توسعه مدل تقاضای انرژی در سطح ملی با استفاده از مدل ساز LEAP

محمد علی مرادی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، مرکز انتگراسیون انرژی
muhammad.morady@gmail.com
سمیه احمدی کارشناس ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی، مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی، (نویسنده مسئول)
sepide.ahmadi2006@gmail.com
مجید عمیدپور دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دکترای مهندسی سیستم‌های انرژی
amidpour@gmail.co

تاریخ دریافت : ۱۳۹۲/۵/۱ **تاریخ پذیرش : ۱۳۹۲/۸/۲۵**

چکیده:
برنامه‌ریزی انرژی و بهره‌گیری از ابزارهای طراحی سیاست‌های انرژی و زیست محیطی یکی از مهمترین مسائل استراتژیکی است که جهت تأمین تقاضای انرژی در جوامع امروزی بدان پرداخته می‌شود. از این رو در این مقاله، ساختار مصرف نهایی انرژی در ایران با استفاده از مدل ساز لیپ تصویر گردیده است. بدین منظور، در مرحله نخست ساختار مصرف انرژی کشور تحلیل شده و رفتار تاریخی سیستم انرژی ارزیابی گردیده است. سپس، روش مدلسازی سیستم تقاضای انرژی کشور (مبانی محاسبات و فرمولاسیون مدل) در بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی با رویکرد مدلسازی از پایین به بالا، مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش شبیه سازی سیستم تقاضای انرژی در پنج گروه اصلی خانگی، تجاری و خدمات عمومی، حمل و نقل، کشاورزی و صنعت و همچنین بخش فرعی روشنایی معابر انجام شده و تقاضای انرژی نهایی و مفید در هریک از زیر بخش‌های آنها تا افق ۱۴۲۰ برآورد شده است.
در ادامه، اعتبار سنجی نتایج مدلسازی از طریق مقایسه برآورد مدل در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۸ با داده‌های واقعی انرژی مصرف شده، با استفاده از دو معیار MAPE و MSPE انجام شده است. در نهایت نتایج حاصل از مدلسازی در زیر بخش های مختلف انرژی با توجه به روند شاخص‌های مختلف، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج حاصل از مدلسازی بیانگر رشد فزاینده تقاضای انرژی در زیر بخش‌های مختلف در رشد اقتصادی مورد نظر می‌باشد. این موضوع بیانگر آن است که جهت نیل به اهداف چشم انداز کشور، شدت انرژی و همچنین مصرف انرژی به طرز شگفت‌آوری افزایش می‌یابد که این موضوع نیازمند حرکت به سمت بهره‌گیری بهینه از منابع می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدلسازی انرژی، تقاضای انرژی، مدلساز LEAP
طبقه بندی JEL : Q41 و D12

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

۱- مقدمه

افزایش مشکلات زیست محیطی ناشی از رشد مصرف جهانی انرژی، برنامه‌ریزی انرژی و بهره‌گیری از ابزارهای طراحی سیاست‌های انرژی و زیست محیطی را از اهمیت زیادی برخوردار نموده است، تا بتوانند علاوه بر تعیین مسیر ارزیابی فنی و اقتصادی، برای طراحی استراتژی‌ها و سیاست‌های انرژی به صورت جامع مورد استفاده قرار گیرند. این ابزارها که به مدل‌های برنامه‌ریزی انرژی معروفند، پس از شوک نفتی دهه هفتاد برای نخستین بار با هدف حرکت در مسیر دستیابی به سبد سوختی بهینه برای سیستم انرژی، توسعه داده شدند و معمولاً به دو دسته عمده مدلهای عرضه و تقاضای انرژی تقسیم بندی می‌شوند. اولین مدل‌های تقاضای انرژی بر مبنای تئوری‌های اقتصادسنجی بود، و تقاضای انرژی را با شاخص‌های اقتصاد کلان مانند تولید ناخالص ملی، همبسته می‌کردند. این مدل‌ها با استفاده از زبان‌های ساخت‌یافته ایجاد شده و متکی بر الگوریتم‌های ریاضی بودند که اطلاعات آنها مطابق با جریان ساخت‌یافته الگوریتم‌های بهم پیوسته سازماندهی می‌شدند. طی دهه هفتاد طبیعت یکپارچه مباحث انرژی و برهم کنش‌های آن با موضوعات اقتصادی و زیست محیطی به شدت گسترش یافت. توسعه فن‌آوری اطلاعات به طور گسترده‌ای بر پیچیدگی این مدل‌ها تاثیرگذار بود. مدل‌های تک بعدی برای برنامه‌ریزی سیستم انرژی پیچیده مناسب نبودند و به واسطه ساختار ناکارآمد این مدل‌ها، اثرات گسترش مصرف انرژی روی محیط زیست در دهه هفتاد نادیده گرفته شدند. لذا برای یکپارچه کردن موضوعات انرژی، اقتصاد و محیط زیست در یک چارچوب واحد به ابزارهای برنامه‌ریزی جدید نیاز بود.

رویکردها و روش‌های مدل سازی تقاضای انرژی در سطح کاربردی بسیار متنوع بوده و از مدل‌های ساده آماری تا مدل‌های پیچیده تلفیقی[۱] را در بر می‌گیرد. در واقع، ابتدا با استفاده از روشهای ساده آماری، مصرف انرژی در آینده برونیابی می‌شود و سپس روش‌های آماری بسط و گسترش یافته و روش‌های آماری چند متغیره، به وجود آمده است. استفاده از اقتصادسنجی در جهت روش شناسی اقتصادی روز به روز بهبود یافته و این تلاش‌ها در دو محور متفاوت بسط و توسعه یافتند. به این ترتیب مدل‌های مبتنی بر تئوری‌های اقتصاد خرد و مدل‌های مبنی بر تئوری‌های اقتصاد کلان (مدل‌های جایگزین) تدوین گردیدند. نظر به اینکه در مدل‌های

۱ . مدل تلفیقی شامل بهره‌گیری از روش‌های آماری، اقتصاد سنجی و مهندسی فرایندی در یک چارچوب واحد می‌باشد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

اقتصادسنجی و آماری روابط فنی وسایل انرژی در نظر گرفته نمی‌شد، با طرح این واقعیت که می‌توان با افزایش راندمان وسایل مذکور شدت انرژی را کاهش داد و از همبستگی یکسویه مصرف انرژی و تولید به میزان قابل توجهی کاست، روش‌های مهندسی یا تحلیل فرآیند به وجود آمدند. در نظر نگرفتن متغیرهای اقتصادی نظیر قیمت و درآمد از معایب این مدل‌ها بشمار می‌رود. نیاز به داشتن اطلاعات دقیق و تفصیلی، استفاده از آنها را محدود نمود (مؤسسه مطالعات، ۱۳۷٦- رستمی حضوری، ۲۰۰٦). در روش‌های تلفیقی که در آن، روش‌های مهندسی ـ اقتصادسنجی و یا سایر روش‌ها به کمک یکدیگر می‌آیند، مدل‌های تلفیقی تدوین می‌شوند (پارکا، ۲۰۱۳- گووا، ۲۰۱۲).

۲- بررسی مطالعات پیشین

مدل سیستم تقاضای انرژی کشور در بخش‌های مختلف اقتصادی-اجتماعی تا کنون مورد بررسی بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. از جمله پژوهش‌های انجام شده می‌توان به برآورد تقاضای انرژی بخش خانگی با رویکرد تابع انعطاف پذیر ایده‌آل اشاره کرد که توسط جناب آقای منظور و همکارانشان انجام شده است. در این مطالعه، تقاضای هریک از حامل‌های انرژی به تفکیک برق، گاز طبیعی و سایر فرآورده‌ها (نفت سفید، نفت گاز و گاز مایع) در بخش خانگی ایران با استفاده از فرم تابعی انعطاف‌پذیر موضعی «سیستم تقاضای تقریبا ایده‌آل (AIDS) » با استفاده از سری زمانی ۱۳۸٤-۱۳۵۰، مدلسازی شده و در نهایت انواع کشش‌های تقاضا شامل کشش‌های درآمدی، قیمتی، متقاطع، جانشینی آلن و جانشینی موریشیما محاسبه شده‌اند (منظور، ۱۳۸۸). همچنین تقاضای انرژی مفید این بخش در استان تهران با استفاده از مدل تقاضای انرژی MADE-II توسط فاکهی و همکاران مورد بررسی قرار گرفت تا با استفاده از مدل مذکور انرژی مفید مورد نیاز بخش‌های گرمایش، سرمایش، تبرید، روشنایی، الکتریسیته غیر قابل جایگزین و ... برآورد گردد (فاکهی خراسانی، ۱۳۸۵).

بخش حمل و نقل توسط جناب آقای مزرعتی مورد بررسی قرار گرفت و اهمیت این بخش در تقاضای انرژی و خصوصاً نفت و شیوه‌های مختلف مدل سازی تقاضا معرفی شد. در پژوهش مذکور اثر نفوذ پذیری تکنولوژی جدید، اثرات بازگشتی، سوخت‌های رقیب، راندمان و کارایی خودروها بر مصرف سوخت در بخش حمل و نقل مورد مطالعه قرار گرفته است (مزرعتی، ۱۳۸۸). همچنین برآورد تقاضای انرژی مفید این بخش در دوره ۲۵ ساله توسط جعفرآبادی و همکارش مورد بررسی قرار گرفته است که در آن انرژی مورد نیاز بخش حمل و نقل در سه

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

سناریو ادامه روند موجود، رشد مبتنی بر برنامه چهارم توسعه و رشد بالاتر از برنامه چهارم توسعه، طی سالهای ۱٤۰۹-۱۳۸٤ پیش بینی شده است (جعفرآبادی، ۱۳۸٦).

موسوی حقیقی و همکارش با استفاده از روش پویایی سیستمی تاثیر تغییرات شدت انرژی در بخش صنعت بر شاخصهای زیست محیطی و اقتصادی در افق چشم انداز سال ۱٤۰٤ را مورد بررسی قرار داده است. در نهایت آنها بدین نتیجه رسیدند که با توجه به محدودیت تولید و افزایش هزینه‌های تأمین انرژی در دوره‌های آینده، جهت گیری سیاستی صنایع کشور باید به سمت افزایش کارآیی مصرف انرژی از طریق بهبود تکنولوژی سوق داده شود (موسوی حقیقی، ۱۳۹۲). همچنین، در پژوهش سهیلی، میزان تأثیر متغیرهای قیمت و سطح فعالیتهای اقتصادی در تقاضای حاملهای انرژی در بخش کشاورزی در کوتاه مدت و بلندمدت با استفاده از یک الگوی پویای فرم تصحیح خطای خود توضیح باوقفه توزیعی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آن پژوهش نشان داد که کشش قیمتی کوتاه مدت و بلند مدت تقاضای برق و نفت گاز در بخش کشاورزی پایین است. پایین بودن کشش‌های قیمتی تقاضای نهاده‌های برق و نفت گاز در بخش کشاورزی حاکی از آن است که نمی‌توان صرفاً با بهره‌گیری از اهرم قیمت گذاری، رشد بالای مصرف این حاملها را در این بخش کنترل کرد. به همین دلیل استفاده از سایر ابزارهای مؤثر بر کنترل رشد مصرف این حاملها در بخش کشاورزی در کنار اهرم قیمتگذاری توصیه می‌شود (سهیلی، ۱۳۹۱).

