی دست یافتند.

جدول 2-3: برآورد مدل با رویکرد DCCE در بخش صنعت

متغیر	بخش صنعت
وقفه لگاریتم مصرف برق	0/4787***
لگاریتم قیمت برق	-0/3540**
لگاریتم قیمت جانشین	0/070
لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی	-
لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعتی	0/088
لگاریتم ارزش افزوده بخش خدمات	-
جز ثابت	-0/001
آزمون CD	-1/28(0/20)

منبع: یافته‌های تحقیق

ضریب متغیر لگاریتم قیمت برق در بخش صنعتی منفی و معنادار است. این ضریب که نشان دهنده کشش قیمتی تقاضا در بخش صنعتی است برابر با 0/3540- می‌باشد که در سطح اطمینان 95 درصد معنادار است. بدین معنا که با افزایش یک درصد قیمت برق در بخش صنعتی میزان مصرف برق در این بخش 0/3540 درصد کاهش می‌یابد. این مقدار نشان می‌دهد که تقاضای برق در بخش صنعتی کم‌کشش است. این نتیجه با پژوهش‌های محمدی و همکاران (1393) و قره‌باغی و امامی میبدی (1396) همخوانی دارد.

ضریب متغیر لگاریتم قیمت کالاهای جانشین و نیز ضریب متغیر لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعت مثبت است اما این ضریب از نظر آماری معنادار نیست. در تحقیقات محمدی و همکاران (1393) و سلیمی‌فر و همکاران (1396) نیز

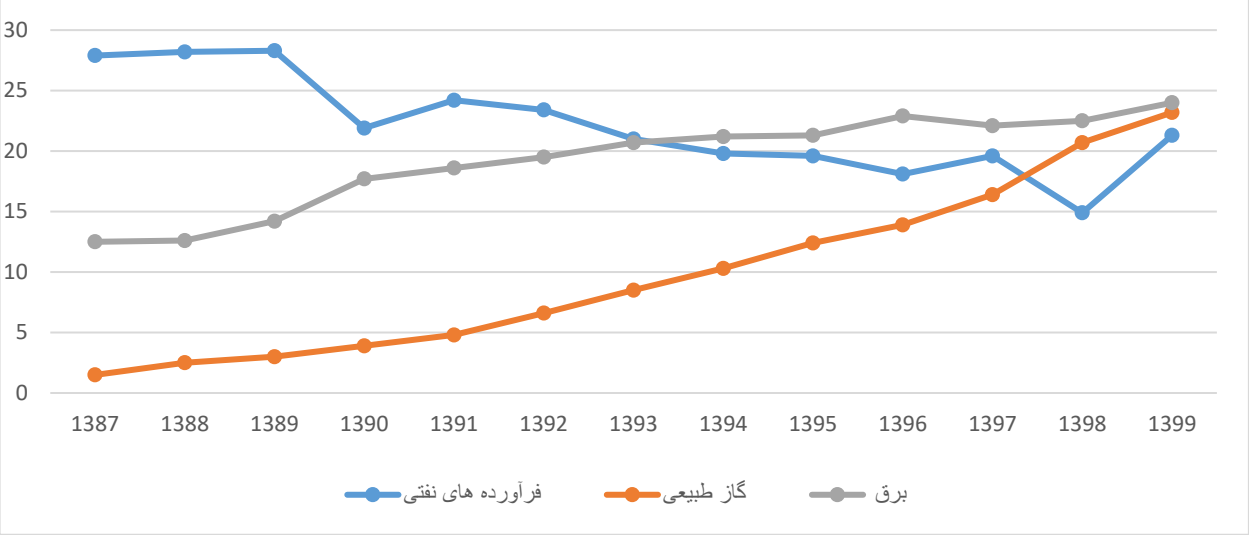
کشش متقاطع تقاضای برق مثبت و از نظر آماری معنادار نبوده است. از این‌رو می‌توان چنین گفت که فرآورده‌های نفتی جانشین مناسبی برای برق نیستند.

در جدول (2-3) نتایج آزمون CD نیز ارائه شده است. بر این اساس فرضیه صفر رد نشده و استقلال مقطعی در برآورد مدل‌ها وجود دارد. از این‌رو، تفاسیر ضرایب فوق دارای اعتبار است.

2-5- بخش کشاورزی

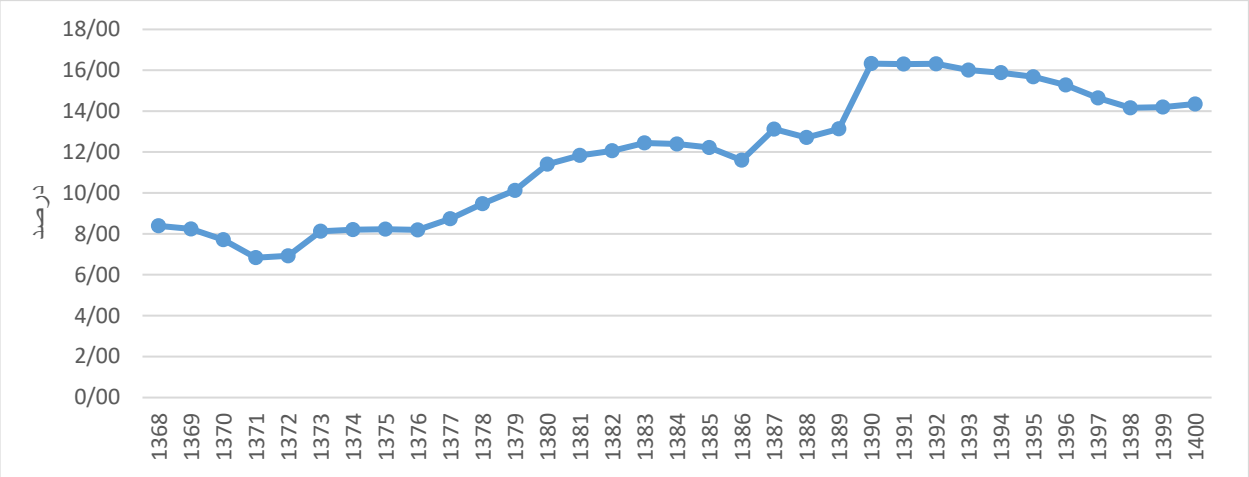
انرژی یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید در بخش کشاورزی به شمار می‌رود که به درجه مکانیزاسیون و بهره‌وری وابسته است. نمودار (2-47) مصرف انرژی بخش کشاورزی ایران را بر اساس نوع حامل انرژی برای سال‌های 1391- تا 1399 نشان می‌دهد.

نمودار 2-47: مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی (میلیون بشکه نفت خام)



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود روند مصرف نهایی انرژی در بخش کشاورزی ایران صعودی بوده است. روند مصرف نهایی برق در بخش کشاورزی صعودی و روند مصرف فرآورده‌های نفتی نزولی بوده است. بخش گاز طبیعی با رشد نزدیک به 13 برابری از سال 1387 تا 1399 سهمی برابر با برق در مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی در سال 1399 دارد. با توجه به گسترش مکانیزاسیون و همچنین دسترسی به برق در بخش کشاورزی انتظار می‌رود روند سهم مصرف برق نسبت به دیگر انرژی‌ها در بخش کشاورزی ایران همچنان صعودی باشد.

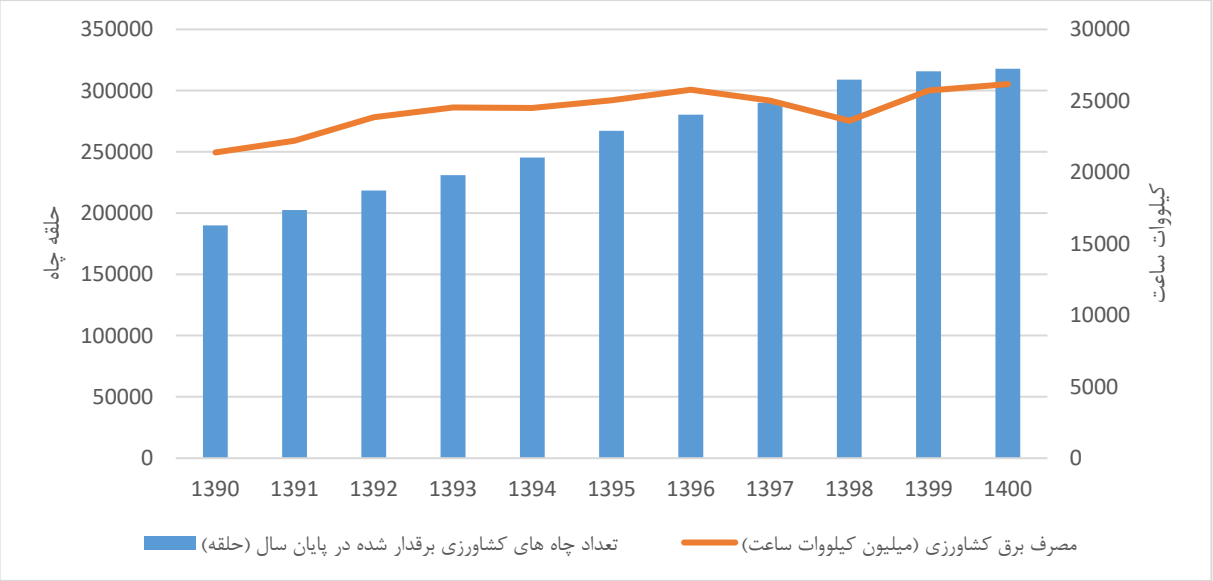
نمودار 2-48: سهم بخش کشاورزی از کل مصرف برق



همان‌طور که در نمودار (2-48) مشاهده می‌شود، سهم مصرف برق بخش کشاورزی از کل مصرف برق کشور از سال 1368 تا سال 1390 روند صعودی داشته است. اگرچه در سال 1390 به دلیل طرح هدفمندی یارانه‌ها متوسط قیمت برق بخش کشاورزی نزدیک به 200 درصد رشد داشته است، اما مصرف برق این بخش در سال 1390 بیش از 24 درصد نسبت به سال 1389 افزایش پیدا کرده است درحالی‌که میزان کل مصرف برق در این دوره تقریبا ثابت بوده است. لذا سهم این بخش از کل مصرف برق در سال 1390 نسبت به سال 1389 بیش از 3 درصد افزایش پیدا کرده است یکی از دلایل رشد مصرف برق کشاورزی در این سال مربوط به جایگزینی برق به جای گازوئیل در چاه‌های آب کشاورزی بوده است. اگرچه در سال‌های بعد سهم مصرف برق بخش کشاورزی نسبت به دیگر بخش‌ها کاهش داشته است و در سال 1400 به 14 درصد رسیده است.

یکی از متغیرهایی که نشان می‌دهد تقاضا برای برق در بخش کشاورزی در ایران رو به گسترش است تعداد چاه‌های کشاورزی برق‌دار شده در ایران است. در نمودار (2-49) روند تعداد چاه‌های کشاورزی برق‌دار شده ایران به همراه مصرف برق بخش کشاورزی نشان داده شده است.

نمودار 2-49: تعداد چاه‌های کشاورزی برق‌دار شده مصرف برق کشاورزی



همان‌طور که در نمودار (2-49) مشاهده می‌شود روند تعداد چاه‌های کشاورزی برق‌دار شده در دوره مورد بررسی صعودی بوده است. اگرچه تعداد چاه‌های کشاورزی در سال 1400 نسبت به سال 1390 رشد تقریبا 70 درصدی داشته‌اند اما میزان مصرف برق این چاه‌ها تنها 22 درصد افزایش پیدا کرده است. بررسی آمار میزان بارش سالانه ایران در دوره 1390 تا 1400 نشان می‌دهد که 1397 و 1398 ایران یک دوره ترسالی را تجربه کرده است به طوری که میزان بارش باران در سال 1397 نزدیک به 40 درصد نسبت به سال 1396 بیشتر بوده است. برای بررسی دقیق‌تر مصرف بخش کشاورزی و همچنین عملکرد این بخش لازم است تعرفه‌های بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد.

2-5-1- تعرفه‌های کشاورزی

بر اساس تعرفه‌های ابتدای اسفند 1401 به بعد، بخش کشاورزی به دو گروه مشترکین با قدرت بیش از 30 کیلووات و مشترکین با قدرت 30 کیلووات و کمتر تقسیم شده‌اند. برای هر کدام از این دو گروه مصرف‌کننده سه کد تعرفه شامل بهای قدرت و بهای انرژی (ساعات میان باری، ساعات اوج بار، ساعات کم‌باری) مانند جدول (2-4) در نظر گرفته شده است.

جدول 2-4: تعرفه برق کشاورزی

کدتعرفه		باقدرت بیش از ۳۰ کیلووات				با قدرت ۳۰ کیلووات و کمتر			
		بهای قدرت (ریال/kw)	بهای انرژی (ریال/kwh)			بهای قدرت (ریال/kw)	بهای انرژی (ریال/kwh)		
			ساعات میان‌باری	ساعات اوج بار	ساعات کم باری		ساعات میان‌باری	ساعات اوج بار	ساعات کم باری
۳- الف		-	۱۷۳	۳٤٦	۸٦,٥	-	۱۷۳	۳٤٦	۸٦,٥
۳- ب		۲٥٦۸۳	۳۳٤	٦٦۸	۱٦۷	-	٤۱۸	۸۳٦	۲۰۹
۳- ج	گزینه ۱	٤۲۸۰۳	٤۳۸	۸۷٦	۲۱۹	-	٦٥٤	۱۳۰۸	۳۲۷
	گزینه۲	-	٦٥٤	۱۳۰۸	۳۲۷				

در شرایط اختصاصی مربوط به مصارف تولید (آب و کشاورزی) آمده است که در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور به بهای برق مصرفی مشترکین 20 درصد افزوده می‌شود. همچنین برای مشترکین کد (3-الف) در صورتی که برق چاه‌های خود را در ساعات اوج بار قطع نمایند، تخفیف در نظر گرفته شده است. دسته‌بندی مشترکین مصارف تولید (آب و کشاورزی) به شرح جدول (2-5) است:

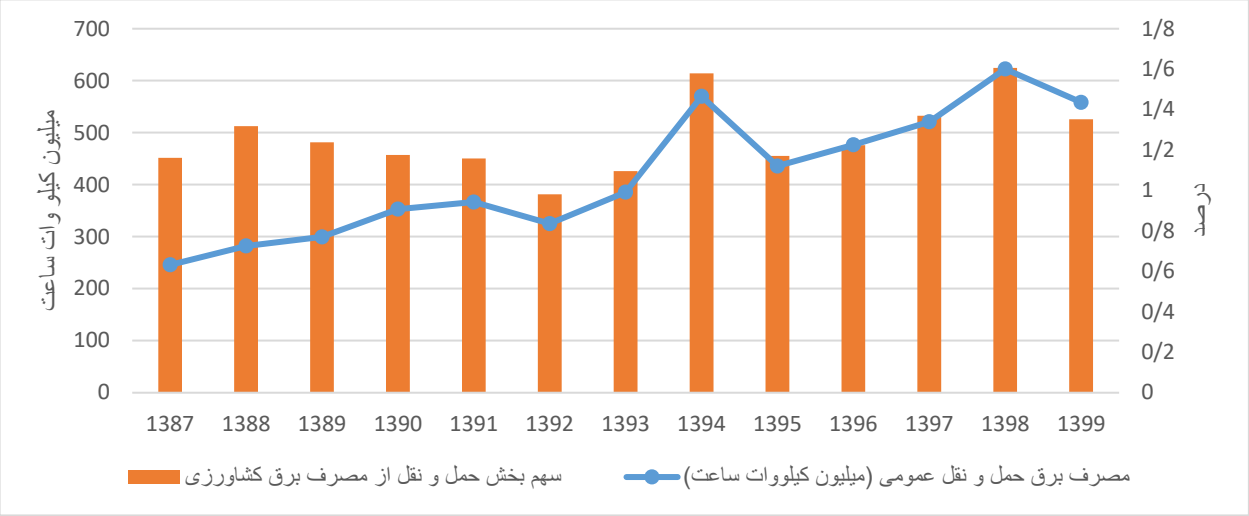
جدول 2-5: دسته‌بندی مشترکین مصارف تولید (آب و کشاورزی)

۳- الف شامل کدهای	۳-۱	پمپاژ آب برای آبیاری (کشاورزی، پمپاژ مجدد، آبیاری تحت فشار و ثقلی).
	۳-۲	پمپاژ آب برای تولید محصولات کشاورزی [باغداری، دامداری و مرغداری (حلال گوشت خوراکی)، واحدهای تولید قارچ، واحدهای تولید گل و گیاه (کشت گلخانه‌ای)، مجتمع‌های پرورش اسب] و تکثیر و پرورش آبزیان در آب‌های داخلی.
	٤-٥	اتوبوس‌های برقی و قطارهای برقی شهری و حومه (شامل تراموا، قطار سبک شهری، منوریل، مترو)
۳- ب شامل کدهای	۳-۳	پرورش کرم ابریشم، شیلات، زنبورداری و مصارف غیرپمپاژ آب باغداری، دامداری و مرغداری (حلال گوشت خوراکی) و مجتمع‌های پرورش اسب.
	۲-٥	پمپاژ و تصفیه‌خانه‌های آب مشروب شهری و روستایی، تصفیه‌خانه‌ها و شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب و چاه‌های آب زهکشی وابسته به سازمان‌های آب و فاضلاب، پمپاژ و خطوط انتقال آب شرب و تصفیه‌خانه‌های وابسته به شرکت‌های آب منطقه‌ای.
۳- ج شامل کدهای	۳-٤	مصارف غیرپمپاژ آب واحدهای تولید قارچ و واحدهای تولید گل و گیاه (کشت گلخانه‌ای)
	۷-٤	کارخانه‌های چای، سردخانه‌های عمومی، شالیکوبی‌ها، ذرت‌خشک‌کنی‌ها و کارخانه‌های آرد روستایی(که دارای مجوزی بجز مجوز ادارات کل بازرگانی باشند).