از طرفی، تقاضای انرژی مفید در زیر بخش‌های مختلف اقتصادی- اجتماعی توسط فاکهی و همکاران با استفاده از نرم افزار MADE-2 مدلسازی شده که در آن پیش‌بینی تاثیر توزیع درآمد خانوار بر میزان تقاضای انرژی مفید در بخشهای مختلف اقتصادی را با در نظر گرفتن برخی پارامترهای برون زا مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند (فاکهی، ۱۳۸٦). هسنیجه و همکارانشان سیستم تقاضای انرژی ایران را مورد بررسی قرار داده و کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع توابع تقاضای هر یک از حامل‌های انرژی (برق، گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی) در اقتصاد ایران را تخمین زده و در نهایت تحلیل مقایسه‌ای از این کشش‌ها در بلند مدت ارائه داده‌اند. آنها در تحلیل کوتاه مدت این نتیجه را حاصل نمودند که تغییرات قیمت و درآمد می‌تواند منجر به واکنش‌های منطقی در تقاضای کل انرژی و تقاضای حامل‌های انرژی گردند. همچنین، در تحلیل بلند مدت نتایج نشان می‌دهد که تقاضای کل حامل‌های انرژی نسبت به تغییرات قیمت و درآمد رفتار منطقی را از خود نشان نمی‌دهد. کشش‌های متقاطع نیز نشان دادند که حامل‌های انرژی به صورت

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

مکمل یا جانشین رفتار منطقی از خود بروز نداده و مصرف داخلی آنها براساس سیاست‌ها شکل می‌گیرد (هسنیجه، ۱۳۸۷).

در این مقاله روند تقاضای انرژی ایران در زیر بخش‌های خانگی، تجاری و خدمات عمومی، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و روشنایی معابر با استفاده از مدلساز لیپ مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا روند تاریخی و ساختار مصرف انرژی ایران ارزیابی شده و پس از ایجاد چارچوب و روش مدلسازی، تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف بررسی و تشریح می‌گردد و در نهایت نتایج حاصل از مدلسازی مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

۳- بررسی وضعیت موجود تقاضای انرژی ایران

مصرف انرژی در ایران طی سی و هشت سال گذشته، از ۹۰ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۵۰، به بیش از ۱۱۴۹ میلیون بشکه معادل نفت در سال ۱۳۸۹ رسیده که حدود ۱۲/۸ برابر شده است. در همین دوره زمانی، نرخ رشد مصرف انرژی سالانه تقریباً ٦/٧٤ درصد بوده است. در یک دوره سی ساله، افزایش مصرف انرژی در بخش خانگی و تجاری به میزان ۱۳/٦ برابر، در بخش حمل و نقل ۹/٦ برابر، در بخش صنعت ٦/۳ برابر و در بخش کشاورزی، که پایین‌ترین سطح را داراست ٦/۳ برابر شده است. حتی با وجود افزایش تولید ناخالص داخلی کشور، بهره وری انرژی افت محسوسی نموده است. این مسئله گویای انتقال مصرف انرژی از بخش‌های پر بازده صنعت و کشاورزی به سمت بخش‌هایی با ارزش افزوده کم مانند بخش خانگی، تجاری و حمل و نقل بوده است. در سال ۱۳۸۹، سهم بخش‌های خانگی، تجاری و حمل و نقل در مصرف انرژی تقریباً ۷۵ درصد بوده است که به طور قابل توجهی بالاتر از مقدر ۳۹ درصد سال ۱۳۵۵ است. الگوی مصرف انرژی در ایران نمونه‌ای از یک کشور تولید کننده نفت مصرف گرا، پرجمعیت با بهره‌وری پایین می‌باشد. یک ویژگی متداول این الگوی مصرف ناپایدار، کارایی اندک مصرف کنندگان نهایی انرژی می‌باشد. در حالیکه مصرف جهانی انرژی خود را از رشد اقتصادی جدا کرده، و با نرخ کمتری رشد می‌کند، مصرف انرژی در ایران به طور قابل توجهی سریع‌تر از تولید ناخالص داخلی رشد کرده است. برای مثال، بین سال های ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۰، شدت انرژی[۱] در چین، فرانسه و ایالات متحده به ترتیب ٦٤/۲ ، ٦۳/۳ و ۲۷/۸ درصد کاهش یافته است. در ایران این مقدار ناباورانه بیش از ۲۸۰ درصد رشد

۱. میزان مصرف انرژی تقسیم بر تولید ناخالص داخلی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

کرده است. بنابراین پتانسیل صرفه جویی قابل ملاحظه‌ای در بخش انـرژی وجـود دارد. در صـورتیکه شدت انرژی به زیر مقدار سال ۱۹۷۶ برسد، در واقع کسری از انرژی اولیـه مـصرفی بـرای تـأمین آن کافی خواهد بود. برای نمونه، می‌توان تقاضای انرژی اولیه را به اندازه دو سوم مقدار فعلی آن کـاهش داد، بدون اینکه در کیفیت زندگی مصرف کنندگان تغییری بوجود آید. اما از آنجا که به احتمـال زیـاد، ایران در سال ۱۳۵۵ به صورت بهینه از انرژی اولیه استفاده نمی‌کرده است، ایـن تـصور کـه تنهـا یـک ششم یا یک هشتم انرژی اولیه مصرف شده در سال ۱۳۸۷ برای ایجاد خدمات واقعی انـرژی موجـود کفایت می‌کند، چندان غیر واقعی به نظر نمی‌رسد. البته لازم به ذکر است که واقعیت یافتن این تـصور نیاز به هزینه هنگفت و زمان طولانی همراه با مـدیریت قدرتمنـد خواهـد داشـت و اینکـه تحـول در سیستم انرژی در بلندمدت شکل می‌گیرد. رفتار تاریخی سیستم انرژی در ایران تابعی از سیاسـتگذاری و استراتژی دنبال شده در سال‌های اخیر بوده است. سیاست دنبال شده بـر مبنـای پوشـش دو هـدف شکل گرفته بود که هر یک در بطن دیگری قرار دارد: نخست، تأمین تقاضای رو به رشد مـصرف در همه بخش‌ها با افزایش عرضه انرژی اولیه در کنار پایین‌ترین قیمت‌های ممکن. دوم، افـزایش ظرفیـت صادرات نفت تا یک سطح مشخص. متنوع سازی عرضه انرژی‌های اولیه فسیلی بـا افـزایش ظرفیـت تولید گاز طبیعی در جهت این اهداف می‌باشد. هدف نخست، یعنی تأمین بیـشینه تقاضـای انـرژی بـا پایین‌ترین قیمت مورد ظن جدی قرار گرفته است. این سیاست انرژی همواره برقرار نبوده، و مـسئول اصلی بروز مشکلاتی نظیر رفتار اسراف کارانه و غیر مسئولانه مـصرف کننـدگان و گـسترش ناپایـدار سیستم حمل و نقل شخصی در کشور می‌باشد. افزایش قیمت‌های انرژی با هدف حـذف یارانـه‌هـای انرژی تأثیر جدی بر شرایط زندگی خانوارها دارد. خانوارهای روسـتایی بـا درآمـد پـایین، بـه شـدت آسیب پذیرند. جهت تسهیل اعمال تغییرات در سیاسـت قیمـت گـذاری انـرژی، توسـعه راهکارهـای اجرایی برای جبران کاهش درآمدهای خانوارها ضرورت تام دارد که مسکن‌های کوتاه مدت در قـانون هدفمند کردن یارانه‌های انرژی پیش‌بینی شده است. حذف یارانه انـرژی، منـابع مـالی عظیمـی را آزاد می‌کند که می‌تواند به محدود کردن انبساط پولی و بهبود تأمین اجتماعی منجر گـردد. محـدود کـردن انبساط پولی و پایین آوردن نرخ تورم عنصر اصلی سیاست گذاری برای پایدارسازی وضعیت اقتـصاد و بازار ایران خواهد بود. بازدهی پایین بخش‌های انرژی و صنعت که ناشی از فـن‌آوری‌هـای قـدیمی می‌باشد، منجر به افزایش مصرف انرژی شده است. فقدان یا کافی نبودن دانش فنی ایران مانعی بر سـر راه توسعه راهکارهای برنامه‌ریزی و بهره‌وری می‌باشد. علی رغم تحریم‌های اقتـصادی، ایـران تـلاش می‌کند تا برای تأمین این نیازها به فـن‌آوری‌هـای جدیـد دسـت پیـدا کنـد. در ایـن حـوزه، یکـی از سیاست‌های ایران ایجاد نیروگاه‌های هسته‌ای بوده، اگرچه این طرح تا کنون با چالش‌های جدی همراه بوده است. به نظر می‌آید که استراتژی انرژی که پیش از این دنبـال شـده، و مـشکلاتی کـه در همـین

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

بخش ذکر شد، یارانه‌های مصرف سوخت‌های فسیلی و فقدان هماهنگی موثر خط‌مشی انرژی، مهمترین عوامل عدم توسعه فناوری‌های تولید انرژی تجدیدپذیر در ایران می‌باشند. به طور کلی گلوگاه‌های اصلی ضعف سیستم انرژی ایران سه مولفه افزایش شدت مصرف انرژی، توسعه ناپایدار بخش حمل و نقل و رشد شتابان و تغییرات ساختاری در مصرف برق می‌باشند (ترازنامه هیدروکربوری، ۱۳۸۷-۱۳۹۰و ترازنامه انرژی-۱۳۸٤-۱۳۹۰).

٤- روش شناسی

٤-۱- کلیات مدلسازی

مدلسازی تقاضای انرژی ایران با ویژگی‌های چند بخشی، چند حاملی و بلند مدت انجام شده است؛ که تلفیقی از روش‌های مختلف برآورد تقاضا با استفاده از مدل‌های آماری، اقتصاد سنجی و شبیه‌سازی فنی و مهندسی در گروه‌های منتخب و بر اساس نیازها و بخش‌های مختلف مصرف کننده انرژی تا افق ۱٤۲۰ (۲۰٤۱) تحت سناریوهای منتخب و منطقی انجام خواهد گرفت. بخش تقاضا به ۵ بخش اصلی خانگی، تجاری، صنعت، حمل و نقل و کشاورزی و بخش فرعی روشنایی معابر تفکیک می‌شود که هر کدام از این بخش‌ها به زیر بخش‌های مختلف تقسیم شده و در نهایت به فنآوری ختم می‌گردند.

٤-۱-۱- بخش خانگی

نکاتی که در ارتباط با مدل سازی انرژی در بخش خانگی حائز اهمیت است، عبارتند از:

- تا آنجا که تخمین راندمان فنآوری مصرف نهایی میسر باشد در کنار تقاضای انرژی نهایی، تقاضای انرژی مفید[1] نیز برآورد شده است.
- روش مدل سازی آنالیز فعالیت (در بخش مدلسازی توضیح داده شده است) می‌باشد.
- واحد سنجه پارامتر فعالیت، خانوار است. البته در خروجی‌ها شاخص مصرف بر حسب مترمربع نیز برآورد شده است که از مدل لجستیک برای برآورد تقاضای مسکن و در نتیجه مترمربع بهره گرفته شده است.
- حامل‌های انرژی مورد استفاده در بخش خانگی فرآورده‌های نفتی (نفت سفید، نفت گاز و گاز مایع)، گاز طبیعی، برق، خورشیدی، چوب/ بوته و فضولات دامی می‌باشد.
- متغیرهای تاثیرگذار بر تحولات تقاضای انرژی بخش خانگی شامل رشد جمعیت، بعد خانوار، قیمت انرژی، متغیرهای اقلیمی، برنامه‌های توسعه فنآوری، توسعه گازرسانی و استانداردها می‌باشند.

1. Useful energy

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

- انتشارات زیست محیطی تنها به صورت آلایندگی جوی در نظر گرفته شده است کـه ناشـی از مصرف سوخت‌های فسیلی در این بخش می‌باشد.
- روشنایی به صورت انرژی مفید مدل سازی شده است.
- امکان جایگزینی بین حامل‌های انرژی در زیربخش‌های گرمایش و سرمایش فضا، پخت و پـز و آبگرم مصرفی وجود دارد.
- بخش خانگی به شهری و روستایی و هرکدام از زیربخش‌ها به گازدار و بدون گاز تقسیم بندی شده است.

۲-۱-٤- بخش تجاری و اداری

ساختار اجزاء بر اساس کدهای ISIC انجام گرفته است که نشانگر وجود ۱۰ زیر بخش اصـلی در بخش تجاری ایران است. این زیر بخش‌ها به ترتیب اهمیـت ارزش افـزوده در تقاضـای انـرژی بخش تجاری چیده شده‌اند. نکاتی که در ارتباط با مـدل سـازی و تحلیـل بخـش تجـاری (شـامل تجاری، اداری و عمومی) مد نظر خواهد بود عبارتند از:

- تحلیل تقاضا بر اساس تقاضای انرژی مفید (از طریق اعمال راندمان تبدیل) انجام گرفته است.
- واحد فعالیت بخش تجاری ارزش افزوده می‌باشد.
- تفکیک و ساختار بر اساس کدهای دو رقمی ISIC صورت گرفته است.
- منظور از بخش تجاری کلیه فعالیت‌هایی است که محصول آنها به جای تولید کـالای فیزیکـی، خدمات می‌باشد.
- امکان جایگزینی بین حامل‌های انرژی در زیربخش‌های گرمایش و سرمایش فضا، پخت و پـز و آبگرم مصرفی وجود دارد.
- انتشارات زیست محیطی تنها به صورت آلایندگی جوی در مدلسازی لحاظ شده است.

۳-۱-٤- بخش صنعت

مواردی که در ارتباط با مدل سازی و تحلیل انرژی بخش صنعت مد نظر بوده است عبارتند از:

- مدل سازی با استفاده از روش آنالیز فعالیت صورت گرفته است.
- واحد حجم فعالیت در بیشتر موارد بر حسب واحد فیزیکی بوده و در برخـی مـوارد از واحـد پولی (ارزش افزوده) استفاده شده است.
- طبقه بندی بر حسب کد ISIC و با پوشش ٤۰ زیر بخش صنعتی اصلی انجام گرفته است.
- در این مطالعه، به جای دادن رشد به صنایع مختلف از روش استفاده از مجوزهای صنعتی بهره

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

گرفته شده است که به صورت طبقه بندی شده در بانک اطلاعات وزارت صنایع موجود می‌باشند. همچنین مقادیر رشد صنایع باید با اطلاعات رشد تاریخی ارزش افزوده رسته‌های صنایع بر اساس طبقه بندی ISIC هماهنگ باشند.

- شدت مصرف انرژی در تمام رسته‌های صنعتی شناسایی نشده است که در اینگونه موارد از ممیزی‌های پراکنده انجام گرفته در داخل کشور و همچنین از مقادیر کشورهای دیگر با تعدیل کردن با موارد داخل کشور بهره برداری شده است.
- صنایع کشور به دو رسته صنایع بزرگ (بالای ۵۰ نفر کارکن) و صنایع کوچک (کمتر از ۱۰ کارکن) و متوسط (بین ۱۰-۵۰ کارکن) تقسیم بندی شده‌اند که هر کدام از این زیربخش‌ها سایر زیربخش‌ها را نیز پوشش خواهد داد.
- سوخت‌های اصلی مورد نیاز در بخش صنعت شامل برق، نفت کوره، گاز طبیعی (سوخت و خوراک)، نفت گاز، زغال سنگ، گاز مایع (صنایع کاشی و سرامیک) نفت سفید و اندکی بنزین است.
- ارتباط بین قیمت با شدت مصرف انرژی و همچنین ارتباط بین رشد اقتصادی با تولید صنعتی در پارامترها برقرار شده است.
- انتشار آلایندگی به صورت آلایندگی جوی و با لحاظ کردن مقادیر کشورهای همسان و یا سایر کشورها و به خصوص ضرایب مناسب از مرجع IPCC اخذ شده است.

٤-١-٤- بخش حمل و نقل

به طور کلی در مدل سازی بخش حمل و نقل کشور موارد زیر مد نظر قرار گرفته است:

- مدل سازی با استفاده از ترکیب روش‌های آنالیز حمل و نقل[1] و آنالیز فعالیت[2] صورت گرفت.
- خودروهای سبک، موتورسیکلت، باری و ناوگان عمومی درون شهری و برون شهری از هم تفکیک شده‌اند.
- خودروهای سبک شامل سواری، وانت و ون می‌باشد.
- در شبیه سازی ناوگان‌ها هماهنگی کامل با سبد سوخت خودروهای سبک وجود دارد.
- ضرایب انتشار آلایندگی جوی در مدل سازی لحاظ شده است.
- واحد حجم فعالیت شامل نفر- کیلومتر و تن- کیلومتر می‌باشد.

1. Transport Analysis
2 . Activity Analysis

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

- در روش آنالیز حمل و نقل ناوگان، فروش سوخت و تعداد ناوگان، عمر ناوگان و سایر پارامترهای مورد نیاز مد نظر بوده است.
- در ناوگان باری به دلیل فقدان اطلاعات مستند ناگزیر باید از تقریب‌های مختلف در کنار انجام اعتبارسنجی داده‌ها و تکیه بر شواهد استفاده کرد.
- تاکسی جزء ناوگان نیمه عمومی محسوب می‌گردد.
- موتور سیکلت به سه دسته دو زمانه، چهار زمانه و گازی تقسیم بندی شده است.

٥-١-٤- بخش کشاورزی

در مدل سازی تقاضای بخش کشاورزی ایران موارد زیر مد نظر قرار گرفته است:

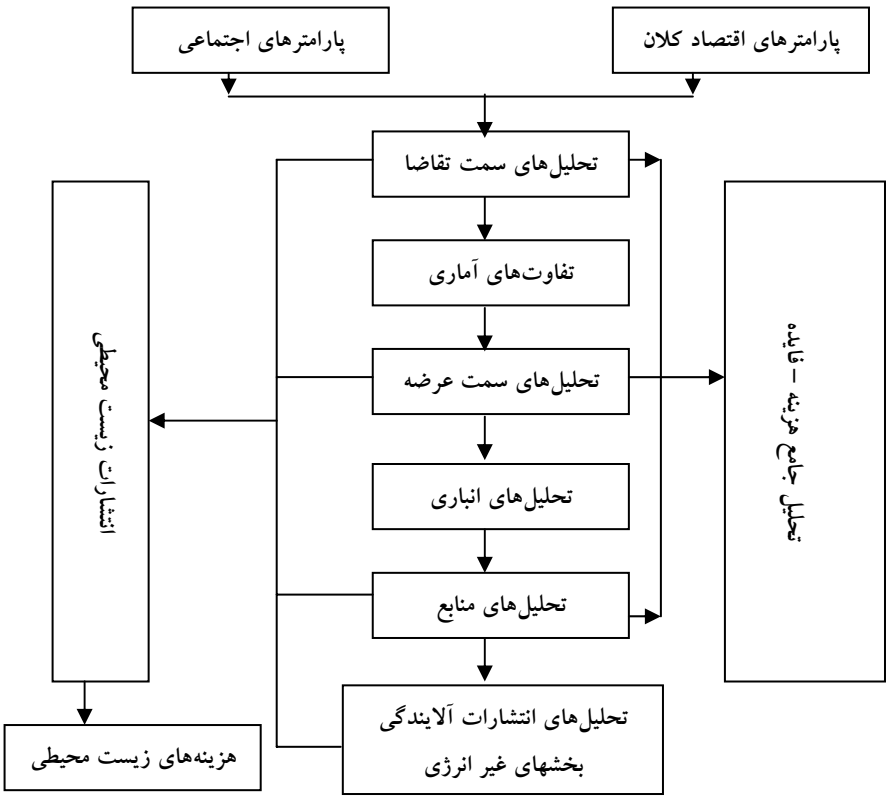
- سهم عمده تقاضای انرژی بخش کشاورزی مربوط به زراعت/باغداری، پرورش ماکیان و تولید محصولات گلخانه‌ای می‌باشد.
- برای مدل سازی زیربخش‌های مختلف کشاورزی از روش‌های مختلف آنالیز فعالیت و آنالیز حجمی استفاده شده است.
- شدت مصرف در اغلب بخش‌ها برآوردی بوده و از طریق محاسبات فنی مهندسی برآورد شده است.
- روش اصلی محاسبات برآورد تقاضا با تاثیر مدل‌های پیچیده درونزا و متکی بر روش آنالیز فعالیت بوده است.
- انتشارات آلایندگی به صورت آلایندگی جوی و از ضرایب انتشارات کشورهای همسان و یا از دستورالعمل‌های IPCC بهره گرفته شده است.
- سوخت‌های اصلی مصرفی بخش کشاورزی شامل نفت گاز، گاز طبیعی، نفت سفید، گاز مایع، بنزین و در آینده سوخت‌های جایگزین خورشید، بیوماس و منابع انرژی باد و آبی می‌باشد.
- به طور کلی در تنظیمات اولیه مدل سال ١٣٧٨ به عنوان سال پایه، بین ١٣٧٨ تا ١٣٨٩ سال‌های پیشین و سال ١٣٩١ به عنوان سال نخست شبیه سازی مد نظر است و افق مدل نیز سال ١٤٢٠ می‌باشد. شبیه سازی به طور کامل در محیط لیپ و با استفاده از امکانات و قابلیت‌های آن جهت مدل سازی سیستم انرژی بوده است.

٢-٤- مدلسازی سیستم تقاضای انرژی

سیستم برنامه‌ریزی گزینه‌های انرژی در بلند مدت (لیپ)، ابزار مدل‌سازی جامع انرژی- اقتصاد- محیط زیست بر اساس سناریوهاست. سناریوها بر اساس چگونگی ساختار مصرف، تبدیل و تولید انرژی در منطقه یا اقتصاد خاصی تحت دامنه گسترده‌ای از گزینه‌های جمعیتی، توسعه

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

اقتصادی، فناوری، قیمت و امثال آن طراحی می‌شوند. این مدلساز، به دلیل ساختار داده‌های انعطاف‌پذیر، امکان تجزیه و تحلیل قدرتمند مشخصه‌های فناوری و جزئیات مصارف نهایی را بر اساس انتخاب کاربران فراهم می‌کند (مؤسسه محیط زیست استکهلم، ۲۰۱۱). از این رو از آن به عنوان ابزار پیش بینی که کاربران را قادر می‌سازد تا عرضه و تقاضای انرژی را در افق برنامه‌ریزی پیش بینی نمایند، استفاده می‌گردد. جریان محاسبات در مدلساز لیپ در شکل (۱) ارایه شده است.