همان‌طور که در بخش (3-الف) مشاهده می‌شود، کد (5-4) مربوط به "اتوبوس‌های برقی و قطارهای برقی شهری و حومه (شامل تراموا، قطار سبک شهری، منوریل، مترو)" است. همچنین بخش 3-ب کد (5-2) مربوط به "پمپاژ و

تصفیه‌خانه‌های آب مشروب شهری و روستایی و ..." است. لذا مصرف برق این دو کد نیز در مصرف برق بخش کشاورزی آورده می‌شود که نادیده گرفتن مصرف این دو بخش در تجزیه‌وتحلیل مصرف برق بخش کشاورزی با توجه به میزان مصرف این دو بخش می‌تواند موجب خطا در تحلیل‌ها شود؛ بنابراین لازم است مصرف این دو کد از این بخش کنار گذاشته شود، سپس به تجزیه‌وتحلیل مصرف برق بخش کشاورزی و رابطه آن با میزان تولید و ... این بخش مورد بررسی قرار گیرد.

نمودار 2-50: مصرف برق در زیربخش حمل‌ونقل برق



همان‌طور که در نمودار فوق نیز مشاهده می‌شود، بخش حمل‌ونقل برقی شامل اتوبوس‌های برقی و قطارهای برقی شهری و حومه به طور متوسط 1/3 درصد از مصرف برق بخش کشاورزی را از سال 1387 تا 1399 به خود اختصاص می‌دهند؛ بنابراین برای تجزیه‌وتحلیل دقیق بخش کشاورزی لازم است مصرف بخش حمل‌ونقل برقی از مصرف بخش کشاورزی کم شود. با استناد به پایین بودن سهم این بخش از مصرف برق کل بخش کشاورزی در اکثر مطالعات این موضوع نادیده گرفته شده است اما با توجه به روند افزایشی سهم این بخش از مصرف برق، نادیده گرفتن آن می‌تواند در تحلیل‌های آماری ایجاد تورش کند. در مورد میزان مصرف برق بخش پمپاژهای و تصفیه‌خانه‌های آب مشروب شهری و روستایی که در بخش 3-ب و کد 2-5 آمده است اطلاعات دقیقی در دسترس نیست؛ بنابراین نادیده گرفتن این بخش نیز می‌تواند موجب ایجاد تورش در تجزیه‌وتحلیل مصرف برق کشاورزی شود.

2-5-2- مصرف بخش کشاورزی به تفکیک استان

بررسی وضعیت مصرف برق استان‌های کشور در بخش کشاورزی در دوره 1390 تا 1400 نشان می‌دهد که استان‌های فارس، خراسان رضوی و کرمان بیشترین مصرف برق بخش کشاورزی را دارند. استان‌های اصفهان، خوزستان و تهران در

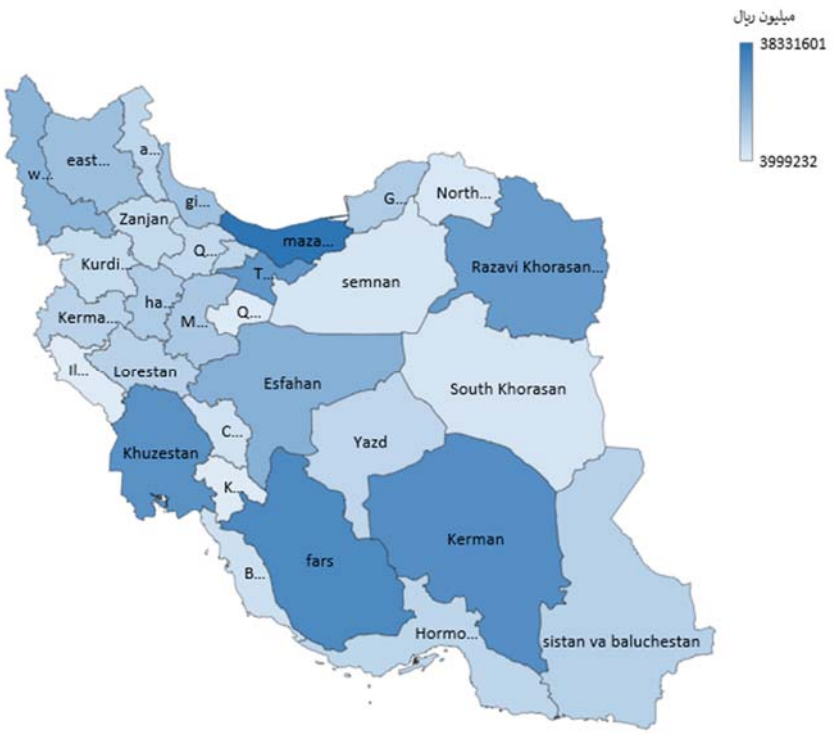
رتبه‌های بعدی قرار دارند. نمودار زیر متوسط مصرف برق بخش کشاورزی به تفکیک استان‌های کشور را برای دره 1390 تا 1400 نشان می‌دهد.

نمودار 2-51: متوسط مصرف برق کشاورزی استان‌های ایران در دوره 1400-1390



سوالی که مطرح می‌شود این است که استان‌هایی که بیشترین مصرف برق کشاورزی را دارند، ارزش افزوده بیشتری نسبت به سایر استان‌ها نیز دارند؟ در ادامه در نمودار 2-51 متوسط ارزش افزوده بخش کشاورزی استان‌های ایران به قیمت ثابت سال 1390 نشان داده شده است.

نمودار 2-52: متوسط ارزش افزوده سالانه بخش کشاورزی استان‌های ایران در دوره 1399-1390



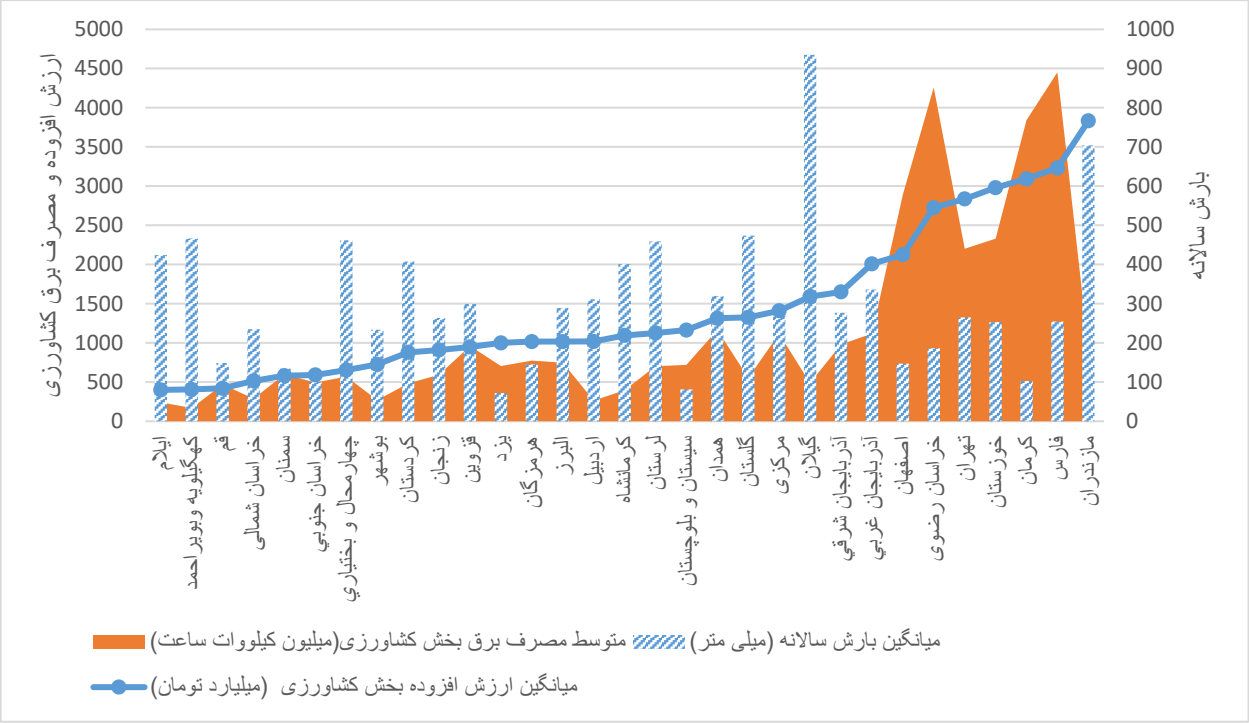
همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، بیشترین ارزش افزوده بخش کشاورزی مربوط به استان مازندران است، اگرچه مصرف برق کشاورزی این استان 5 برابر کمتر از مصرف برق استان فارس (به عنوان استانی با بیشترین مصرف برق کشاورزی) بوده است اما متوسط ارزش افزوده بخش کشاورزی در این استان 20 درصد بیشتر از استان فارس است. این موضوع در استان‌های دیگر مانند گیلان، آذربایجان غربی و ... نیز تا حدودی صادق است. به نظر می‌رسد این تفاوت را می‌توان در شرایط اقلیمی متفاوت استان‌های ایران جستجو کرد. لذا در ادامه میانگین سالانه ارتفاع بارش در استان‌های ایران برای دوره 1400-1399 نشان داده شده است.

نمودار 2-53: میانگین ارتفاع بارندگی استان‌های ایران در دوره 1400-1390



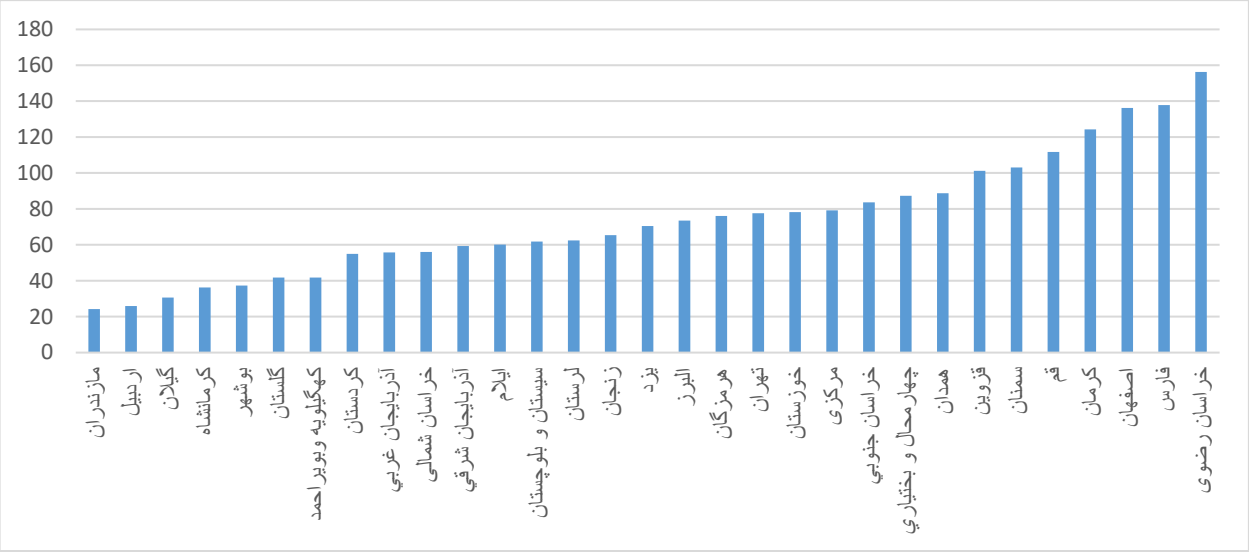
همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، استان‌های شمالی و غربی کشور وضعیت مناسب‌تری از نظر میزان بارش سالانه برخوردار هستند. برای بررسی دقیق‌تر رابطه بین مصرف برق کشاورزی، ارزش افزوده این بخش و همچنین میانگین ارتفاع بارش سالانه در نمودار زیر میانگین این سه متغیر در دهه گذشته نشان داده شده است.

نمودار 2-54: مصرف برق، ارزش افزوده بخش کشاورزی و میزان بارش سالانه (1390-1399)



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، استان‌هایی که میانگین بارش سالانه کمتری دارند برای تولید ارزش افزوده بخش کشاورزی برق بیشتری مصرف می‌کنند. برای مثال استان کرمان برای ارزش افزوده سالانه 3100 میلیارد تومانی بخش کشاورزی نزدیک به 4000 میلیون کیلووات ساعت برق مصرف می‌کند. درحالی‌که استان خوزستان برای تولید تقریبا همین میزان ارزش افزوده کشاورزی تنها 2300 کیلووات ساعت برق در بخش کشاورزی مصرف می‌کند. این موضوع را میانگین بارش سالانه دو استان توضیح می‌دهد، به طوری که میانگین بارش سالانه استان خوزستان 2/5 برابر استان کرمان است. برای درک بهتر از میزان مصرف برق و ارزش افزوده بخش کشاورزی در ادامه شدت مصرف برق کشاورزی در ایران که از تقسیم مصرف برق بر ارزش افزوده بخش کشاورزی حاصل می‌شود، در نمودار (2-55) نشان داده شده است.

نمودار 2-55: متوسط شدت مصرف برق کشاورزی (کیلووات ساعت/ میلیون ریال) در دوره 1400-1390



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود تفاوت زیادی در شدت مصرف برق کشاورزی در استان‌های کشور وجود دارد استان‌های فارس و خراسان رضوی که بیشترین مصرف برق در بخش کشاورزی را در دوره 1400-1390 به خود اختصاص می‌دهند، بیشترین شدت مصرف برق کشاورزی را در مقایسه با سایر استان‌های کشور به خود اختصاص می‌دهند. در استان خراسان رضوی برای تولید هر میلیون ریال محصول در بخش کشاورزی نیاز به 156 کیلووات ساعت برق است درحالی‌که در استان مازندران برای این میزان تولید در بخش کشاورزی تنها 24 کیلووات انرژی مصرف می‌شود.

استان‌های فارس، خراسان رضوی، اصفهان و کرمان که سهم بالایی از ارزش افزوده بخش کشاورزی ایران را در دهه گذشته به خود اختصاص داده‌اند، بیشترین شدت مصرف برق را در بخش کشاورزی نیز دارند. همان‌طور که در نمودار (2-53) نیز مشاهده شد میزان بارش سالانه در این استان‌ها کمتر از میانگین کشوری است و حاکی از آن است که تولید محصولات کشاورزی در این استان‌های متکی به آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی است و نسبت به سایر استان‌ها نیاز به مصرف انرژی بیشتری دارد. لذا لازم است سیاست‌گذاران بخش کشاورزی و انرژی کشور به این موضوع توجه داشته باشند که توسعه کشاورزی در این استان‌ها بسیار پرهزینه‌تر از استان‌های غربی و شمالی کشور است و بهتر است طرح‌های تشویقی توسعه کشاورزی در استان‌های غربی و شمالی کشور انجام شود.

3-5-2- برآورد تابع تقاضای برق کشاورزی

در ادامه با استفاده از داده‌ها ماهانه پانلی در 31 استان کشور در بازه زمانی فروردین 1394 تا اسفند 1398 به برآورد تابع تقاضای برق کشاورزی پرداخته می‌شود. مدل زیر برای برآورد تابع تقاضای برق کشاورزی در نظر گرفته می‌شود:

$$\ln qea_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln pea_{it} + \beta_2 \ln pga_{it} + \beta_3 \ln adda_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1\text{-}3)$$

در این رابطه $\ln qea_{it}$، لگاریتم مصرف برق کشاورزی در استان i در دوره t؛ $\ln pea_{it}$، لگاریتم قیمت برق کشاورزی در استان i در دروه t؛ $\ln pga_{it}$، لگاریتم قیمت سایر انرژی‌ها در استان i در دوره t؛ $\ln adda_{it}$، لگاریتم ارزش افزوده در بخش کشاورزی است. α_0 و ε_{it} نشان دهنده عرض از مبدا و جز اخلال در مدل است.

اطلاعات مصارف کشاورزی برای دوره زمانی فروردین‌ماه 1394 تا اسفندماه 1398 به تفکیک استان (31 استان) مختلف کشور جمع‌آوری شده است (منبع داده توانیر، 1399). در ادامه آمار توصیفی بخش کشاورزی استان‌های ایران برای متغیرهای مصرف برق (هزار کیلووات ساعت)، قیمت برق (کیلووات ساعت ریال) و متوسط قیمت سایر انرژی‌ها (لیتر/مترمکعب ریال) آورده شده است. متغیرهای قیمت برق و قیمت سایر انرژی‌ها با استفاده از شاخص قیمت‌های مصرف‌کننده (سال پایه 1395) استان‌های مربوطه حقیقی شده‌اند.

جدول 2-5: آمار توصیفی بخش کشاورزی در دوره فروردین‌ماه 1394 تا اسفندماه 1398

آماره	مصرف برق	متوسط قیمت برق	قیمت سایر انرژی‌ها
میانگین	94935	155	2233
میانه	55408	144	2390
حداکثر	609897	446	3242
حداقل	4147	64	1181

جدول 2-6: برآورد مدل با رویکرد DCCE در بخش کشاورزی

متغیر	بخش کشاورزی
وقفه لگاریتم مصرف برق	0/43709***
لگاریتم قیمت برق	-0/1997***
لگاریتم قیمت جانشین	0/0672***
لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی	0/0039
لگاریتم ارزش افزوده بخش صنعتی	-
لگاریتم ارزش افزوده بخش خدمات	-
جز ثابت	-0/0222
آزمون CD	-1/19 (0/235)

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به آزمون وابستگی مقطعی و آزمون ریشه واحد در متغیرها، از روش پویای پانل دیتا با توجه به وابستگی مقطعی (DCCE) استفاده خواهد شد. ضریب متغیر لگاریتم قیمت برق در بخش کشاورزی منفی و معنادار است. این ضریب که نشان دهنده کشش قیمتی تقاضا در بخش کشاورزی است برابر با 0/1997- می‌باشد که در سطح اطمینان 99 درصد معنادار است. بدین معنا که با افزایش یک درصد قیمت برق در بخش کشاورزی میزان مصرف برق در این بخش 0/1997 درصد کاهش می‌یابد. این مقدار نشان می‌دهد که تقاضای برق در بخش کشاورزی کم‌کشش است. از این‌رو، سیاست‌های مبتنی بر قیمت از کارایی لازم برخوردار نیست؛ به عبارت دیگر، از آنجا که در اقتصاد ایران قیمت واقعی برق نسبت به سایر حامل‌های انرژی در سطح پایین‌تری قرار دارد و نیز به دلیل جانشینی پایین سایر حامل‌های انرژی نسبت به انرژی الکتریکی، با افزایش قیمت برق مصرف آن کاهش چندانی نخواهد یافت. این نتیجه با پژوهش‌های آماده و همکاران (1393) و قره‌باغی و امامی میبدی (1396) همخوانی دارد.

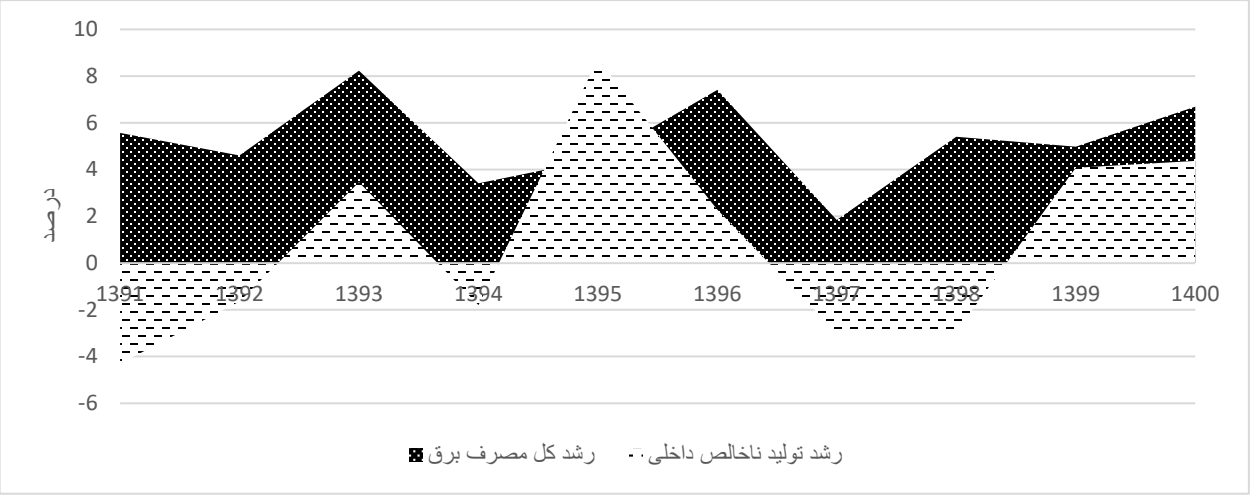
ضریب متغیر لگاریتم قیمت کالاهای جانشین در بخش کشاورزی مثبت و معنادار است. این ضریب که نشان دهنده کشش متقاطع تقاضا در بخش کشاورزی است برابر با 0/0672 می‌باشد که در سطح اطمینان 99 درصد معنادار است. بدین معنا که با افزایش یک درصد قیمت کالاهای جانشین برق در بخش کشاورزی میزان مصرف برق در این بخش 0/0672 درصد افزایش می‌یابد. این مقدار نشان می‌دهد که تقاضای برق در بخش کشاورزی با افزایش قیمت کالاهای جانشین افزایش یافته است هر چند که مقدار تاثیرگذاری این عامل کم است. این نتیجه با پژوهش‌های آماده و همکاران (1393) همخوانی دارد. ضریب متغیر لگاریتم ارزش افزوده بخش کشاورزی مثبت است اما از لحاظ آماری معنادار نیست. این متغیر نشان دهنده کشش درآمدی تقاضای برق در بخش کشاورزی است. در مطالعه قره‌باغی و امامی میبدی (1396) نیز اثر این متغیر از لحاظ آماری معنادار نبوده است. یکی از دلایلی که در توجیه عدم معناداری ضریب فوق استفاده می‌شود عدم تحقق درآمد کشاورزی در دوره جاری است زیرا تحقق درآمد کشاورزان و برداشت محصول زمان‌براست.

در جدول (2-6) نتایج آزمون CD ارائه شده است. بر این اساس فرضیه صفر رد نشده و استقلال مقطعی در برآورد مدل‌ها وجود دارد. از این‌رو، تفاسیر ضرایب فوق دارای اعتبار است.

6-2- سایر عوامل موثر بر مصرف برق

رشد اقتصادی مهم‌ترین متغیر موثر بر مصرف برق است این موضوع به ویژه در کشورهای در حال توسعه از اهمیت بیشتری برخوردار است. پرسش این است که آیا این موضوع در ایران نیز صادق است؟ یعنی عامل اصلی رشد مصرف برق ایران رشد اقتصادی است؟ در این بخش ابتدا رشد اقتصادی و رشد مصرف برق ایران در بخش‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس عواملی که به نظر می‌رسد توضیح‌دهنده رشد مصرف برق ایران هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. نمودار زیر رشد اقتصادی و رشد مصرف برق ایران در دهه گذشته را مورد بررسی قرار داده است.

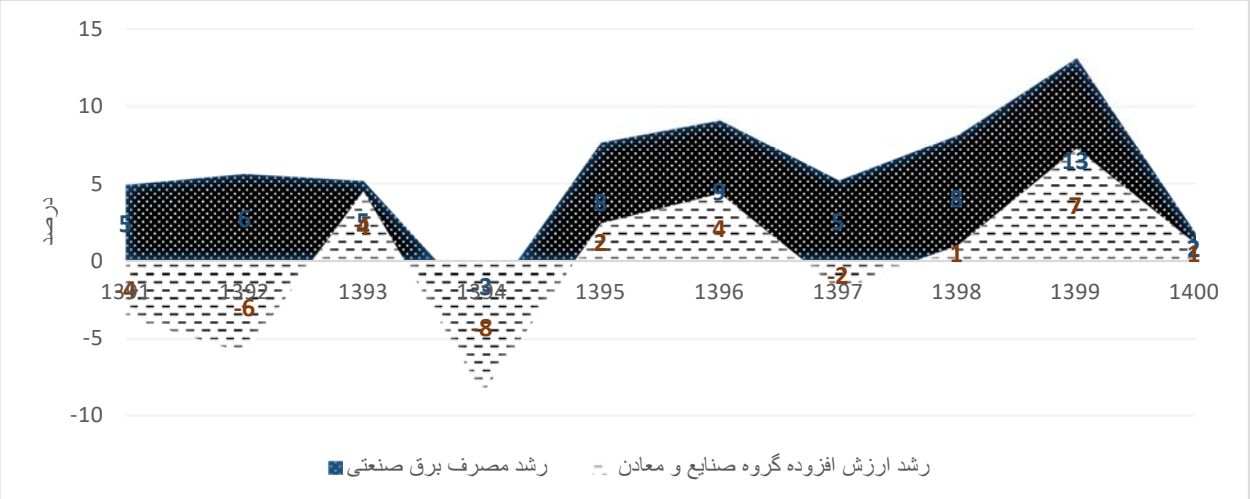
نمودار 2-56: رشد تولید ناخالص داخلی و رشد کل مصرف برق در دوره 1400-1390



بررسی وضعیت رشد اقتصادی ایران در دهه گذشته حاکی از آن است که به طور متوسط رشد اقتصادی کمتر از 1 درصد بوده است اما رشد مصرف برق 5 درصد بوده است. این موضوع برای بخش‌های مختلف (صنعتی، کشاورزی، خانگی و خدمات) نیز صادق است. در ادامه نمودار رشد اقتصادی و رشد ارزش افزوده بخش‌های مختلف با رشد میزان مصرف برق هر بخش مقایسه شده است.

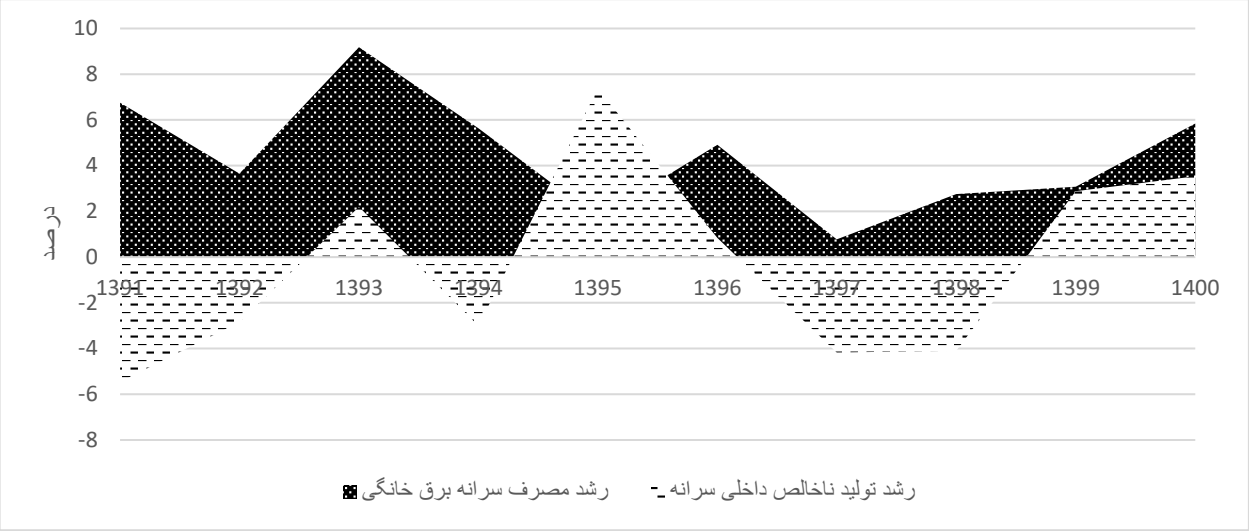
در بخش صنعت متوسط رشد ارزش افزوده این بخش در دهه گذشته برابر با صفر بوده است درحالی‌که متوسط رشد مصرف برق در این بخش 6 درصد بوده است.

نمودار 2-57: رشد ارزش افزوده گروه صنایع و معادن و رشد مصرف برق صنعتی در دوره 1400-1390



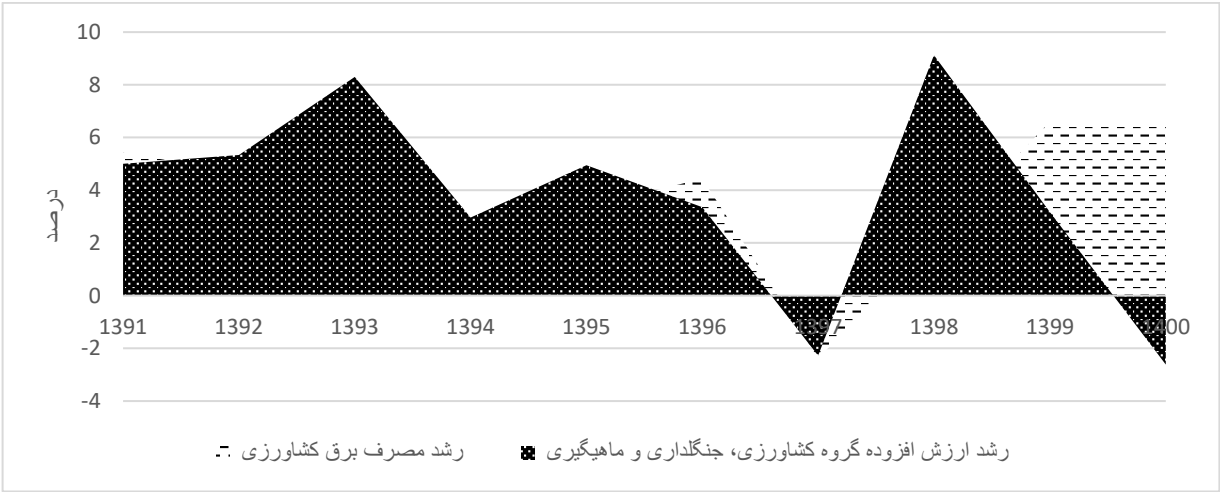
متوسط رشد تولید ناخالص داخلی سرانه در دهه گذشته تقریبا صفر بوده است درحالی‌که رشد مصرف سرانه بخش خانگی بیش از 4 درصد بوده است.