شکل (۱) : جریان محاسبات در مدل ساز لیپ

۳-٤- فرمولاسیون مدلسازی

منطق فرمولاسیون مدل ساز لیپ بسیار ساده و مبتنی بر محاسبات سلسله مراتبی و سیستماتیک است. مدل سازی انرژی در سمت تقاضا بسته به نوع بخش، دسترسی به اطلاعات و همچنین میزان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

دقت و تفصیل مدل سازی به سه روش مختلف صورت می‌گیرد که این روش‌ها عباتند از:

- ✓ روش تحلیل فعالیت
- ✓ روش تحلیل حمل و نقل
- ✓ روش تحلیل موجودی[1]

روش نخست یعنی تجزیه و تحلیل فعالیت، عمومی‌ترین روش مدل سازی تقاضای انرژی با استفاده از مدل ساز لیپ است که شامل دو رویکرد تحلیل انرژی نهایی و یا تحلیل انرژی مفید می‌باشد. در تحلیل انرژی نهایی، تقاضای انرژی به صورت ضرب سطح فعالیت در شدت انرژی[2] در هر فنآوری مشخص حاصل می‌گردد. تقاضای انرژی برای سال‌های پایه و یا آتی در هر سناریو محاسبه می گردد. در واقع از رابطه زیر استفاده می‌شود [۲۰].

$$D_{b,s,t} = TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t} \quad (۱)$$

که در رابطه فوق، D تقاضای انرژی نهایی، TA کل فعالیت، EI شدت انرژی، b شاخه فناوری منفردی که با یک سوخت مشخص شده است، s سناریو و t هم نمایانگر زمان (سال) می‌باشد.

سطح فعالیت کل برای یک شاخه فنآوری از حاصلضرب سطوح فعالیت در تمامی شاخه‌های پشت سر (از فنآوری تا شاخه اصلی تقاضا) بدست می‌آید و با رابطه زیر قابل بیان خواهد بود:

$$TA_{b,s,t} = A_{b1,s,t} \times A_{b2,s,t} \times A_{b3,s,t} \times \ldots \quad (۲)$$

که در رابطه بالا A_b سطح فعالیت در شاخه b_1، b_2 سرشاخه b_1 و b_3 مادر بزرگ شاخه b_1 خواهد بود.

در تجزیه و تحلیل تقاضای انرژی مفید، شدت انرژی نه برای فنآوری، بلکه برای یک نیاز اصلی انرژی تعریف می‌گردد. در این روش تنها یک شدت مصرف تعریف و در کنار بازدهی تبدیل و سهم انواع سوخت‌ها مشخص می‌گردد. فرمولاسیون برای هر شاخه فنآوری در سال پایه به صورت زیر خواهد بود:

$$UE_{b,0} = EI_{AG,0} \times FS_{b,0} \times EFF_{b,0} \quad (۳)$$

$$UE_{AG,0} = \sum_{b=1}^{B} UE_{b,0} \quad (۴)$$

1 . Stock Analysis
2 . Energy Intensity

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

که b=1…B

در رابطه بالا $UE_{b,0}$ نمایانگر شدت انرژی مفید فنآوری b در سال پایه، $FS_{b,0}$ سهم انواع سوخت‌ها در سال پایه، $EI_{AG,0}$ شدت مصرف نهایی انباشتی[1] در سال پایه، و $EFF_{b,0}$ بازدهی و b نیز یکی از شاخه‌های فنآوری B می‌باشد.

همانطوریکه در رابطه (٤) مشاهده می‌شود، شدت انرژی مفید انباشتی از جمع شدت انرژی مفید شاخه‌های فنآوری b حاصل می‌گردد. بعنوان مثال برای شدت انرژی مجموعه تولید برق در نیروگاه باید شدت انرژی تمامی فناوری‌های در فرآیند تولیدی آن نیروگاه با یکدیگر جمع گردد.

در حالت سناریو، شدت مصارف نهایی انرژی برای هر فنآوری از رابطه زیر بدست می آید.

$$EI_{b,s,t} = UI_{AG,s,t} \times AS_{b,s,t} / EFF_{b,s,t} \quad (٥)$$

که در رابطه بالا، $UI_{AG,s,t}$ انرژی مفید انباشتی تحت سناریوی s در زمان t و $AS_{b,s,t}$ سهم از فعالیت فنآوری b تحت سناریوی s در زمان t می‌باشد.

کل تقاضای انرژی برای هر فنآوری به صورت زیر بدست می‌آید که در واقع همانند محاسبات مربوط به انرژی نهایی در قسمت‌های قبلی خواهد بود.

$$D_{b,s,t} = TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t} \quad (٦)$$

کاربرد روش دوم بیشتر در بخش خانگی و تجاری می‌باشد که از روش سطح فعالیت در آن‌ها بهره گرفته شده است. روش سوم تنها در بخش حمل و نقل کاربرد دارد و در قیاس با روش تحلیل فعالیت، اطلاعات دقیق تر و مدل سازی تفصیلی‌تری را ارایه می‌دهد. در یک شاخه معین معادلات زیر الگوریتم محاسبات حمل و نقل را تشکیل می‌دهند. برای برآورد تعداد خودروها در هر سال از روابط زیر استفاده می‌گردد:

$$Stock_{b,t,v} = Sales_{b,t} \times Survival_{b,t-v} \quad (٧)$$

$$Stock_{b,t} = \sum_{v=0}^{V} Stock_{b,t,v} \quad (٨)$$

که در رابطه فوق b نوع فنآوری (یعنی شاخه فنآوری)، v سال افزوده شدن فنآوری، t سال، Sale میزان فروش هر وسیله در یک سال معین، Stock ناوگان در یک سال معین و Survival

1 . Aggregate

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

منحنی جایگزینی وسایل در سال‌های مختلف است (این منحنی بیانگر این نکته است که در هر سال از عمر وسیله چند درصد از آن وسیله در ناوگان موجود است). در تحلیل ناوگان به طور معمول به جای شدت مصرف انرژی از اقتصاد سوخت استفاده می‌گردد که بیانگر مصرف سوخت در ۱۰۰ کیلومتر و یا میزان پیمایش با مصرف واحد سوخت می‌باشد و از آنجاکه اقتصاد سوخت اندازه‌گیری شده اغلب مربوط به خودرو در کارخانه می‌باشد، با افزایش عمر به تدریج این میزان دچار تغییراتی می‌گردد. البته در نرم افزار لیپ امکان تعریف اقتصاد سوخت با واحدهای مختلف نظیر لیتر در ۱۰۰ کیلومتر، کیلومتر بر لیتر، مایل بر لیتر و ... وجود دارد. برای محاسبه این پارامتر در لیپ از رابطه زیر بهره گرفته می‌شود:

$$FuelEconomy_{b,t,v} = FuelEconomy_{b,t} \times FeDegradation_{b,t-v} \quad (۹)$$

در رابطه بالا FuelEconomy بیانگر مصرف سوخت بر مسافت خودروی صفر کیلومتر بوده و FeDegradation ضریب کاهش اقتصاد سوخت با افزایش عمر خودروست.

منظور از پیمایش در ادبیات مدل لیپ جمع کل ترددهای خودرو در طول سال بر حسب کیلومتر، مایل و یا سایر واحدهای مسافت می باشد. با توجه به اینکه معمولاً با افزایش عمر خودرو میزان بهره‌برداری از آن نیز به دلیل کاهش قابلیت اطمینان نزول می‌کند، از یک ضریب برای نشان دادن این تغییرات استفاده گردیده است.

$$Mileage_{b,v,t} = Mileage_{b,t} \times MlDegradation_{b,t-v} \quad (۱۰)$$

که در رابطه بالا،Mileage مسافت سالانه پیموده شده با خودرو بوده و MlDegradation نیز تغییرات در مسافت با افزایش عمر خودرو می باشد.

همچنین برای محاسبه میزان مصرف سوخت خودروی معین از رابطه زیر استفاده شده است.

$$EnergyConsumption_{b,t,v} = Stock_{b,t,v} \times Mileage_{b,t,v} \times FuelEconomy_{b,t,v} \quad (۱۱)$$

امکان مدل سازی میزان انتشار آلاینده‌ها در بخش حمل و نقل از دو طریق به انتخاب کاربر و دسترسی به داده‌ها میسر می‌باشد که تفاوتی در میزان برآورد با استفاده از هرکدام از دو روش وجود ندارد. این دو روش شامل روش انتشارات آلایندگی مسافت محور و انتشارات آلایندگی انرژی محور می‌باشند که در ادامه به این دو روش پرداخته خواهد شد. شایان ذکر است که داده‌ها به همدیگر قابل تبدیل می‌باشند. معمولاً انتشارات آلایندگی خودروهای موجود بر حسب میزان مسافت طی شده اندازه‌گیری می‌شوند که در اینصورت از واحدهایی همانند گرم آلایندگی بر کیلومتر و یا گرم آلایندگی بر مایل استفاده می‌کنند. در صورت وجود اطلاعات از این نوع، کاربر

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

اطلاعات مذکور را با ایجاد تنظیماتی در لیپ تغذیه می‌نماید و مدل ساز لیپ با استفاده از رابطه (۱۲) میزان انتشار آلایندگی را محاسبه می‌نماید.

$$Emission_{b,t,v,p} = Stock_{b,t,v} \times Mileage_{b,t,v} \times EmissionFactor_{b,t,p} \times EmDegradation_{b,y-v,p} \quad (۱۲)$$

که در رابطه بالا p اندیس مربوط به هر آلایندگی شناخته شده بوده، EmissionFactor نرخ آلایندگی خودروهای جدید (مثلاً Gramm/Veh-mile) می‌باشد که می‌تواند به صورت عدد مطلق، تابع ریاضی و یا به صورت فراخوان داده‌ها از دیگر نرم‌افزارها (مثلاً Excel) باشد. EmDegradation ضریب تغییرات ضرایب انتشار برای آلایندگی p در هر سال از عمر خودروست.

همانطور که تاکید شد بسته به نوع داده‌های آلایندگی موجود به صورت آزمایشگاهی و یا ناوگان خودرو از دو روش به انتخاب کاربر استفاده می‌گردد که روش دوم در ادامه ارایه گردیده است. این دو روش از نظر نتیجه تفاوتی با همدیگر ندارند.

$$Emission_{b,t,v,p} = EnergyConsumption_{b,t,v} \times EmissionFactor_{b,t,p} \times EmDegradation_{b,t-v,p} \quad (۱۳)$$

۵- اعتبار سنجی مدل

یکی از روش‌های اصلی اعتبارسنجی مدل مقایسه نتایج مدل با مقادیر تحقق یافته مصارف [۱۲-۱۹] در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸ می‌باشد. در ادامه اعتبارسنجی چندین مورد از خروجی‌های مدل انجام خواهد شد. هر قدر اختلاف بین محاسبات مدل و مقادیر تحقق یافته کمتر باشد نقطه قوتی برای مدل و اعتبار خروجی‌های آن تلقی می‌گردد.