نمودار 2-58: رشد تولید ناخالص داخلی سرانه و رشد مصرف سرانه برق خانگی در دوره 1400-1390



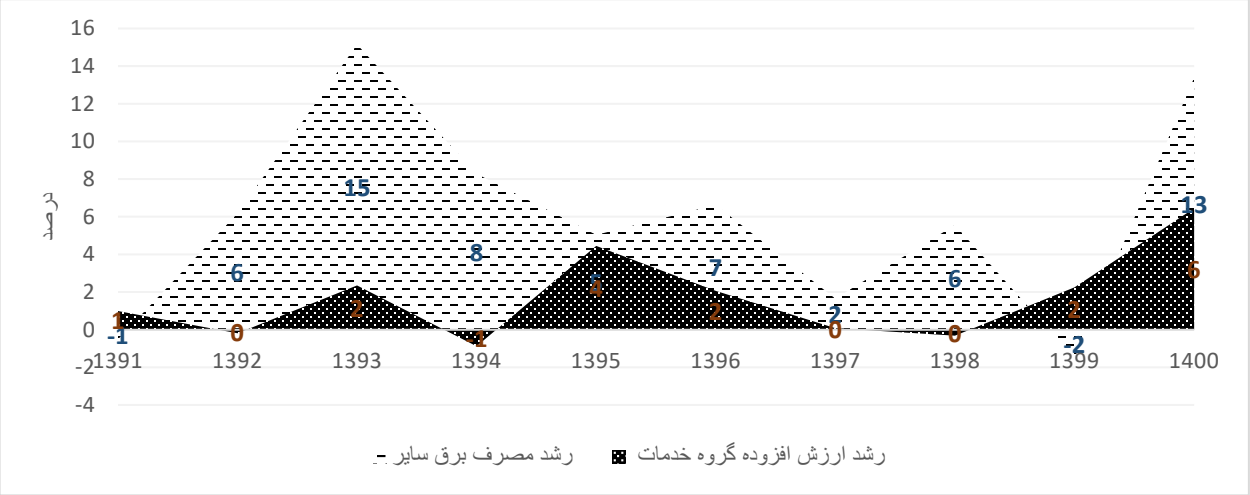
متوسط رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی در دهه گذشته برابر با 4 بوده است همچنین رشد مصرف برق این بخش در دهه گذشته نیز 4 درصد بوده است. اگر چه در سال‌های 1399 و 1400 رشد مصرف برق از رشد ارزش افزوده این بخش نیز پیشی گرفته است.

نمودار 2-59: رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی و رشد مصرف برق کشاورزی در دوره 1400-1390



رشد ارزش افزوده بخش خدمات نیز در یک دهه گذشته تنها 2 درصد بوده است درحالی‌که رشد مصرف برق در این بخش بیش از 6 درصد بوده است.

نمودار 2-60: رشد ارزش بخش خدمات و رشد مصرف برق خدمات در دوره 1400-1390

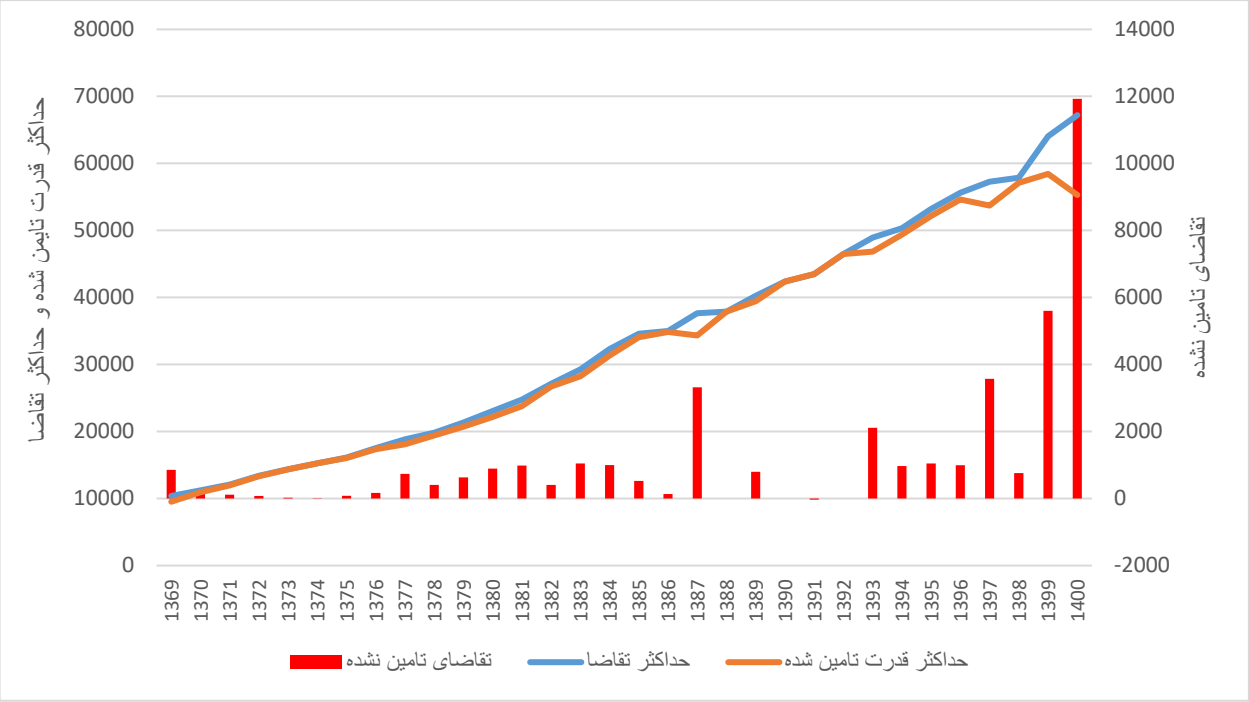


لذا می‌توان نتیجه گرفت که دلیل افزایش رشد مصرف برق در بخش‌های مختلف اقتصاد ناشی از افزایش تولید این بخش‌های نبوده است و درحالی‌که رشد مصرف برق در هر کدام این بخش‌ها چندین برابر رشد تولید هر بخش است. سوال مهم این است که مصرف برق در ایران به چه دلایلی افزایش پیدا کرده است؟ در ادامه برخی از دلایل افزایش رشد مصرف برق ایران مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

1-6-2- انباشت کمبود و مصرف برق

روزهای خاصی در هر ماه وجود دارد که تقاضای جمعی برای برق در بالاترین میزان خود است (یعنی "پیک ماهانه"). علاوه بر پیک‌های ماهانه، یک رویداد اوج سالانه نیز وجود دارد ("پیک سالانه") که معمولاً در یک روز در تابستان در طول موج گرما که همه از تهویه مطبوع استفاده می‌کنند، رخ می‌دهد. این پیک‌های ماهانه و سالانه به عنوان "رویدادهای پیک تقاضا" شناخته می‌شوند. درصورتی‌که شبکه برق ظرفیت کافی برای پاسخ به این تقاضا را نداشته باشد، کمبود عرضه و در نتیجه خاموشی رخ خواهد داد. فاصله بین پیک تقاضای برق و عرضه برق در زمان پیک تقاضای برق را کمبود برق می‌نامند. انباشت کمبود برق در سال‌های قبل، بخش از تقاضای برق سال جاری را به خود اختصاص می‌دهد؛ بنابراین بخشی از تقاضای برق امسال ناشی از کمبود برق سال قبل بوده است. در نمودار زیر حداکثر تقاضای برق، حداکثر قدرت تأمین شده و کمبود برق برای دوره 1400-1369 به همراه تقاضای تأمین نشده یا کمبود برق برای ایران آورده شده است.

نمودار 2-61: حداکثر قدرت تأمین شده و تأمین نشده و حداکثر تقاضا در دوره 1400-1369

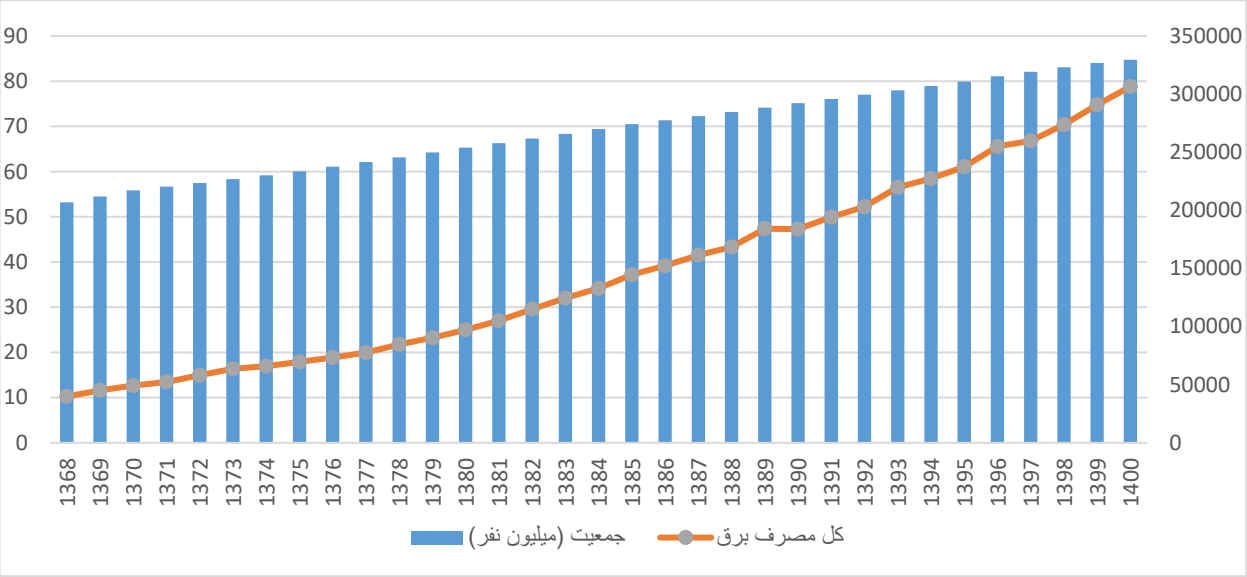


همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، حداکثر تقاضای برق در اکثر سال‌ها از حداکثر قدرت تأمین شده بیشتر بوده است؛ یعنی کمبود برق در زمان پیک وجود داشته است. این کمبود تقاضا اگرچه در اوایل دهه 90 کنترل شده اما از سال 1393 این ناترازی افزایش پیدا کرد و به 12000 مگاوات در سال 1400 رسید. لذا انتظار می‌رود سال‌های آتی علاوه بر تقاضای جدیدی که به شبکه اضافه می‌شود، بخشی از تقاضای سال‌های قبل که پاسخ داده نشده است به تقاضای سال بعد اضافه شود. با توجه به کمبود برق در اواخر دهه گذشته انتظار می‌رود تقاضای برق در سال‌های آتی همچنان از محل انباشت کمبود سال‌های قبل، افزایشی باشد.

2-6-2- جمعیت و مصرف برق

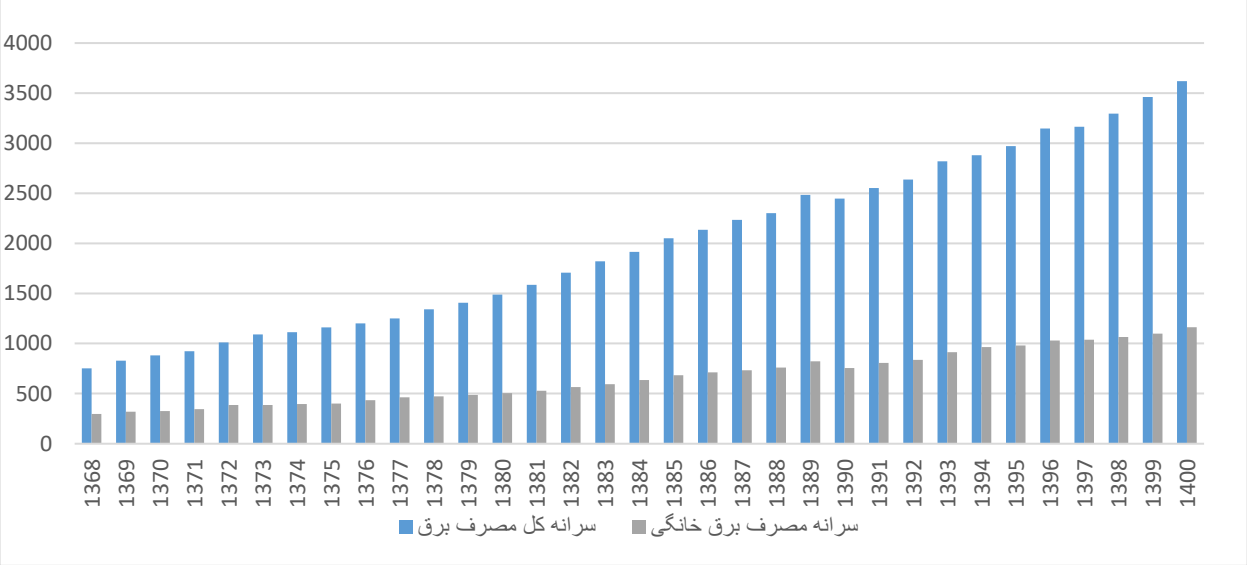
جمعیت یک متغیر مهم در مصرف انرژی به شمار می‌رود. با افزایش جمعیت، نیاز به انرژی برای مصارف خانگی، عمومی و ... افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین سطوح جمعیت بر تقاضای انرژی موثر است و هر چه جمعیت بزرگ‌تر باشد، کل انرژی مورد نیاز بیشتر می‌شود، اگرچه میزان این انرژی بسته به مصرف سرانه انرژی نیز است؛ به عبارت دیگر، جمعیت به طور برون‌زا مصرف انرژی را تعیین می‌کند. برای بررسی دقیق‌تر رابطه جمعیت برق در ایران در نمودار زیر مصرف برق و جمعیت کشور در دوره 1369 تا 1400 نشان داده شده است.

نمودار 2-62: کل مصرف برق و جمعیت در دوره 1400-1368



همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، روند رشد جمعیت و مصرف برق در دوره مورد بررسی صعودی بوده است. میانگین رشد جمعیت در کل دوره برابر با 1/5 درصد بوده است درحالی‌که میانگین رشد مصرف برق در این دوره بیش از 6/5 درصد است؛ اما در دهه گذشته میانگین رشد جمعیت به 1/2 درصد کاهش پیدا کرده است درحالی‌که میانگین رشد مصرف برق 5/3 درصد بوده است؛ بنابراین انتظار می‌رود سرانه مصرف برق در این دوره افزایش پیدا کرده باشد که در نمودار زیر نشان داده شده است.

نمودار 2-63: سرانه مصرف برق خانگی و کل بخش‌ها در دوره 1400-1368



سرانه مصرف برق از 751 کیلووات ساعت در سال 1368 به 3619 کیلووات ساعت در سال 1400 افزایش پیدا کرده است. مصرف سرانه برق در این دوره نزدیک به 5 برابر افزایش پیدا کرده است. همچنین مصرف سرانه برق بخش خانگی از 297 کیلووات ساعت در سال 1368 به 1162 کیلووات ساعت در سال 1400 رسیده است که رشد بیش از 4 برابری داشته است.

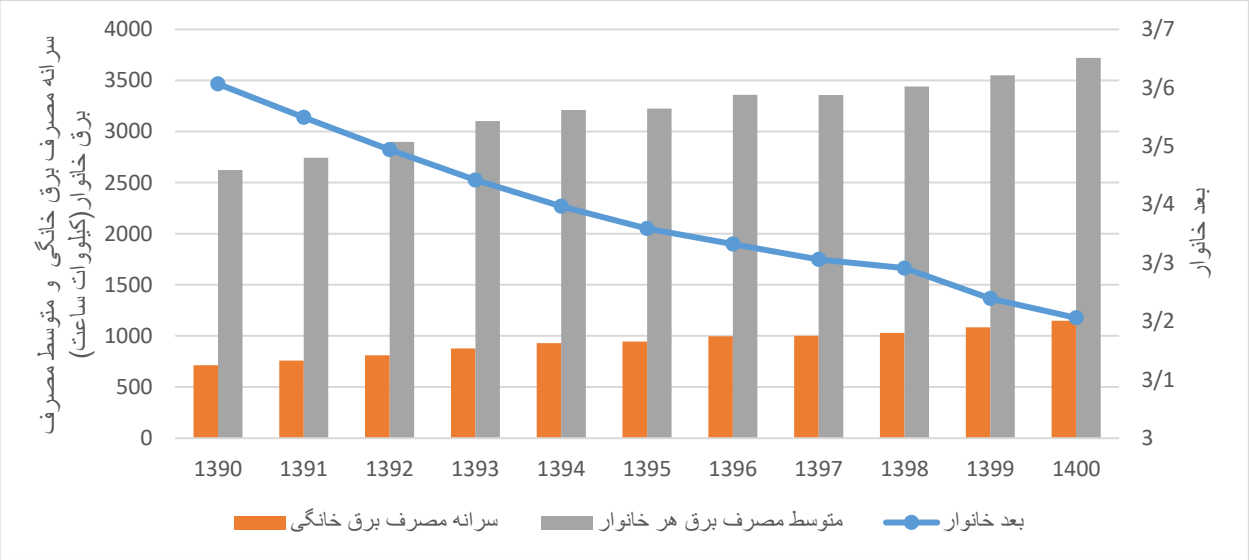
رشد طبقه متوسط جهانی، تقاضا برای محصولات بادوام، لوازم خانگی و کالاهای مصرفی را افزایش داده است. از یک طرف استفاده از این وسایل نیاز به برق را افزایش می‌دهد و از طرف دیگر ساخت این محصولات و اجزای آن‌ها فعالیت صنعتی و انرژی بیشتری را می‌طلبد. این موضوع در کشورهای در حال توسعه شدیدتر نیز است؛ لذا بخشی از تقاضای برق به دلیل افزایش جمعیت و همچنین افزایش سرانه مصرف برق به دلیل بهبود وضعیت رفاهی و استفاده بیشتر از وسایل برق بوده است.

3-6-2- بعد خانوار

بعد خانوار یک عامل مهم برای ارزیابی مصرف برق مسکونی است. به این دلیل است که بعد خانوار ارتباط مثبتی با برق مصرفی دارد. اقامتگاه‌هایی با بعد خانوار بزرگ، برق بیشتری مصرف می‌کنند. با این حال، در این حالت ممکن است استفاده از انرژی کارآمدتر باشد (لانجوو و راوالیون،[52] 1995). بعد خانوار با تقسیم جمعیت واقعی بر تعداد خانوار تعیین می‌شود. همراه با فرآیند شهرنشینی، ممکن است تغییر مهمی در اندازه خانوارها وجود داشته باشد (یو و همکاران،[53] 2018). درحالی‌که به رابطه بین جمعیت و مصرف برق زیاد پرداخته شده است اما توجه کافی به این واقعیت نشده است که مالکیت لوازم خانگی صرفاً با جمعیت سنجیده نمی‌شود، بلکه در عوض با تعداد خانوارها رشد می‌کند. این موضوع زمانی مهم‌تر می‌شود که گرایش به سمت خانواده‌های کوچک‌تر منجر به افزایش تعداد کل لوازم اصلی مانند یخچال و سیستم‌های تهویه هوا می‌شود (لی و همکاران،[54] 2019)؛ بنابراین توجه به بعد خانوار و تغییرات آن در ایران اهمیت زیادی دارد و می‌تواند بخشی از افزایش تقاضای برق خانگی را توضیح دهد. در نمودار زیر روند بعد خانوار و مصرف برق سرانه بخش خانگی و همچنین متوسط مصرف برق در ایران آورده شده است.

[52] Lanjouw and Ravallion
[53] Yu et al.
[54] Li et al.

نمودار 2-64: بعد خانوار و مصرف برق خانگی در دوره 1400-1390

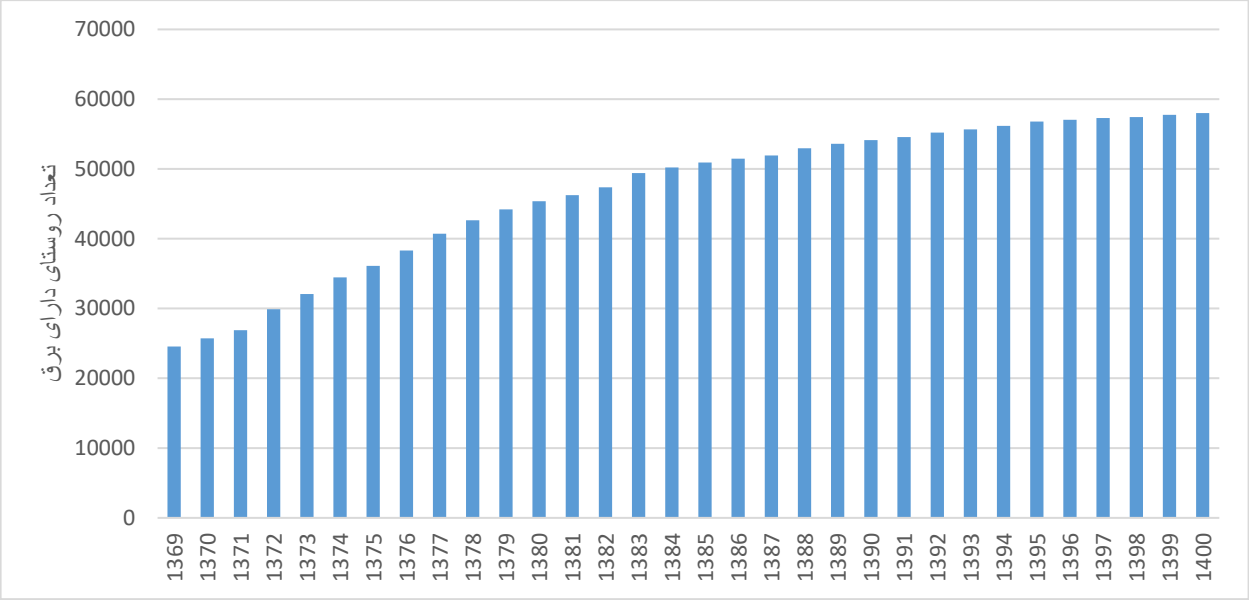


رشد متوسط مصرف برق خانوار در دهه گذشته سالانه 3/6 درصد بوده است درحالی‌که سرانه مصرف برق در بخش خانگی به به‌طور متوسط سالانه نزدیک به 5 درصد رشد داشته است. از سوی دیگر بعد خانوار به طور متوسط سالانه رشد منفی 1/2 درصد داشته است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با کوچک‌تر شدن اندازه خانوار در ایران، سرانه مصرف برق خانگی افزایش یافته است. برای مثال اگر 10 سال پیش 12 نفر در سه خانواده (با بعد خانوار 4) از 3 یخچال استفاده می‌کردند، در حال حاضر آن 12 نفر به چهار خانواده تقسیم شده (بعد خانوار 3) و از 4 یخچال استفاده می‌کنند که این موضوع موجب افزایش تقاضای برق خانگی شده است؛ بنابراین نمی‌توان نقش کاهش بعد خانوار را در افزایش مصرف برق خانگی در ایران نادیده گرفت.

4-6-2- افزایش روستاهای برق‌دار شده و مصرف برق

ایجاد تقاضای جدید یکی دیگر از عواملی که موجب افزایش مصرف برق می‌شود. در ایران با هدف ارتقای رفاه مناطق روستایی، برق‌رسانی به روستاها یکی از اقدامات دولت‌های مختلف در دهه‌های گذشته بوده است. اگرچه مصرف هر روستا به تنهایی تاثیر زیادی بر مصرف برق کشور ندارد اما با افزایش تعداد این روستاها مصرف برق کل کشور افزایش می‌یابد. نمودار زیر تعداد روستاهای برق‌دار شده ایران را برای بازه 1400-1369 نشان می‌دهد.

نمودار 2-65: تعداد روستاهای دارای برق در دوره 1400-1369



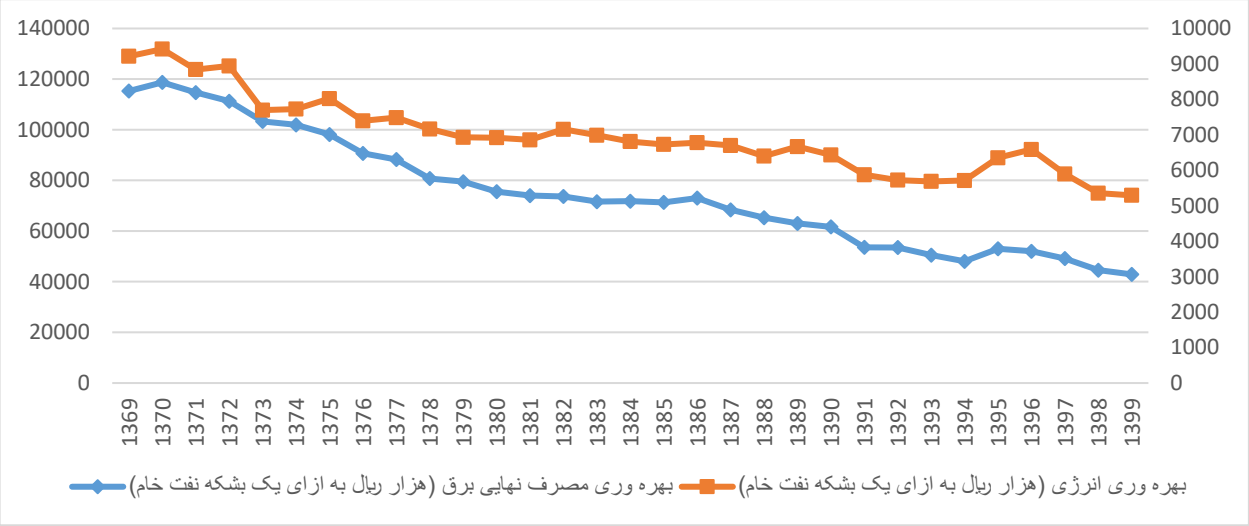
تعداد روستاهای برق‌دار شده در سال 1369 برابر با 24550 بوده است که در سال 1400 این روستاها به 58000 روستا رسیده است؛ یعنی به طور متوسط سالانه 3 درصد به تعداد روستاهای دارای برق اضافه شده است. لذا یکی دیگر از عوامل که موجب افزایش تقاضای برق شده است، می‌تواند تقاضای جدید باشد که از این ناحیه به شبکه برق اضافه شده‌اند.

5-6-2- عدم بهبود بهره‌وری انرژی و مصرف برق

شاخص بهره‌وری انرژی نیز مانند بهره‌وری نیروی کار و سرمایه میزان ستانده کالاها و خدمات تولیدی را در مقایسه با نهاده اندازه‌گیری می‌نماید. با استفاده از این شاخص می‌توان اهداف و سیاست‌های عمومی تقاضا و بهره‌وری انرژی و همچنین رابطه بین تقاضای انرژی و رشد اقتصادی را تحلیل نمود. بهبود شاخص بهره‌وری انرژی می‌تواند از طریق کاهش نهاده‌ها انرژی مورد نیاز جهت تولید مقدار مشخصی از خدمات انرژی و یا از طریق افزایش مقدار یا کیفیت ستانده‌های اقتصادی با مقدار انرژی ثابتی صورت پذیرد. یکی از شاخص‌های مورد استفاده برای بهره‌وری انرژی، تقسیم ارزش تولیدات به مقدار انرژی مصرفی است (برخلاف شدت مصرف نهایی انرژی). در حقیقت شاخص بهره‌وری انرژی نشان می‌دهد که در ازای مصرف یک واحد انرژی، چه میزان ارزش افزوده ایجاد شده است. برای محاسبه بهره‌وری انرژی در سطح ملی می‌توان تولید ناخالص داخلی را بر مقدار مصرف نهایی انرژی تقسیم کرد (ترازنامه انرژی، 1399). بهره‌وری انرژی به عنوان شاخص پیشرفت فنی و کارایی در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، این شاخص به طور غیرمستقیم وضعیت کشور از نظر تحولات در شاخص‌های کلیدی مانند نهادها، حکمرانی، تحقیق و توسعه، سرمایه انسانی، زیرساخت‌ها، توسعه مالی و ثبات کلان اقتصادی را مورد بررسی قرار می‌دهد. نمودار زیر وضعیت بهره‌وری انرژی و بهره‌وری برق در ایران را نشان می‌دهد. بهره‌وری انرژی از تقسیم میزان مصرف نهایی انرژی (بشکه نفت خام) بر تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 1390 (ریال) به

دست آمده است و بهره‌وری برق از تقسیم مصرف نهایی برق (بشکه نفت خام) بر تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال 1390 (ریال) محاسبه شده است.

نمودار 2-66: بهره‌وری مصرف نهایی برق و انرژی در دوره 1400-1369



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود بهره‌وری انرژی و برق در ایران در دوره مورد بررسی روند نزولی داشته است. از سال 1394 با توجه به توافق برجام و بهبود انتظارت نسبت به آینده اقتصاد کشور و افزایش تولید ناخالص داخلی کشور، روند بهره‌وری مصرف برق و انرژی رو به بهبود بوده است اما از سال 1397 و خروج آمریکا از برجام روند نزولی بهره‌وری در انرژی و برق ایران ادامه پیدا کرده است.

البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که ارتباط بین بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش تقاضای انرژی با وجود اثرات بازگشتی متعدد پیچیده‌تر می‌شود. به عنوان مثال، از آنجایی که خودروهای کم مصرف، سفر را ارزان‌تر می‌کنند، مصرف‌کنندگان ممکن است بیشتر رانندگی کنند، در نتیجه برخی از صرفه‌جویی‌های انرژی به دست آمده را جبران می‌کنند. رانندگان ممکن است از صرفه‌جویی در قبوض سوخت برای خرید کالاها و خدمات دیگری که لزوماً به انرژی نیاز دارند استفاده کنند. کاهش تقاضای سوخت منجر به کاهش قیمت سوخت خواهد شد که به نوبه خود باعث افزایش مصرف سوخت در سایر نقاط خواهد شد. مکانیسم‌های مشابهی در صنعت وجود دارد، جایی که بهبود بازده انرژی مقرون‌به‌صرفه به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا تولید را گسترش دهند، قیمت محصول را کاهش دهند و تقاضای بازار را افزایش دهند که به نوبه خود باعث تحریک رشد اقتصادی و مصرف کل انرژی می‌شود. در برخی موارد، نوآوری‌های کارآمد انرژی ممکن است منجر به برنامه‌های کاربردی، محصولات و صنایع جدید و پیش‌بینی‌نشده مصرف‌کننده انرژی شود (سرل، 2009؛ جینکیز و همکاران، 2011). به عنوان مثال، فرآیند جدیدی راندمان انرژی فولادسازی را تا حد زیادی بهبود بخشید که فولاد ارزان‌تر و با کیفیت‌تر مناسب برای طیف وسیع‌تری از مصارف تولید کرد، در نتیجه تقاضا برای فولاد و زغال‌سنگ افزایش یافت؛

بنابراین اثرات بازگشتی یکی از ویژگی‌های نوظهور سیستم‌های اقتصادی پیچیده است که جداسازی و اندازه‌گیری مکانیسم‌ها و اثرات متعدد، به‌ویژه در بلندمدت دشوار است؛ اما تعداد فزاینده‌ای از شواهد نشان می‌دهد که این اثرات بزرگ‌تر از آن چیزی است که قبلاً تصور می‌شد و غالباً صرفه‌جویی در مصرف انرژی ناشی از بهبود بازده انرژی را خنثی یا حتی حذف می‌کند (ساندرز، 2013).

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاهش بهره‌وری انرژی و برق در ایران نیز یکی دیگر از دلایل افزایش میزان مصرف انرژی و برق کشور است. دلیل رشد منفی بیشتر بهره‌وری برق نسبت به بهره‌وری انرژی نیز این است که با پیشرفت‌های فناوری و ... سهم برق از کل مصرف انرژی در حال افزایش است. به طور کلی کاهش بهره‌وری انرژی و برق در کشور می‌تواند به دلایلی مانند عملکرد نامناسب نظام حکمرانی، زیرساخت‌های صنعتی قدیمی، عدم ثبات کلان اقتصادی و ... باشد که تحریم‌ها نیز موجب تسریع این موضوع شده است. لذا کاهش بهره‌وری مصرف برق نیز می‌تواند یکی دیگر از دلایل افزایش تقاضا برای برق است.