در این قسمت نتایج برآورد مدل از میزان مصرف گازطبیعی در بخش خانگی ایران، برق در بخش تجاری و بنزین در بخش حمل و نقل برای نمونه ارایه شده‌اند. مصارف برآوردی مدل با مصارف تحقق یافته مقایسه خواهد شد تا بتوان میزان اعتبار نتایج را با آن سنجید. شکل (۲) و جدول (۱) میزان مصرف تحقق یافته، برآورد مدل و درصد خطای برآورد مدل را برای گاز طبیعی در بخش خانگی نشان می‌دهد. همچنین برای محاسبه اعتبار برآورد و میزان خطا از دو معیار میانگین درصد مطلق خط (MAPE)[1] و میانگین مربع درصد خطا (MSPE)[2] استفاده گردید که به

1. Mean Absolute Percent Error
2. Mean Square Percent Error

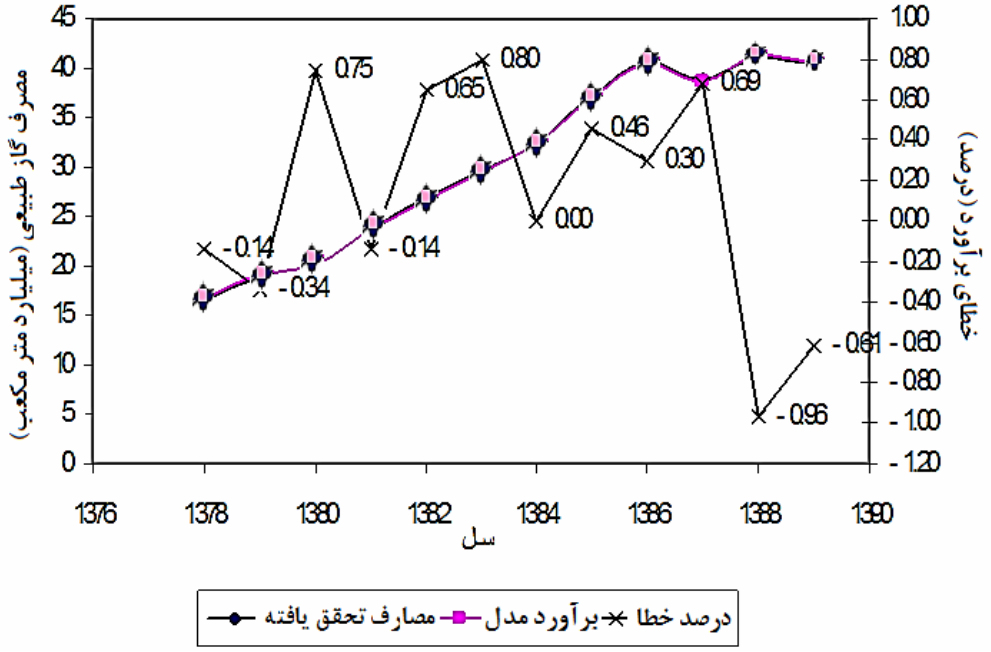
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

صورت زیر محاسبات را انجام می‌دهند.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} ABS((\frac{y_r - y_e}{y_r}) \times 100)}{n} \quad (۱۵)$$

$$MSPE = \frac{\sum_{i=1}^{n} ((\frac{y_r - y_e}{y_r}) \times 100)^2}{n} \quad (۱۶)$$

که در روابط بالا، y_r مقادیر برآورد شده توسط مدل، y_e مقادیر واقعی ثبت شده و n تعداد سال‌های تحقق یافته می‌باشد.



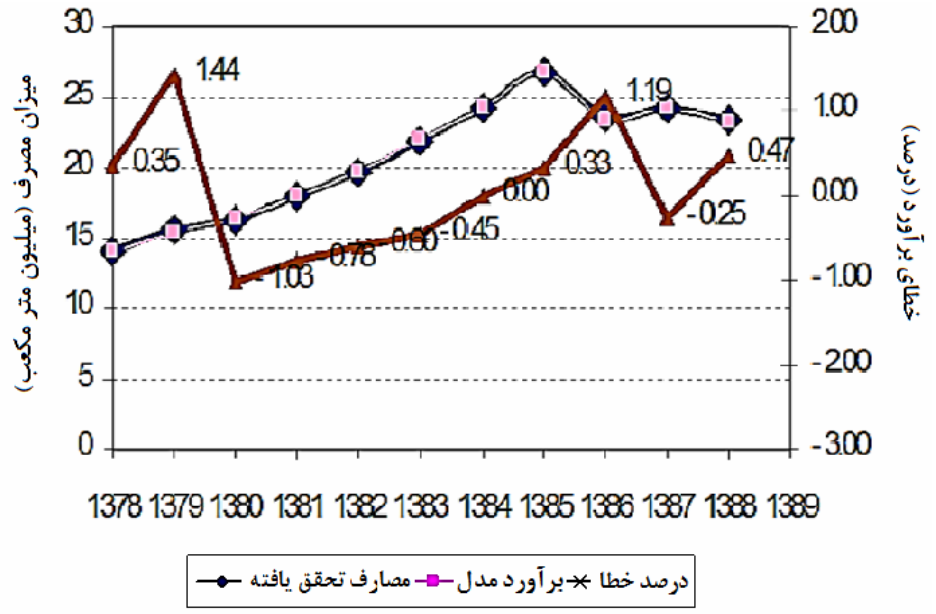
شکل (۲): محاسبه میزان خطای برآورد تقاضای گازطبیعی خانگی

همانطورکه از شکل بالا مشاهده می‌شود میزان خطای برآورد مدل در قیاس با مصارف تحقق یافته اندک بوده و این موضوع می تواند قوتی برای مدل در برآورد تقاضا محسوب گردد. همچنین در جدول (۲) اعتبار برآورد تقاضای برق در بخش تجاری با مقادیر اندازه‌گیری شده سنجیده شده است که نتایج بیانگر این است که معیار MAPE برابر ۰/٤٨ و معیار MSPE نیز معادل ۰/۳۲

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

می‌باشد. با توجه به پایین بودن این مقادیر (کمتر از ۱)، می‌توان گفت که کارکرد مدل با دقت مناسبی صورت می‌گیرد.

همچنین در جدول (۳) و شکل (۳) خطای برآورد تقاضای بنزین با مصارف واقعی در سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۹ سنجیده شده است که نتایج برآورد نشان می‌دهد مقادیر معیار MAPE برای بنزین ۰/٦٤ بوده و معیار MSPE نیز ۰/٦ می‌باشد که به دلیل پایین بودن این مقادیر می‌توان به اعتبار نتایج تکیه نمود. به دلیل گردآوری اطلاعات موجود و پردازش دقیق اطلاعات ورودی به مدل، خطاهای ایجاد شده چندان قابل ملاحظه نبوده و به کارگیری عملی مدل در برآورد تقاضای حامل‌های انرژی از اعتبار بالایی برخوردار است. دلیل این موضوع پایین بودن خطاهای برآورد در ۱۰ سال گذشته می‌باشد.



شکل (۳) : محاسبه میزان خطای برآورد مدل در تقاضای بنزین بخش حمل و نقل

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

جدول (۱) : مقایسه نتایج برآورد مصرف گازطبیعی در بخش خانگی با میزان مصارف تحقق یافته

(میلیارد مترمکعب)

متغیر/ معیار	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹
برآورد مدل	١٦/٦٣	١٩/٠١	٢٠/٣٠	٢٣/٦٣	٢٦/٩٧	٢٩/٧١	٣٢/٣٦	٣٧/٠٧	٤٠/٥٧	٣٨/٨٩	٤١/٠٠	٤٠/٤٧
مصارف تحقق یافته	١٦/٦٥	١٩/٠٨	٢٠/١٥	٢٣/٦٦	٢٦/٨٠	٢٩/٤٧	٣٢/٣٦	٣٦/٩٠	٤٠/٤٥	٣٨/٦٣	٤١/٤٠	٤٠/٧٢
خطا	-٠/٠٢	-٠/٠٧	٠/١٥	-٠/٠٣	٠/١٧	٠/٢٤	٠/٠٠	٠/١٧	٠/١٢	٠/٢٦	-٠/٤٠	-٠/٢٥
درصد خطا	-٠/١٤	-٠/٣٤	٠/٧٥	-٠/١٤	٠/٦٥	٠/٨٠	٠/٠٠	٠/٤٦	٠/٣٠	٠/٦٩	-٠/٩٦	٠-/٦١
MAPE	٠/٤٨											
MSPE	٠/٣٢											

مأخذ : محاسبات مؤلفین

جدول (۲) : مقایسه نتایج برآورد مصرف برق در بخش تجاری با میزان مصارف تحقق یافته

(میلیون کیلووات‌ساعت)

متغیر / معیار	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸
برآورد مدل	١٦/١٨٩	١٧/٢٧٥	١٨/٣٨٦	١٩/٥٨٣	٢١/٠٣٥	٢٣/٦٢٤	٢٥/٣٩٢	٢٧/٦٤٨	٢٩/٦	٣١/١٧١	٣٢/٨٤٢
مصارف تحقق یافته	١٦/١٩	١٧/٢٦	١٨/٣٥	١٩/٥٦	٢١/١٨	٢٣/٨٨	٢٥/١٩	٢٧/٦٥	٢٩/٦	٣١/١٧	٣٢/٨٤
خطا	٠/٠٠	٠/٠١	٠/٠٤	٠/٠٢	-٠/١٥	-٠/٢٦	٠/٢٠	٠/٠٠	٠/٠٠	٠/٠٠	٠/٠٠
درصد خطا	-٠/٠١	٠/٠٩	٠/٢٠	٠/١٢	-٠/٦٨	-١/٠٧	٠/٨٠	-٠/٠١	٠/٠٠	٠/٠٠	٠/٠١
MAPE	٠/٣٠										
MSPE	٠/٢٣										

مأخذ : محاسبات مؤلفین

جدول (۳) : مقایسه نتایج برآورد مصرف بنزین در بخش حمل و نقل با میزان مصارف تحقق یافته (میلیارد لیتر)

متغیر/ معیار	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸٥	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸
برآورد مدل	١٤/١٥	١٥/٦٠٢	١٦/٣٥٣	١٧/٩٠٨	١٩/٦٠١	٢١/٩	٢٤/٢٩	٢٦/٧٩٦	٢٣/٥٨٩	٢٤/٢٣٣	٢٣/٣٤
مصارف تحقق یافته	١٤/١	١٥/٣٨١	١٦/٥٢٣	١٨/٠٤٩	١٩/٧١٩	٢٢	٢٤/٢٩	٢٦/٧٠٩	٢٣/٣١٢	٢٤/٢٩٤	٢٣/٢٣
خطا	٠/٠٥	٠/٢٢	-٠/١٧	-٠/١٤	-٠/١٢	-٠/١١	٠/٠٠	٠/٠٩	٠/٢٨	-٠/٠٦	٠/١١
درصد خطا	٠/٣٤	١/٤٤	-١/٠٣	-٠/٧٨	-٠/٦٠	-٠/٤٩	٠/٠٢	٠/٣٣	١/١٩	-٠/٢٥	٠/٤٧
MAPE	٠/٦٤										
MSPE	٠/٦٠										