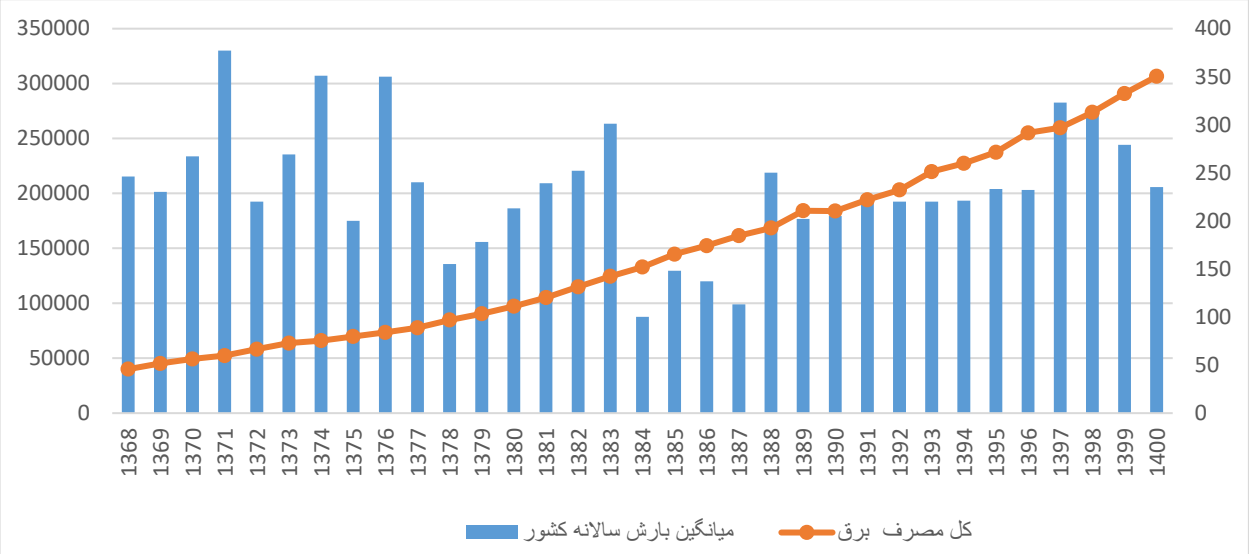
6-6-2- تغییرات آب‌وهوا و مصرف برق

پنل بین دولتی تغییرات آب و هوایی[55] (IPCC) گزارش داده است که دمای روز و شب در سرتاسر جهان افزایش یافته است و انتظار می‌رود میانگین دمای جهانی تا سال 2100 بین 3 تا 5 درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (IPCC، 2021). شواهد حاکی از تغییر طول فصول در سراسر جهان به دلیل گرمایش جهانی است. تابستان‌ها در عرض‌های جغرافیایی متوسط طولانی‌تر شده‌اند درحالی‌که زمستان‌ها کوتاه‌تر شده‌اند، همچنین دوره‌های بهار و پاییز کوتاه‌تر شده‌اند (وانگ و همکاران،[56] 2021)؛ بنابراین تغییر اقلیم یک پدیده جهانی است. طبیعتاً ایران نیز از این قاعده مستثنا نیست و از نظر تنش آبی و دمای هوا تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار گرفته است. در سمت تقاضا، تغییرات آب و هوایی به دلیل افزایش تقاضای سرمایش، بر مصرف برق تأثیر می‌گذارد (احمد و همکاران،[57] 2012). همچنین در بخش‌های مانند کشاورزی، خشک‌سالی به معنای استفاده بیشتر از آب‌های زیرزمینی و در نتیجه مصرف بیشتر انرژی و برق برای استخراج این آب‌ها می‌شود. در سمت عرضه دسترسی به آب می‌تواند از طریق مکانیسم‌های مختلف تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار گیرد. آب در سطوح مختلف زنجیره انرژی از جمله استخراج منابع انرژی، پردازش سوخت و تبدیل آن مصرف می‌شود (میلکی و همکاران،[58] 2010). ماهیت کشور در حال توسعه بودن تا حدودی بالا بودن رشد تقاضای برق ایران را توضیح می‌دهد، اما تاثیر افزایش دمای هوا بر تقاضای برق برای سرمایش نیز قابل توجه بوده است زیرا ساختمان‌های مسکونی

[55] Intergovernmental Panel on Climate Change
[56] Wang et al.
[57] Ahmed et al.
[58] Mielke et al.

سهم قابل توجهی از کل مصرف برق دارند (زمانی‌پور و همکاران،[59] 2023). در ادامه تغییرات آب‌وهوای ایران در 30 سال گذشته و همچنین ارتباط آن با مصرف برق مورد بررسی قرار می‌گیرد. نمودار زیر مصرف برق ایران را در کنار میانگین بارش سالانه کشور نشان می‌دهد.

نمودار 2-67: کل مصرف برق و میانگین بارش سالانه کشور در دوره 1400-1368

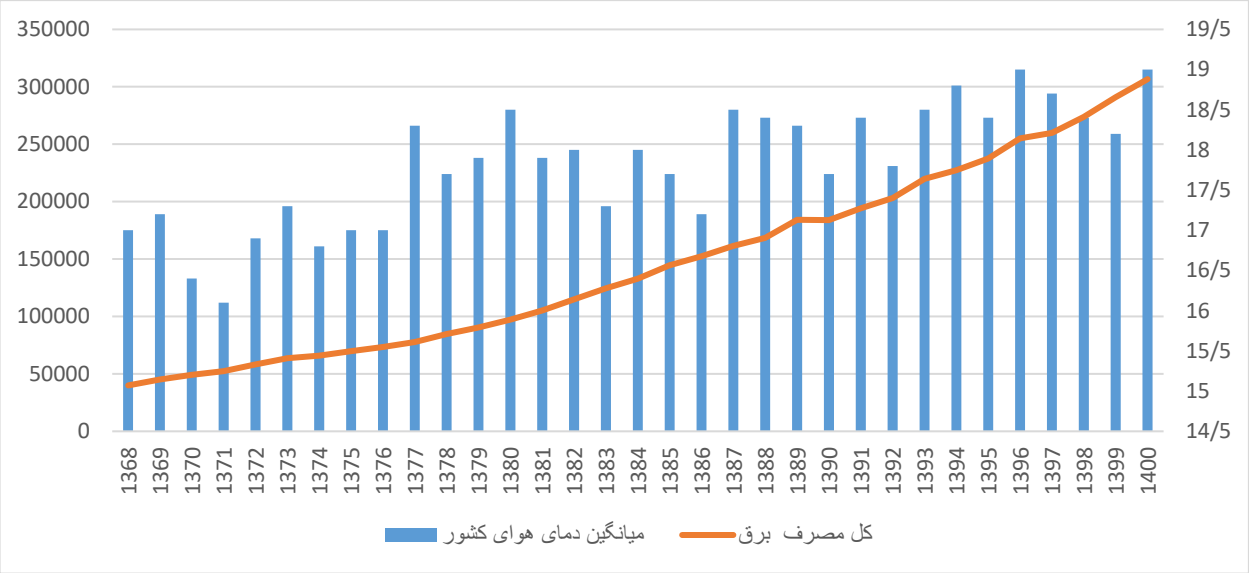


میانگین بارش سالانه کشور تا سال 1383 برابر با 255 میلی‌متر بوده است و از سال 1384 تا 1400 میانگین بارش سالانه به 215 میلی‌متر کاهش پیدا کرده است. اگرچه همبستگی بین میانگین بارندگی سالانه و مصرف برق ناچیز است اما کاهش بارندگی، تقاضا برای آب‌های زیرزمینی را حداقل در بخش‌های کشاورزی و آب شرب افزایش داده که موجب افزایش تقاضا برای برق می‌شود.

در نمودار زیر میانگین دمای هوای کشور به همراه مصرف برق در دوره 1400-1368 نشان داده شده است.

[59] Zamanipour et al.

نمودار 2-68: کل مصرف برق و میانگین دمای سالانه کشور در دوره 1400-1368



میانگین دمای هوای کشور در اواخر دهه 60 و ابتدای دهه 70 برابر با 16/5 درجه سانتی‌گراد بوده است درحالی‌که در دهه گذشته میانگین دمای هوای کشور به 18/5 درجه سانتی‌گراد رسیده است. مرکز ملی خشک‌سالی و مدیریت بحران ایران نیز میانگین افزایش دما در ایران را در 30 سال گذشته 1/68 درجه سانتی‌گراد عنوان کرده است که درحالی‌که میانگین افزایش دمای جهان در این دوره 0/43 درجه سانتی‌گراد بوده است (مرکز ملی اطلاعات زیست‌محیطی آمریکا[60] (NOAA)، 2022). تحلیل آماری مصرف برق و میانگین دمای هوای کشور نیز همبستگی نزدیک به 80 درصد بین میانگین دمای هوا و مصرف برق در ایران را تایید می‌کند؛ بنابراین یکی دیگر از دلایل افزایش مصرف برق، افزایش میانگین دمای هوای کشور است.

7-6-2- اقتصاد زیرزمینی و مصرف برق

اقتصاد زیرزمینی که اقتصاد سایه، اقتصاد پنهان و اقتصاد غیررسمی نیز نامیده می‌شود، مجموعه‌ای از عوامل اقتصادی ناشناخته شامل فعالیت‌های قانونی و غیرقانونی است که در حسابداری دولتی ثبت نمی‌شوند (بلکبرن و همکاران،[61] 2012)؛ به عبارت دیگر، اقتصاد زیرزمینی شامل تمام فعالیت‌های اقتصادی ثبت‌نشده فعلی است که خارج از چارچوب بوروکراسی موسسات بخش خصوصی و دولتی انجام می‌شود (ویلیامز و اشنایدر،[62] 2013). اقتصاد زیرزمینی در واقع می‌تواند به تعداد زیادی از فعالیت‌ها از جمله مشاغل عجیب و غریب و انواع خدماتی اشاره داشته باشد که به صورت نقدی مبادله می‌شوند

[60] National Oceanic and Atmospheric Administration
[61] Blackburn et al.
[62] Williams and Schneider

اما ثبت نمی‌شوند (به عنوان مثال، برخی از تعمیرات خودرو یا بازسازی خانه). اقتصاد زیرزمینی یک ویژگی انگلی مشترک همه اقتصادهای سراسر جهان است. اندازه و ساختار آن به طور قابل توجهی در بین کشورها متفاوت است. حتی کشورهای توسعه یافته نیز بخش غیررسمی غیرقابل چشم‌پوشی دارند. اندازه اقتصاد زیرزمینی عمدتاً بر اثربخشی سیاست‌های کلان اقتصادی، درآمدهای مالیاتی، کمیت و کیفیت کالاها و خدمات عمومی، رقابت بین‌المللی، بازارهای بدهی دولتی، سیاست‌های پولی، نرخ رسمی بیکاری و تعاملات اجتماعی تأثیر می‌گذارد. به عنوان یک مثال شاخص، پایه مالیاتی به دلیل توسعه اقتصاد زیرزمینی کاهش می‌یابد که به معنای افزایش (بالقوه) نرخ‌های مالیاتی و کیفیت و کمیت پایین‌تر کالاها و خدمات عمومی (مانند جاده، بهداشت) است و انگیزه‌ای برای تغییر بیشتر از بخش رسمی به غیررسمی ایجاد می‌کند. این روش به عنوان یک چرخه معیوب در نظر گرفته می‌شود که توسعه اقتصاد زیرزمینی را تقویت می‌کند (ویلیامز و اشنایدر، 2013؛ مارکلوس و همکاران، 2016).

طیف وسیعی از رویکردهای مستقیم، غیرمستقیم و MIMIC[63] برای برآورد اقتصاد زیرزمینی وجود دارد. در جدول زیر روش‌های مختلف محاسبه اقتصاد زیرزمینی آورده شده است.

[63] Multiple Indicators-Multiple Causes

جدول 2-7: روش‌های محاسبه اقتصاد زیرزمینی

رویکردهای مستقیم	
بررسی نمونه‌ای	برآورد حجم اقتصاد زیرزمینی با استفاده از داده‌های نظرسنجی
ممیزی مالیاتی	برآورد حجم اقتصاد زیرزمینی حاصل از سنجش ممیزی درآمد مشمول مالیاتی اعلام نشده
رویکردهای غیرمستقیم	
آمار حسابداری ملی	برآورد حجم اقتصاد زیرزمینی بر اساس تفاوت بین آمارهای درآمد و هزینه در حسابداری ملی.
آمارهای نیروی کار	برآورد رشد اقتصاد زیرزمینی بر اساس کاهش در مشارکت نیروی کار در اقتصاد رسمی (فرض بر این است که نیروی کار به‌طورکلی میزان مشارکت ثابت دارد)
معاملات	از داده‌های مربوط به حجم کل معاملات پولی در اقتصاد جهت محاسبه کل تولید ناخالص داخلی (غیررسمی به‌علاوه رسمی)، استفاده می‌شود و سپس حجم اقتصاد زیرزمینی از کم کردن GDP رسمی از کل GDP اسمی تخمین زده می‌شود.
تقاضای پول	برآورد حجم اقتصاد زیرزمینی با استفاده از تقاضا برای پول با این فرض که معاملات زیرزمینی به صورت نقدی صورت می‌گیرد و افزایش در اقتصاد زیرزمینی، تقاضا برای پول را افزایش خواهد داد.
مصرف برق	برآورد رشد اقتصاد زیرزمینی با استفاده از مصرف برق با این فرض که مصرف برق بهترین شاخص فیزیکی فعالیت کلی اقتصادی است. در این روش نرخ رشد GDP رسمی از نرخ رشد کل مصرف برق کم می‌شود. این تفاوت برآوردی از رشد اقتصاد زیرزمینی است.
مدل	
رویکرد MIMIC	برآورد حجم اقتصاد زیرزمینی به‌عنوان تابعی از متغیرهای مشاهده شده که فرض شده بر اقتصاد زیرزمینی اثر می‌گذارد. به عنوان مثال، بار مالیاتی، با مقررات دولتی و متغیرهایی که به عنوان نشانه‌ای از وجود اقتصاد زیرزمینی هستند نظیر پول نقد، زمان کار رسمی، بیکاری و غیره. مزیت این روش از این بابت است که به‌طور هم‌زمان عوامل و اثرات متعددی را در نظر می‌گیرد.

منبع: اشنایدر و انست،[۶۴] 2003

[64] Schneider and Enste

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود، روش‌های مختلفی برای برآورد اقتصاد زیرزمینی وجود دارد. یکی از این روش‌ها استفاده از مصرف برق است. برای اندازه‌گیری فعالیت اقتصادی کلی (رسمی و غیر رسمی) در یک اقتصاد، کافمن و کالیبردا (1996) مصرف برق را به عنوان بهترین شاخص فیزیکی فعالیت اقتصادی کلی (یا رسمی به‌علاوه غیر رسمی) معرفی کردند. ارتباط فعالیت‌های کلی اقتصادی و مصرف برق به طور تجربی در سراسر جهان مشاهده شده است که با کشش برق به تولید ناخالص داخلی معمولاً نزدیک به یک حرکت می‌کند. این بدان معناست که رشد کل مصرف برق شاخصی برای رشد تولید ناخالص داخلی (رسمی و غیر رسمی) است. کافمن و کالیبردا (1996) با داشتن این اندازه‌گیری برای کل اقتصاد و سپس کم کردن تخمین‌های تولید ناخالص داخلی رسمی از این اندازه‌گیری کلی، برآوردی از تولید ناخالص داخلی غیررسمی به دست می‌آورند.

با توجه به مطالعات موجود در زمینه اقتصاد زیرزمینی، می‌توان دو نوع رابطه جایگزین یا مکمل بین اقتصاد غیررسمی و رسمی را در نظر گرفت. در صورتی که اقتصاد غیررسمی اثر جانشینی بر اقتصاد رسمی داشته باشد، افزایش تعداد فعالیت‌های غیررسمی باعث کاهش فعالیت‌های رسمی اقتصادی می‌شود. در این زمینه، تأثیر اقتصاد زیرزمینی بر انرژی به تأثیرات مقیاس آن بستگی دارد، اما به تنظیم بخش‌های رسمی نیز بستگی دارد (الگین و اوزتونالی،[۶۵] 2014). اگر اقتصاد زیرزمینی دارای اثر مقیاس باشد، باعث کاهش مصرف و شدت انرژی می‌شود، درحالی‌که بخش‌های رسمی مقررات زدایی شده به کاهش انرژی مصرف‌شده توسط بخش غیررسمی کمک می‌کند. وقتی اقتصاد زیرزمینی تأثیر مکمل بر اقتصاد رسمی داشته باشد، افزایش بخش غیررسمی کل تولید اقتصاد را بالا می‌برد. این موضوع باعث سطح بالاتر مصرف انرژی و افزایش شدت مصرف انرژی می‌شود. علاوه بر این، این اثر مکمل، تقاضای کل برای انرژی را افزایش می‌دهد که ممکن است منجر به کمبود منابع و قیمت‌های بالاتر انرژی شود (تریتی و همکاران،[۶۶] 2010).