مأخذ : محاسبات مؤلفین

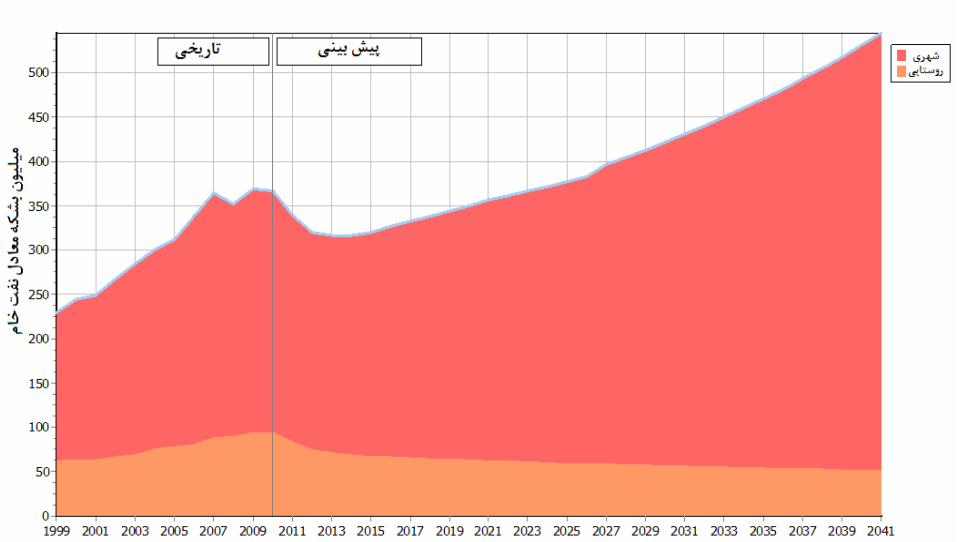
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

٦- نتایج اجرای مدل

١-٦- بخش خانگی:

حامل‌های انرژی مصرفی در بخش خانگی عبارتند از: گازطبیعی، نفت سفید، نفت گاز، گاز مایع و برق. چشم‌انداز تقاضای کل حامل‌های انرژی به تفکیک دو بخش شهری و روستائی در شکل (٤) نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، میزان تقاضای انرژی نهایی در خانوارهای شهری طی سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰٤۱ روند افزایشی داشته ولی در خانوارهای روستائی این میزان کاهش می‌یابد که مهمترین دلیل آن مهاجرت خانوارها از روستاها به شهرها می‌باشد به گونه‌ای که طی سال‌های مذکور حدوداً ۸۵ درصد از تقاضای انرژی بخش خانگی، به خانوارهای شهری اختصاص دارد. بررسی نتایج بیانگر آن است که در بخش خانگی، گاز طبیعی بیشترین سهم در تأمین تقاضا را به خود اختصاص داده که خود دارای روند صعودی بوده بگونه‌ای که میزان آن در سال پایانی چشم انداز (١٤٢٠) به ٤٧/٩٤٧ میلیارد متر مکعب خواهد رسید. نفت سفید دومین حامل انرژی فسیلی پر مصرف بخش خانگی است که تقاضای آن بدلیل گاز رسانی به خانوارها طی سالهای مختلف روندی نزولی را دارا می‌باشد. نتایج مدل بیانگر این است که تقاضای گاز مایع در بخش خانگی علیرغم انتظار کاهش مصرف آن به دلیل توسعه گاز رسانی، رو به افزایش می‌باشد که بخشی از آن به دلیل مطرح بودن گاز مایع به عنوان سوخت تمیز و لوکس در مناطق بدون گاز و جایگزینی آن در مصارف نهایی گرمایش آب و پخت و پز است و بخش دیگری از آن بدلیل پایین بودن قیمت نسبی گازمایع در بخش خانگی بعد از اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌هاست. اما یکی از مهمترین حامل‌های انرژی در بخش خانگی برق است که میزان مصرف آن در انتهای سال ۱۳۸۸ بالغ به ٥٥٦۲۹/٦ میلیون کیلوات ساعت بود. انتظار می‌رود روند رشد تقاضای این حامل انرژی در بخش خانگی حتی با وجود افزایش قابل توجه قیمت و رشد فنآوری تداوم داشته باشد و میزان مصرف به ۱۰۷۲٥۰ میلیون کیلووات‌ساعت در سال ١٤٢٠ بالغ گردد. که عامل اصلی افزایش مصرف علیرغم افزایش شدید قیمت و رشد فنآوری، افزایش شدید تعداد خانوارها و به تبع آن تعداد واحدهای مسکونی است.

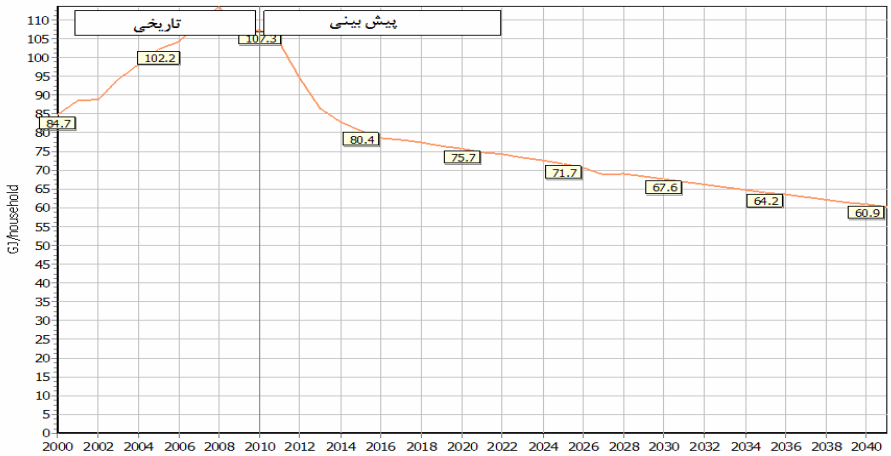
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]



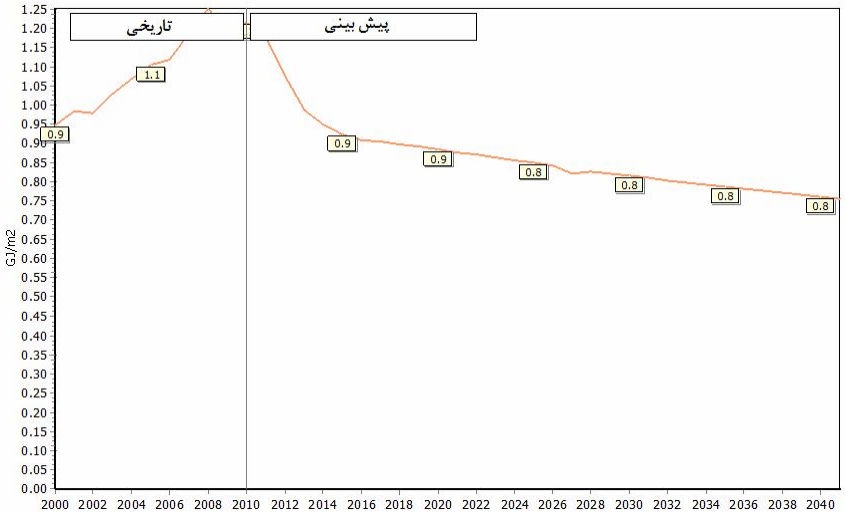
شکل (٤) : چشم انداز تقاضای کل حامل‌های انرژی در بخش خانگی ایران (میلیون بشکه معادل نفت خام)

ملموس‌ترین شاخص‌هایی که برای بخش خانگی در قسمت Indicators مدل توسعه داده شده، تعریف شدند، شاخص مصرف کل انرژی بر خانوار و متر مربع و شاخص مصرف برق بر خانوار و متر مربع است که در شکل‌های (٥) و (٦) نشان داده شده‌اند. بررسی نتایج اجرای مدل نشان می‌دهد که شاخص شدت مصرف کل انرژی بر خانوار در انتهای سال ۱۳۸۸ بالغ بر ۱۰۷ گیگاژول بر خانوار (۲۸٤۱ مترمکعب معادل گازطبیعی) بوده است که انتظار می‌رود تحت سناریوی مرجع به حدود ٦۰/۹ گیگاژول بر خانوار برسد. همچنین، انتظار می‌رود که کل شدت مصرف انرژی در بخش خانگی ایران از حدود ۱/۱۷۷ گیگاژول (۳۲۷ کیلووات ساعت) بر مترمربع در سال ۱۳۸۸ به حدود ۰/۷٥٦ گیگاژول (۲۱۰ کیلووات ساعت) بر مترمربع در سال ۱٤۲۰ برسد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]



شکل (۵) : چشم انداز تغییرات شدت مصرف انرژی بر خانوار تحت سناریوی مرجع



شکل (٦) : چشم انداز تغییرات شدت مصرف برق بر مترمربع واحد مسکونی در بخش خانگی ایران

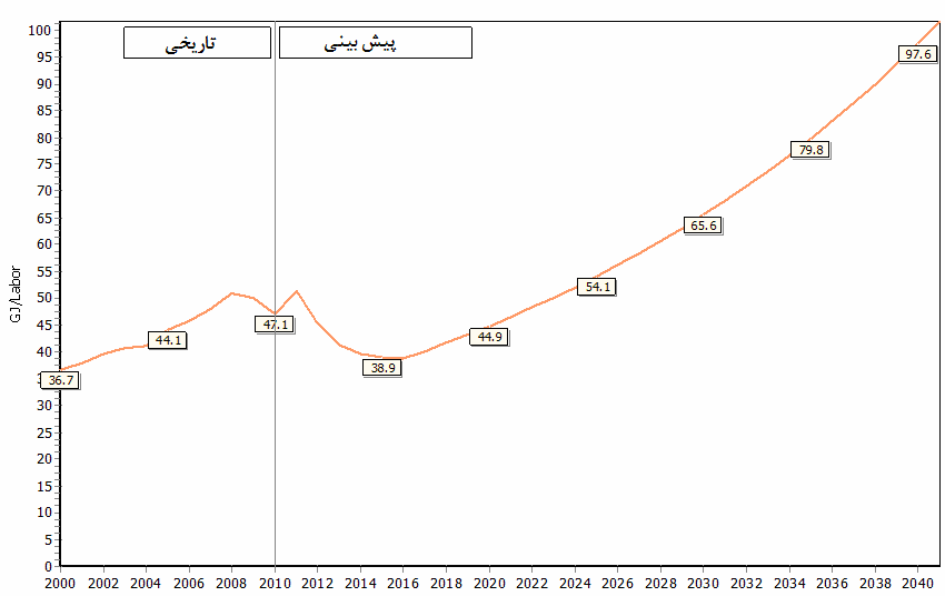
۲-٦- بخش تجاری و اداری:

شاخص‌هایی که برای پایش وضعیت و روند تاریخی مصرف انرژی در بخش تجـاری در نظـر گرفته شده است عبارتند از: شاخص مصرف انرژی بر نفر شاغل، شاخص مصرف انرژی بر میلیون

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

ریال ارزش افزوده، شاخص مصرف برق بر نفر شاغل و شاخص مصرف برق بر میلیون ریال ارزش افزوده بخش تجاری.