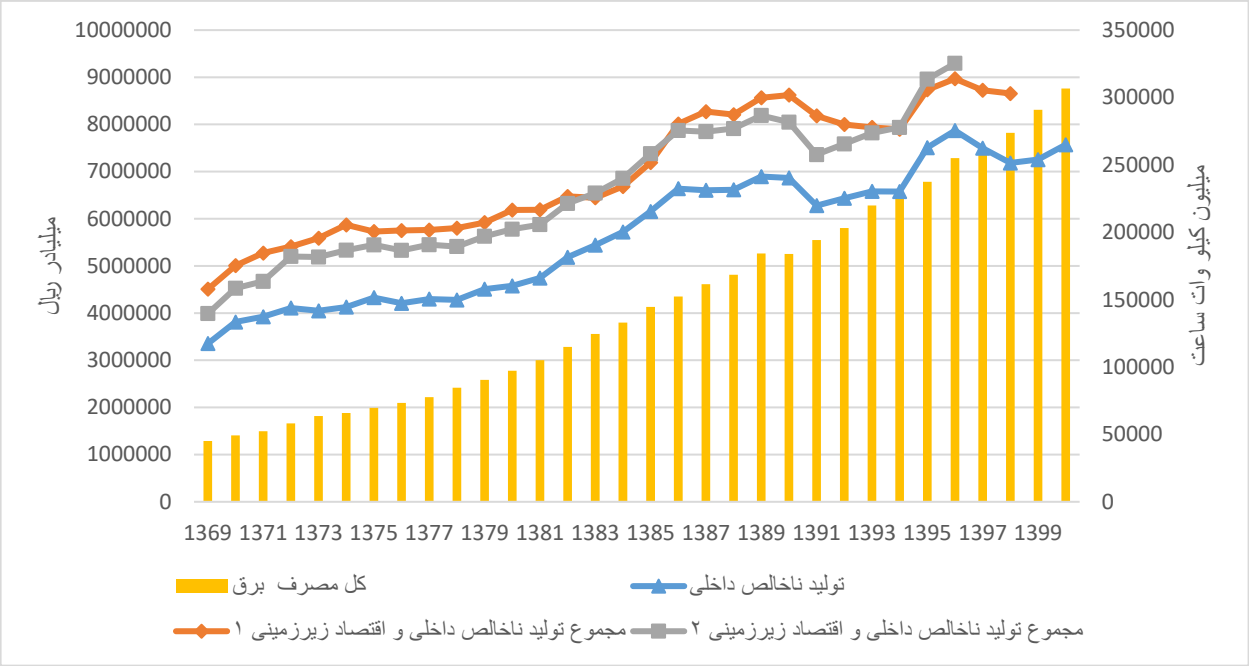
بسبی و همکاران (2016) بیان کردند که رابطه بین غیررسمی بودن و شدت انرژی با دو نیروی رقیب توضیح داده می‌شود که در جهت‌های مخالف کار می‌کنند. از یک طرف، سطوح بالاتر اندازه بخش غیررسمی به سطوح پایین‌تر استفاده از انرژی منجر می‌شود. چون بخش غیررسمی مجبور است برای اجتناب از نظارت توسط عوامل قانونی بر مقیاس کوچک‌تری عمل کند، بخش غیررسمی تمایل دارد با به کار بردن سرمایه کمتر و نیرو کار بیشتر عمل کند. شدت نیروی کار معمولا با سطوح کمتر استفاده از انرژی مطابقت دارد، افزایش در اندازه بخش غیررسمی احتمالا به سطوح کمتر استفاده از انرژی منجر می‌شود. از طرف دیگر، در کشورهایی با قواعد قانونی ضعیف، نهادهای ضعیف و قدرت نظارت محدود، بخش غیر رسمی می‌تواند از هزینه‌های مرتبط با مصرف انرژی فرار کند و در بعضی موارد حتی به طور غیرقانونی و آزادانه به مصرف انرژی بپردازد. در نتیجه، در بخش غیررسمی تا زمانی که تولیدکننده تولید کل را افزایش می‌دهد، انرژی می‌تواند به وفور

[65] Elgin and Oztunali
[66] Torriti et al.

بدون هیچ هزینه یا نظارتی استفاده شود. این مکانیسم می‌تواند رابطه مثبت بین اندازه بخش غیررسمی و مصرف انرژی ایجاد کند؛ اما این مکانیسم جهانی نیست و معمولا برای اقتصادهای در حال توسعه با سطوح بالای غیر رسمی بودن رخ می‌دهد. این دو نیروی رقیب در جهت مخالف کار می‌کند، اولی برای یک محدوده وسیعی از اندازه بخش غیررسمی معتبر است و دومی تنها برای سطوح بالای غیر رسمی بودن رخ می‌دهد.

بنابراین با توجه به موارد فوق انتظار می‌رود که بخش غیر رسمی در اقتصاد ایران نقش مکمل بر اقتصاد رسمی داشته باشد. از طرف دیگر با توجه به سهم بالای اقتصاد غیر رسمی در ایران، بخش غیر رسمی می‌تواند از هزینه‌های انرژی فرار کند و در نتیجه می‌توان انتظار داشت که رابطه بین اندازه بخش غیررسمی و مصرف انرژی در ایران مستقیم باشد. در ادامه با توجه به نتایج دو مطالعه مدینا و شانایدر (2019) (مطالعه 1) و هاشمی و همکاران (2022) (مطالعه 2) حجم اقتصاد رسمی و غیر رسمی برای اقتصاد ایران محاسبه و در نمودار زیر با مصرف برق و تولید ناخالص داخلی رسمی مقایسه شده است.

نمودار 2-69: اقتصاد زیرزمینی و مصرف برق در دوره 1400-1369

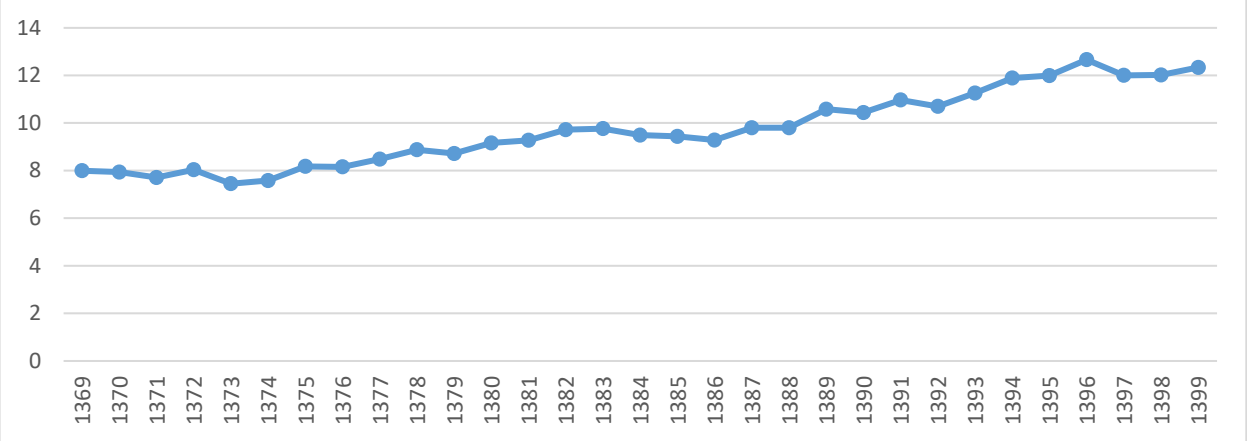


حجم اقتصاد غیر رسمی بر اساس مطالعه (1) به طور متوسط در بازه مورد بررسی 17 درصد از اقتصاد رسمی بیشتر بوده است و در بر اساس مطالعه (2) به طور متوسط 27 درصد از اقتصاد رسمی بیشتر بوده است؛ بنابراین بخشی از مصرف برق توسط بخش غیر رسمی توضیح داده خواهد شد. این موضوع در سال‌های اخیر با مطرح شدن بحث استخراج رمز ارزها ابعاد تازه‌ای نیز پیدا کرده است.

2-6-8- برقی شدن و مصرف برق

علم برقی شدن موضوع قابل توجهی در برنامه‌ریزی انرژی و توان الکتریکی است. یکی از شاخص‌های نشان دهنده سطح برقی شدن، نسبت مصرف برق به کل مصرف انرژی نهایی است. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که افزایش سطح برقی شدن از مزایای افزایش بهره‌وری انرژی و حفاظت از محیط‌زیست است.

نمودار 2-70: سهم مصرف نهایی برق از کل مصرف نهایی انرژی ایران



همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، سهم مصرف نهایی برق از کل مصرف نهایی انرژی در سال 1399 بیش از 50 درصد نسبت به سال 1369 افزایش پیدا کرده است و به 12 درصد در سال 1399 رسیده است درحالی‌که متوسط جهانی سهم مصرف نهایی برق از مصرف نهایی انرژی از 9/5 درصد در سال 1971 به 20 درصد در سال 2019 رسیده است. لذا انتظار می‌رود که این روند در ایران ادامه‌دار باشد و مصرف نهایی برق به دلیل ویژگی‌های خاصی که دارد مانند انتقال راحت‌تر، آلودگی کمتر و ... جایگزین مصرف سایر انواع انرژی شود. لذا می‌توان نتیجه گرفت که برقی شدن یکی از عواملی است که تقاضا برای برق را افزایش داده است درحالی‌که لزوماً تأثیری بر تولید نداشته است. برای مثال کارخانه‌ای که قبلا برای تولید از گاز طبیعی استفاده می‌کرد با تغییر تکنولوژی از برق به جای گاز استفاده می‌کند و تفاوتی در میزان تولید آن ایجاد نشده است.

2-6-9- اقتصاد دیجیتال و مصرف برق

افزایش مورد انتظار در برقی‌سازی سیستم‌های انرژی منجر به افزایش ارتباط بین ساختمان‌ها، صنعت و حمل‌ونقل با شبکه‌های برق شده است. این زیرساخت‌ها بدون مشارکت ابزارهای دیجیتال برای پشتیبانی از جمع‌آوری، انتقال، پردازش، ساخت پایگاه‌های اطلاعاتی و مدل‌ها و همگرایی به سمت تصمیم‌گیری بهینه قابل تحقق نیستند. ظهور سیستم‌های دیجیتالی شده با بهره‌برداری از هوش مصنوعی (AI) و امکان تصمیم‌گیری‌های نیمه تا کاملاً مستقل بخشی از

دیجیتالی‌سازی سیستم انرژی است (هیمن و همکاران،[۶۷] 2023)؛ بنابراین گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات را می‌توان یکی از دلایل جایگزینی برق نسبت به سایر انواع انرژی دانست. فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) به کلیه فناوری‌های ارتباطی از جمله رایانه، تلفن همراه، اینترنت، شبکه‌های بی‌سیم، نرم‌افزار، کنفرانس ویدیویی، تجارت، شبکه‌های اجتماعی و سایر برنامه‌ها و خدمات رسانه‌ای اطلاق می‌شود. کاندر و همکاران[۶۸] (2014) ادعا می‌کنند که ICT شکلی از توسعه اقتصادی با انرژی کمتر را امکان‌پذیر می‌کند و کاهش شدت انرژی اروپا از سال 1970 بیشتر به دلیل توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات است تا تغییر به سمت اقتصاد مبتنی بر خدمات. بخش ICT با توجه به رشد خارق‌العاده و اهمیت روزافزون آن در جامعه و زندگی روزمره مردم، تقاضای روزافزونی برای منابع (ساخت کلیه تجهیزات و دستگاه‌ها) و برق (راه‌اندازی زیرساخت‌ها و استفاده از دستگاه‌ها) را تجربه کرده است.

فناوری اطلاعات به عنوان یکی از راه‌های کارآمدتر کردن رشد اقتصادی با مصرف انرژی کمتر است. این ایده که تقاضای انرژی در کشورهای صنعتی می‌تواند کاهش یابد درحالی‌که رشد اقتصادی می‌تواند افزایش یابد، مبتنی بر دیدگاه شومپیتری است که فناوری اطلاعات جدید دستاوردهای صرفه‌جویی زیادی در انرژی ایجاد می‌کند (واکر،[۶۹] 1985). در دهه 1980، برخی از نویسندگان آینده‌نگر به این نکته اشاره کردند که درحالی‌که تقاضای کلی انرژی می‌تواند با حرکت اقتصادها به سمت استفاده بیشتر از فناوری اطلاعات کاهش یابد، افزایش استفاده از فناوری اطلاعات مصرف برق را افزایش می‌دهد. درحالی‌که تقاضای کلی انرژی ممکن است به شدت افزایش نیابد، اما فناوری اطلاعات به افزایش اهمیت برق در اقتصاد تمایل دارد (واکر، 1985).

در دهه 1990، پذیرش فناوری ارتباطات اطلاعات (ICT) به طور چشمگیری افزایش یافت. میلز (1999) تخمین زد که حداقل نیمی از رشد مصرف برق ایالات‌متحده در دهه گذشته از تجهیزات متصل به اینترنت ناشی شده است. علاوه بر این، برای هر 2000 کیلوبایت داده در حال انتقال در اینترنت، انرژی حاصل از یک پوند زغال‌سنگ برای ایجاد یک کیلووات ساعت برق مورد نیاز است. وی بیان می‌کند هرگونه افزایش در راندمان برق سنتی (مانند روشنایی، موتورها و تبرید) بیش از آن با افزایش شدید تقاضای برق ناشی از افزایش استفاده از اینترنت جبران خواهد شد.

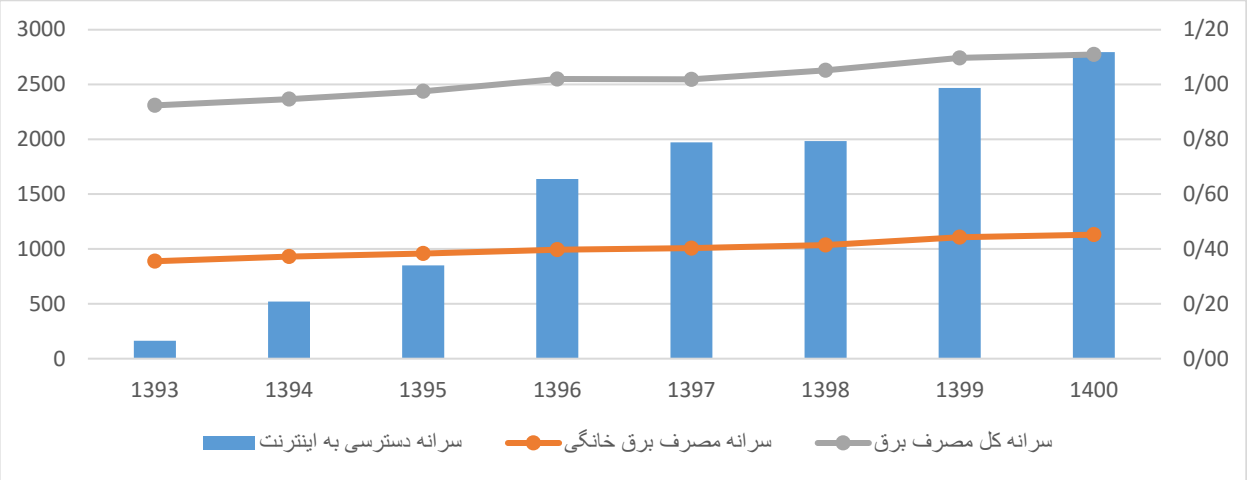
صنعت فناوری ارتباطات اطلاعات (ICT) در 20 سال گذشته با پذیرش گسترده رایانه‌ها، اینترنت و تلفن‌های همراه به سرعت رشد کرده است. درحالی‌که مصرف واقعی برق یک محصول خاص مانند تلفن همراه ممکن است زیاد نباشد، اما تأثیر استفاده از میلیون‌ها دستگاه ICT بر تقاضای برق می‌تواند قابل توجه باشد. صنعت ICT برای ارسال، دریافت و ذخیره داده‌ها به شبکه گسترده انرژی از نیمه هادی‌ها، برج‌های ارتباطی و مراکز داده وسیع مستقر در ساختمان‌های دارای تهویه مطبوع در سراسر جهان متکی است. علاوه بر این، تلفن‌های همراه سنتی (تلفن‌هایی که عمدتاً برای ارسال و دریافت تماس

[67] Heymann
[68] Kander et al.
[69] Walker

و پیام‌های متنی استفاده می‌شوند) به سرعت با تلفن‌های هوشمند جدیدی جایگزین می‌شوند که به کاربران اجازه می‌دهند در وب گشت‌وگذار کنند. تلفن‌های هوشمند و سایر دستگاه‌های ICT شخصی با اجازه دادن به افراد برای اشتراک‌گذاری داده‌ها، تصاویر و ویدئو، اثرات شبکه‌ای مثبتی را در میان کاربران ایجاد می‌کنند، اما این فعالیت‌ها تقاضا برای برق را افزایش می‌دهند.

امروزه فناوری ارتباطات اطلاعات نقش بیشتری را در اقتصادهای سراسر جهان ایفا می‌کند و برخی از سریع‌ترین نرخ‌های رشد در پذیرش فناوری اطلاعات و ارتباطات را می‌توان در کشورهای در حال توسعه جهان یافت. برای مثال، بین سال‌های 2000 تا 2010، اشتراک تلفن همراه به ازای هر 100 نفر در کشورهای توسعه یافته جهان 107 درصد، برای کل جهان 187 درصد و در کشورهای در حال توسعه 255 درصد افزایش یافته است. کاربران اینترنت به ازای هر 100 نفر در کشورهای توسعه یافته 102 درصد، در کل جهان 153 درصد و در کشورهای در حال توسعه جهان 235 درصد افزایش یافته است. در طول دوره 2002-2010، نسبت خانوارهای با دسترسی به اینترنت در کشورهای توسعه یافته 62 درصد، برای جهان 75 درصد و برای کشورهای در حال توسعه 123 درصد افزایش یافته است. در ایران آمار دسترسی به اینترنت نسل سوم و چهارم در دهه گذشته حاکی از گسترش سریع اینترنت نسل سوم و چهارم داشته است. نمودار زیر روند سرانه مصرف برق خانگی و کل مصرف برق را در کنار شاخص دسترسی به اینترنت نسل سوم و چهارم در ایران نشان می‌دهد.

نمودار 2-71: سرانه مصرف برق و دسترسی به اینترنت نسل سوم و چهارم در ایران



شاخص دسترسی به اینترنت نسل سوم و چهارم در ایران در سال 1393 کمتر از 0/1 بود درحالی‌که در سال 1400 این شاخص 1/1 رسیده است. این موضوع نشان می‌دهد که سرعت توسعه و دسترسی به اینترنت در ایران در سال‌های اخیر بسیار بالا بوده است. سیستم‌های پشتیبان ارائه‌دهنده این اینترنت و همچنین وسایل الکتریکی دریافت‌کننده اینترنت (گوشی، رایانه و ...) همگی به برق وابسته هستند و متناسب با دسترسی به اینترنت رشد داشته‌اند؛ لذا انتظار می‌رود تقاضا برق نیز از این محل، افزایش داشته باشد.

به طور کلی کاربردهای دیجیتالی شدن در ساختمان‌های مسکونی به ادغام حسگرهای دیجیتال، پردازنده‌ها و وسایل زندگی روزمره با استفاده از ارتباطات بی‌سیم برای بهینه‌سازی مصرف انرژی منجر می‌شود. انتظار می‌رود که عملکردهای کنترل در فناوری‌های مصرف‌کننده انرژی و روال‌های روزمره باعث بهبود کارایی انرژی قابل توجهی شود (گرابلر و همکاران،[۷۰] 2018). علاوه بر این، روشنایی هوشمند می‌تواند به کاهش قابل توجه تقاضای برق کمک کند. به عنوان مثال، بازده روشنایی LED بیش از 5 برابر لامپ‌های هالوژن و رشته‌ای معمولی است و دو برابر CFL ها است (EIA، 2019). با این حال، خدمات و راحتی‌های جدیدی که با دیجیتالی‌سازی به وجود می‌آیند، از جمله افزایش احتمالی مصرف برق آماده به کار توسط وسایل غیرفعال، احتمالاً صرفه‌جویی بالقوه را جبران می‌کند؛ بنابراین بررسی دقیق تغییرات تقاضای برق ایران ناشی از پیشرفت دیجیتال و توسعه اقتصاد دیجیتال نیاز به مطالعه جامع و عمیق در این زمینه دارد.

10-6-2- استخراج رمز ارزها

از سال 2009، ارزهای دیجیتال مختلفی ظهور کردند که با بیت کوین شروع شد که اولین کاربرد شناخته شده فناوری بلاک چین بود که در سال 2008 معرفی شد (ناکاموتو،[۷۱] 2008). این ارز به زودی به بزرگ‌ترین ارز دیجیتال جهان با ارزش بازار 614.9 میلیارد دلار در جولای 2021 در میان 5655 ارز رمزنگاری شناخته شده تبدیل شد (کاپ،[۷۲] 2020): اتریوم، تتر، بایننس، کاردانو و دوج کوین مجموعاً ارزش کل بازار 1.39 تریلیون دلار را تشکیل می‌دهند. میلیون‌ها معامله هر روز برای مبادله این ارزها انجام می‌شود و بازارهای سهام و عملیات آن‌ها در 24 ساعت شبانه‌روز و 7 روز هفته انجام می‌شود (استول و همکاران،[۷۳] 2019). مصرف انرژی الکتریکی ارزهای رمزپایه در مقایسه با عملکرد فنی آن‌ها بیش از حد است (سدلمیر و همکاران،[۷۴] 2020) و علیرغم کاربردهای امیدوارکننده آن‌ها، ارزهای رمزپایه به دلیل ردپای کربن بالای خود در گرم شدن کره زمین نیز نقش دارند (دوریس،[۷۵] 2021). پیش‌بینی شده است که بیت‌کوین به تنهایی می‌تواند دمای جهانی را تا 2 درجه سانتی‌گراد در سه دهه آینده افزایش دهد (مورا و همکاران،[۷۶] 2018). با توجه به ماهیت توزیع شده شبکه‌های ارزهای دیجیتال، به دست آوردن برآوردهای نزدیک از مصرف انرژی الکتریکی کار دشواری است (کوهلی و همکاران،[۷۷] 2023). برآوردهای حداقل و حداکثر توان تقاضا برای شبکه بیت کوین با توجه به مطالعات مختلف انجام شده بین سال‌های 2014 و 2018 در جدول زیر گردآوری شده است.

[70] Grubler et al.
[71] Nakamoto
[72] Cap
[73] Stoll et al.
[74] Sedlmeir et al.
[75] De Vries
[76] Mora et al.
[77] Kohli et al.

جدول 2-8: برآوردهای حداقل و حداکثر توان تقاضا برای شبکه بیت کوین

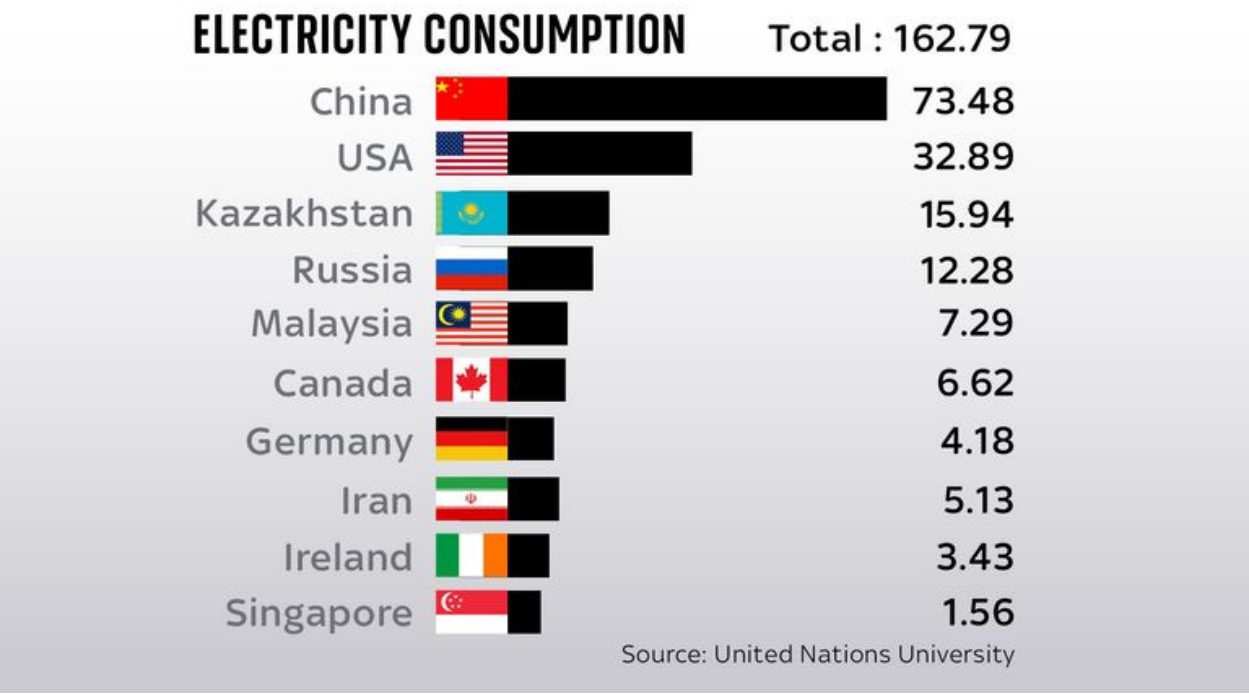
مطالعه	دوره	ارز مورد بررسی	میزان مصرف برق
De Vries (2018)	2018	بیت کوین	2.5 گیگاوات تا 7.67 گیگاوات
Küfeoglu and Özkuran (2019)	2018	بیت کوین	15.47 تراوات ساعت تا 50.24 تراوات ساعت
Zade et al. (2019)	2018	بیت کوین	22 تراوات ساعت تا 105 تراوات ساعت
Sedlmeir et al. (2021)	2020	رمز ارزهای مختلف	محدوده‌ای از 60 تراوات ساعت تا 125 تراوات ساعت در سال برای بیت کوین، 15 تراوات ساعت برای اتریوم و 100 تراوات ساعت برای بیت کوین کش را نشان داد.
CBECI (2021)	2021	بیت کوین	حداکثر و حداقل مصرف انرژی به ترتیب 26.09 تراوات ساعت تا 174.82 تراوات ساعت با برآورد 69.63 تراوات ساعت
De Vries (2021)	2021	بیت کوین	184 تراوات ساعت

همان‌طور که در جدول فوق نیز مشاهده می‌شود، مطالعات مختلف برآوردهای متفاوتی از میزان مصرف برق ناشی از استخراج رمزارزها ارائه کرده‌اند.

بر اساس گزارش جدید در مورد اثرات مخرب زیست‌محیطی، مصرف برق برای استخراج بیت کوین در مقایسه با مصرف برق بسیاری از کشورها بیشتر است. ماینینگ فرآیندی است که طی آن تراکنش‌ها به بلاک چین، دفتر کل ارزهای دیجیتال، اضافه شده و اعتبارسنجی می‌شوند. ماینرهای رقیب برای استفاده از رایانه برای حل پازل‌های پیچیده ریاضی با استفاده از سخت‌افزار بسیار قدرتمند رقابت می‌کنند و به عنوان پاداش تلاش‌های خود بیت کوین جدید دریافت می‌کنند. در سال‌های 2020 تا 2021، بیت‌کوین 173.42 تراوات ساعت برق مصرف کرد که رتبه بیست و هفتم در بین کشورها جهان است و از کشورهایی مانند پاکستان با جمعیتی بیش از 230 میلیون نفر مصرف برق بیشتری دارد (Skye News، 2023).

در مطالعه‌ای که سازمان ملل انجام داد در سال 2021 چین با فاصله زیادی نسبت به سایر کشورها بزرگ‌ترین کشور استخراج کننده بیت کوین بود، اما پس از اینکه پکن اقدامی تهاجمی برای سرکوب این روش انجام داد، ایالات‌متحده آمریکا پیش افتاد. دانشگاه سازمان ملل 10 کشوری که بیشترین استخراج بیت کوین را داشته‌اند بر اساس میزان مصرف برق عملیات استخراج بیت کوین در سال‌های 2021-2020 رتبه‌بندی کرده است که در نمودار زیر نشان داده شده است (Skye News، 2023).

نمودار 2-72: میزان مصرف برق عملیات استخراج بیت کوین در سال‌های 2021-2020



کشورهای فوق 92 درصد برق مصرف شده برای استخراج بیت کوین در سال‌های 2020 و 2021 را به خود اختصاص داده‌اند. در این گزارش ایران با 5/13 تراوات ساعت در رتبه 7ام قرار دارد.

مطابق با اعلام مسئولان وزارت نیرو، مصرف ماینرهای ارزهای دیجیتال در سال 1399 چیزی حدود 2000 مگاوات ساعت برآورد شده است (MihanBlockchain, 2021). اگرچه آمار دقیقی از میزان مصرف در ماینرهای ارزهای دیجیتال در دسترس نیست اما با توجه به موارد فوق می‌توان مصرف برق ناشی از ماینرهای ارزهای دیجیتال را در سال‌های 1399 و 1400 را سالانه بین 2000 تا 3000 مگاوات ساعت در نظر گرفت که حدود یک درصد از کل مصرف برق کشور است؛ بنابراین با به توجه به اینکه این مصارف نوظهور است و قبلا در شبکه وجود نداشته است، یکی دیگر از دلایل افزایش تقاضا برای برق را می‌توان استخراج رمزارزها دانست.

3- فهرست منابع

- گزارش‌های رسمی بانک مرکز و مرکز آمار ایران در مورد تولید ناخالص ملی، سال‌های 1383-1399.
- آمار تفصیلی صنعت برق، سال‌های مختلف.
- مرکز پژوهش‌های مجلس (1394)، ابهام در آمارهای شدت انرژی و مقایسه ایران با کشورهای جهان (گزارش 1). شماره مسلسل 14300.
- Hondroyiannis, G., Lolos, S., & Papapetrou, E. (2002). Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece. Energy economics, 24(4), 319-336.
- Huang, W.H., 2015. The determinants of household electricity consumption in Taiwan: evidence from quantile regression. Energy 87, 120–133.
- Jones, R.V., Fuertes, A., Lomas, K.J., 2015. The socioeconomic, dwelling and appliance related factors affecting electricity consumption in domestic buildings. Renew. Sustain. Energy Rev. 43, 901–917.
- Kavousian, A., Rajagopal, R., Fischer, M., 2013. Determinants of residential electricity consumption: using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. Energy 55, 184–194.
- Kwakwa, Adjei Paul, Electricity consumption in Egypt: a long-run analysis of its determinants, OPEC Energy Review 41 (1) (2017) 3–22.
- Kwon, S., Cho, S. H., Roberts, R. K., Kim, H. J., Park, K., & Yu, T. H. E. (2016). Short-run and the long-run effects of electricity price on electricity intensity across regions. Applied Energy, 172, 372-382.
- McLoughlin, F., Duffy, A., Conlon, M., 2012. Characterising domestic electricity consumption patterns by dwelling and occupant socio-economic variables: an Irish case study. Energy Build. 48, 240–248.
- Niu, S., Zhang, X., Zhao, C., Niu, Y., 2012. Variations in energy consumption and survival status between rural and urban households: a case study of the Western Loess Plateau. China. Energy Policy 49, 515–527.
- Olaniyan, M.J., Evans, J., 2014. The importance of engaging residential energy customers' hearts and minds. Energy Policy 69, 273–284.
- Polemis, M. L. (2007). Modeling industrial energy demand in Greece using cointegration techniques. Energy Policy, 35(8), 4039-4050.
- Sari, R., Ewing, B. T., & Soytas, U. (2008). The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United States: an ARDL approach. Energy Economics, 30(5), 2302-2313.
- Tapsın, G. (2017), "The link between industry value added and electricity consumption", European Science Journal, Vol. 13, pp. 41-56.

- Toru Ota, Makoto Kakinaka, Koji Kotani, (2018) Demographic effects on residential electricity and city gas consumption in the aging society of Japan, Energy Pol. 115.
- Wen-Hsiu Huang, The determinants of household electricity consumption in Taiwan: evidence from quintile regression, Energy 87 (2015) 120–133.
- Yi-Hua Wu, Chao-Hsi Huang, Geng-Yuan Chen, Tzu-Yar Liu, The power demand forecast of residential and service sectors in Taiwan, Journal of Taiwan Energy, March (2015) 1–14.
- Yohanis, Y.G., 2012. Domestic energy use and households' energy behaviour. Energy Policy 41, 654–665.
- Yohanis, Y.G., Mondol, J.D., Wright, A., Norton, B., 2008. Real-life energy use in the UK: how occupancy and dwelling characteristics affect domestic electricity use. Energy Build. 40 (6), 1053–1059.
- Yu-Wen Su, Residential electricity demand in Taiwan: consumption behavior and rebound effect, Energy Pol. 124 (2019) 36–45.
- IEA. (2022). World Energy Outlook 2022.
- IEA, Electricity_Information_2019_Overview, International Energy Agency, 2019. http://wds.iea.org/wds/pdf/ele_documentation.pdf.
- Kander, A., Malanima, P., & Warde, P. (2014). Power to the people: energy in Europe over the last five centuries. Princeton University Press.
- Walker, W. (1985). Information technology and the use of energy. Energy Policy, 13(5), 458-476.
- Grubler, A., Wilson, C., Bento, N., Boza-Kiss, B., Krey, V., McCollum, D. L., ... & Valin, H. (2018). A low energy demand scenario for meeting the 1.5 C target and sustainable development goals without negative emission technologies. Nature energy, 3(6), 515-527.