نتایج اجرای مدل نشان می‌دهد که شدت مصرف انرژی به ازای نفر شاغل در بخش تجاری کشور از ۵۰/۲ گیگاژول بر نفر شاغل در بخش تجاری به ۱۰۱/٦ گیگاژول بر نفر در سال ۱٤۲۰ خواهد رسید که این موضوع در شکل (۷) نشان داده شده است. شایان ذکر است که شاخص مزبور در سال ۲۰۰۰ در کره جنوبی معادل ۵۲ گیگاژول بر نفر و در سال ۲۰۰۷ در ترکیه ۱۱/۳ گیگاژول بر نفر شاغل بوده است.

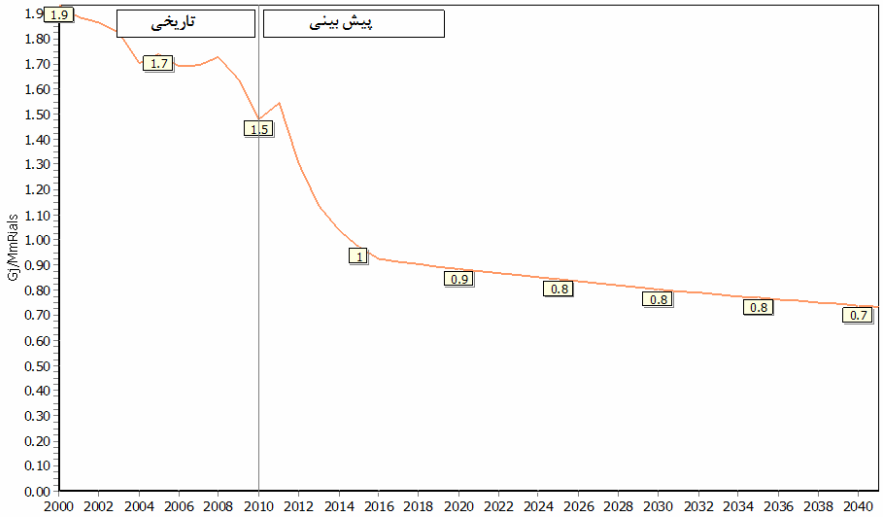


شکل (۷) : چشم انداز شاخص مصرف انرژی بر نفر شاغل در بخش تجاری ایران

از طرف دیگر شاخص مصرف انرژی بر میلیون ریال ارزش افزوده به عنوان یک شاخص سنجش کارایی انرژی در بخش تجاری مطرح است (شکل ۸). بررسی نتایج مدل نشان می‌دهد که مقدار این شاخص از ۱/٦۳۷ گیگاژول بر میلیون ریال در سال ۱۳۸۸ به حدود ۰/۷۳٤ گیگاژول بر میلیون ریال در سال ۱٤۲۰ خواهد رسید. در مورد برق نیز شدت مصرف برق بر نفر شاغل از ۳۲۱۵ کیلووات ساعت بر نفر شاغل در سال ۱۳۸۸ به ۱۰٦۲۷کیلووات ساعت بر نفر شاغل در سال ۱٤۲۰ خواهد رسید. این شاخص در سال ۲۰۰۰ برای کره جنوبی ٤٦٤٤ و برای ترکیه در سال ۲۰۰۰ برابر ۲۳۳٦ و در سال ۲۰۰۸ نیز ۲۸٤۳ کیلووات ساعت بر نفر شاغل بوده است. همچنین

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

شدت مصرف برق بر میلیون ریال ارزش افزوده در سال ۱۳۸۸ بالغ بر ۱۰۵ کیلووات ساعت بوده است که انتظار می رود علیرغم روند افزایشی آن در دنیا، در ایران با کاهش همراه باشد و به عدد ۷٦ کیلووات ساعت در سال ۱٤۲۰ بالغ گردد. پتانسیل بالای صرفه جویی انرژی در زیربخش‌های مختلف دلیل اصلی کاهش شدت مصرف انرژی در ایران می‌باشد.



شکل (۸) : چشم انداز شاخص مصرف انرژی بر میلیون ریال ارزش افزوده در بخش تجاری ایران

۳-٦- بخش صنعت:

گازطبیعی در بخش صنعت بزرگترین حامل تأمین کننده تقاضاست که به دو صورت خوراک و سوخت مصرف می‌گردد. یکی از مصارف اصلی خوراک در فنآوری احیای مستقیم برای تولید فولاد خام می‌باشد. میزان مصرف گاز طبیعی در بخش صنعت ایران در سال ۱۳۸۹ بالغ بر ۲۲۵۳۰ میلیون مترمکعب در سال بوده است که بنابر نتایج مدلسازی، این میزان ابتدا تحت تاثیر شوک حاصل از افزایش قیمت قرار می‌گیرد و به تدریج با افزایش سطح توسعه صنعتی کشور میزان مصرف افزایش می‌یابد. میزان مصرف گاز طبیعی با تداوم وضعیت فعلی به حدود ۳۷ میلیارد متر مکعب در چشم انداز۱٤۲۰ بالغ می‌گردد. با توجه به بالا بودن نسبی پتانسیل کاهش مصرف انرژی در این بخش انتظار می‌رود که مصرف گاز طبیعی از رشد بالایی برخوردار نباشد. در صورتیکه جایگزینی گاز طبیعی با فرآورده‌های نفتی بنا بر جهت‌گیری‌های گذشته تغییر نماید، مسلماً تقاضای گاز طبیعی در این بخش شدیداً افزایش خواهد یافت. بررسی نتایج مدل نشان می‌دهد که متوسط رشد تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت تحت سناریوی مرجع حدود ۱/٦۱ درصد در سال

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

خواهد بود. چشم انداز تقاضای گاز طبیعی در زیر بخش‌های مختلف صنعتی در جدول (٤) نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، متوسط رشد تقاضای گاز طبیعی در بخش صنعت ایران ۱/۵۵ درصد در سال خواهد بود که با متوسط رشد تقاضای صنایع بزرگ هماهنگ می‌باشد. دلیل این همگرایی سهم بسیار بالای صنایع بزرگ در مصرف انرژی بخش صنعت است. دلیل کاهش تقاضای گازطبیعی در صنایع کوچک انرژی بر، پتانسیل بالای صرفه‌جویی، رشد نسبتاً پایین اینگونه صنایع به دلیل افزایش قیمت حامل‌های انرژی و حرکت به سمت توسعه صنایع غیر انرژی بر نظیر تولید ماشین‌آلات و ساخت و ساز می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه در سیستم عرضه آب تنها از برق استفاده می‌شود میزان تقاضای گازطبیعی در این زیربخش صفر شده است.

جدول (٤) : چشم‌انداز تقاضای گازطبیعی در بخش صنعت ایران (سناریوی مرجع) (میلیارد مترمکعب در سال)

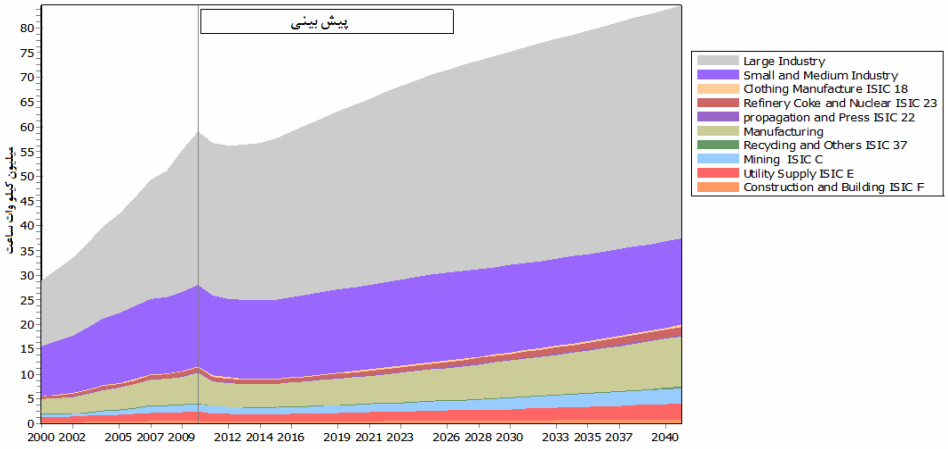
زیربخش‌های صنعتی	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۵	۱٤۰۰	۱٤۰۵	۱٤۱۰	۱٤۱۵	۱٤۲۰	متوسط رشد
صنایع بزرگ انرژی بر	۱۷/۴۹۴	۱۶/۷۴۳	۱۸/۰۰۱	۲۱/۱۱	۲۳/۸۷۲	۲۵/۹۳	۲۷/۷۰۵	۲۹/۲۲۵	۱/۸۵
صنایع کوچک و متوسط انرژی بر	۵/۲۴۳	۴/۸۶	۴/۸۲۲	۵/۲۳۲	۵/۵۴۳	۵/۵۷۶	۵/۶۰۲	۵/۶۲	۰/۲۴
ساخت پوشاک	۰/۰۴۷	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۵	۰/۰۵۸	۰/۰۶۸	۰/۰۷۹	۰/۰۹۲	۱/۹۹
صنایع چاپ و انتشار و تکثیر	۰/۰۰٤	۰/۰۰٤	۰/۰۰٤	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰٦	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۱/٤۸
تولید ماشین آلات صنعتی	۰/۹۹۶	۰/۹۱	۰/۹۰۷	۱/۰۵۹	۱/۲۳۴	۱/۴۳۶	۱/۶۶۸	۱/۹۳۴	۱/۹۵
سایر	۰/۰۲۷	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۳۹	۰/۰۴۵	۰/۰۵۲	۱/۹۵
استخراج معادن غیر از نفت و گاز و زغال سنگ	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	–
توزیع آب	۰/۱۰۱	۰/۰۹۳	۰/۰۹۲	۰/۱۰۸	۰/۱۲۶	۰/۱۴۶	۰/۱۷	۰/۱۹۷	۱/۹۶
ساخت و ساز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	–
جمع	۲۳/۹۱۲	۲۲/۶۷۷	۲۳/۸۹۴	۲۷/۵۹۱	۳۰/۸۷۲	۳۳/۲۰۱	۳۵/۲۷۶	۳۷/۱۲۸	۱/۵۵

مأخذ: محاسبات مؤلفین

همچنین، بخش صنعت بعد از بخش خانگی با اختصاص ۳۲ درصد از کل مصرف به خود دومین مصرف کننده برق کشور است. بررسی نتایج مدل سازی نشان می دهد که میزان تقاضای برق از ۵۳/۷ میلیارد کیلووات ساعت در سال ۱۳۸۸ به حدود ۸۵ میلیارد کیلووات ساعت در چشم‌انداز ۱٤۲۰ خواهد رسید. دلیل اصلی افزایش تقاضای برق، رشد بخش صنعتی کشور علیرغم افزایش قیمت برق و توسعه فنآوری بهبود انرژی، می‌باشد. در شکل (۹) چشم‌انداز تقاضای برق در

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

زیر بخش‌های صنعتی نشان داده شده است. با توجه به نتایج مدلسازی، انتظار می‌رود رشد تقاضای برق در بخش صنعت ایران سالانه ۱/۳٤ درصد باشد. متوسط رشد تقاضای برق در صنایع بزرگ انرژی بر حدود ۱/٥٦ درصد در سال و در صنایع کوچک انرژی بر نیز ۰/۲۹ درصد در سال خواهد بود. سهم این دو زیربخش در کل تقاضای برق بخش صنعت نزدیک ۷۵ درصد بوده و سهم صنایع بزرگ انرژی بر ۵۵ درصد و سهم صنایع کوچک و متوسط انرژی بر نیز ۲۰ درصد می‌باشد. بنابراین این دو زیربخش عامل تعیین کننده در چشم‌انداز تقاضای برق بخش صنعت محسوب می‌شوند. دلیل رشد پایین تقاضای برق در زیربخش صنایع کمتر انرژی بر، پتانسیل بالای صرفه‌جویی انرژی و کند شدن توسعه صنایع انرژی بر کوچک و متوسط در کشور به دلیل افزایش قیمت انرژی و بویژه برق می‌باشد.



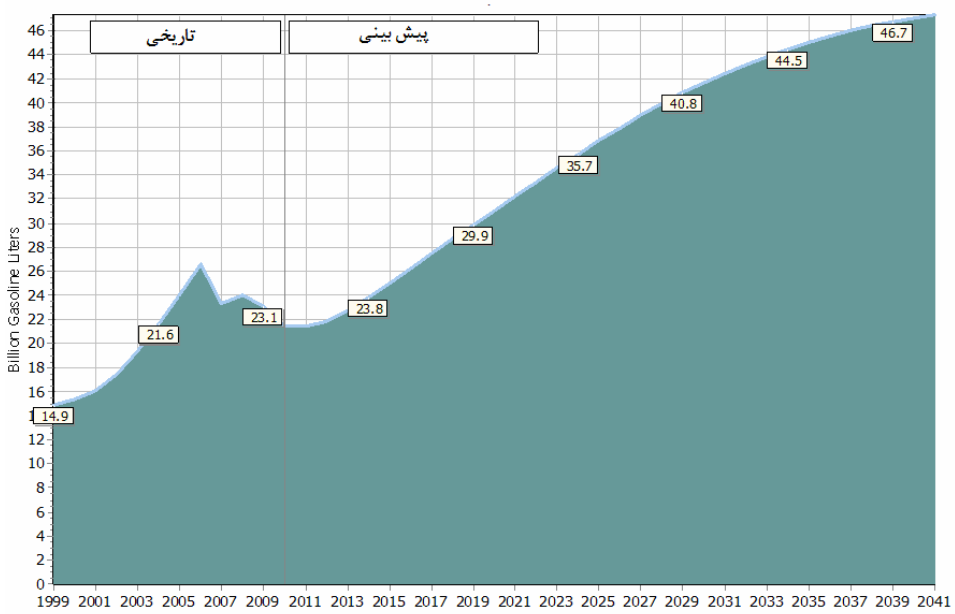
شکل (۹) : چشم انداز تقاضای برق در بخش صنعت ایران (سناریوی مرجع)

٤-٦- بخش حمل و نقل:

بنزین حساس‌ترین حامل انرژی در بخش حمل و نقل به شمار می‌رود که اوج مصرف آن در سال ۱۳۸۵ بالغ بر ۷۳ میلیون لیتر در روز بوده است، امّا با اهرم‌هایی نظیر افزایش اندک قیمت، سهمیه بندی آن و در نهایت افزایش شدید قیمت آن در آذرماه سال ۱۳۸۹، روند تقاضای آن کاهشی بوده است و هم اکنون به ۵۸ میلیون لیتر در روز رسیده است. انتظار می‌رود در آینده در صورت عدم تغییر ترکیب سبد سوخت ناوگان سبک کشور، میزان تقاضای بنزین افزایش یابد. بررسی نتایج مدل نشان می‌دهد که تقاضای بنزین به دلیل افزایش شدید خودروهای سواری شخصی افزایش خواهد یافت و انتظار می‌رود که علیرغم افزایش قیمت بنزین و بهبود فنآوری

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

خودروها، میزان تقاضای بنزین با تداوم شرایط کنونی به ۳۷/۹۳۱ میلیارد لیتر (۱۰٤ میلیـون لیتـر در روز) در سال ۱٤۰۵ و ٤۷/۳۰٦ میلیارد لیتر (۱۳۰ میلیون لیتـر در روز) در سـال ۱٤۲۰ بـالغ گـردد. شکل (۱۰) روند تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل را نشان می‌دهد.

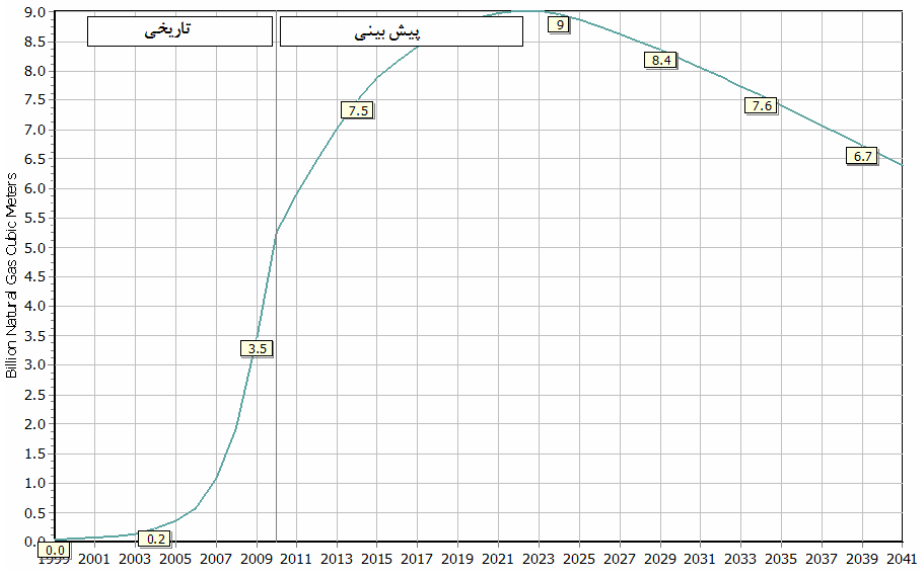


شکل (۱۰) : چشم انداز تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل ایران (سناریوی مرجع)

هدف از توسعه گازطبیعی فشرده در بخش حمل و نقل ایران، کاهش مصرف بنزین و تنوع سبد سوخت خودرو و بالا بردن امنیت عرضه سوخت بخش حمل و نقل در کشور بوده است، که اکنون می‌توان گفت این حامل انرژی جایگاه خود را در بخش حمل و نقل کشور یافته است. در سال‌های اخیر گازطبیعی فشرده بالاترین رشد مصرف را در بین تمامی حامـل‌هـای انـرژی داشـته اسـت بـه طوریکه میزان مصرف از ۵۲۲ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۸۵ به نزدیک ۵٤۵۰ میلیون متر مکعـب در سال ۱۳۸۹ رسیده است که بیانگر افزایش ۱۰ برابری در عرض٤ سال بوده است. از طرف دیگـر پایین بودن نسبی قیمت گاز طبیعی فشرده (۳۰۰۰ ریال بر مترمکعـب) در قیـاس بـا بنـزین (۵۵۰۰ ریال بر لیتر) موجب تمایل مصرف کننده به تبدیل خودروی بنزینی به سی ان جی و نهایتاً افـزایش مصرف سی ان جی شده است که این عامل در آینده نیز مصرف آن را بـا افـزایش مواجـه خواهـد نمود. با توجه به نتایج مدلسازی، انتظار می‌رود روند تقاضای سی ان جی در سناریوی مرجـع و در

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

صورت تداوم وضعیت فعلی به بیش از ۹ میلیارد مترمکعب در سال ۱٤۰۱ برسد و سپس به تـدریج کاهش یابد. عامل کاهش تقاضا، جایگزینی خودروهای پـر مـصرف، تغییـرات فنـآوری و افـزایش کارایی خواهد بود.



شکل (۱۱) : چشم انداز تقاضای سی ان جی در بخش حمل و نقل ایران (سناریوی مرجع)

۵-٦- بخش کشاورزی:

حامل‌های اصلی انرژی مورد استفاده در بخش کشاورزی ایران نفت گاز و برق مـی‌باشـد کـه مقصد اصلی نفت گاز ماشین آلات کشاورزی، استحصال آب از چاه‌هـا و آبیـاری، مرغـداری‌هـا و سایر زیربخش‌ها می‌باشد. مقصد اصلی مصرف برق نیز چاه‌های کشاورزی و مرغداری‌ها است.

بررسی نتایج مدل در سناریوی مرجع نشان می‌دهـد کـه میـزان تقاضـای نفـت گـاز در بخـش کشاورزی به حدود۵۵۰۰ میلیون لیتر در چشم‌انداز بالغ خواهد شـد. رونـد تقاضـای نفـت گـاز در بخش کشاورزی در جدول (۵) ارایه گردیده است. مصرف نفت گاز در بخش کشاورزی کـشور از ۳٦۱۸ میلیون لیتر در سال ۱۳۸۳ به ٤٤۹۱ میلیون لیتر در سال ۱۳۸۸ رسیده اسـت و انتظـار مـی‌رود تقاضای این حامل انرژی در بخش کشاورزی تقریباً ثابت بماند. دلیل رشد اندک تقاضای نفت گـاز در بخش کشاورزی پتانسیل بسیار بالای صرفه‌جـویی ایـن حامـل انـرژی در بخـش مرغـداری‌هـا می‌باشد. همچنین جایگزین برق با نفت گاز در چاه‌های کشاورزی و بهبود مصرف ماشین آلات در نتیجه افزایش قیمت حامل‌های انرژی از عوامل دیگر تثبیت مصرف در این بخش خواهد بود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

جدول (۵) : چشم انداز تقاضای نفت گاز در بخش کشاورزی ایران در سناریوی مرجع (میلیون لیتر)

زیربخش‌های صنعتی	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۵	۱۴۰۰	۱۴۰۵	۱۴۱۰	۱۴۱۵	۱۴۲۰	متوسط رشد
زراعت و باغداری	۱/۴۱۸	۱/۳۹۴	۱/۴۴۰	۱/۵۵۳	۱/۶۵۱	۱/۷۳۷	۱/۸۱۵	۱/۸۸۶	۰/۸۰
پمپاژ آب	۵۷۴	۵۷۵	۵۸۱	۵۸۷	۵۹۳	۵۹۸	۶۰۳	۶۰۷	-۰/۰۳
پرورش ماکیان	۱/۴۸۶	۱/۴۸۹	۱/۵۴۸	۱/۶۵۲	۱/۷۶۱	۱/۸۷۳	۱/۹۸۹	۲/۱۰۸	۰/۸۲
پرورش دام	۱۳۰	۱۳۳	۱۵۲	۱۸۱	۲۰۷	۲۳۲	۲۵۳	۲۷۰	۲/۲۶
تولید گلخانه‌ای	۲۹۱	۲۸۳	۲۶۸	۲۶۰	۲۵۱	۲۴۳	۲۳۵	۲۲۷	-۰/۹۲
پرورش قارچ	۵۷	۵۸	۶۵	۷۷	۹۱	۱۰۷	۱۲۵	۱۴۵	۳/۲۶
شیلات و آبزیان	۱۲۹	۱۲۶	۱۳۱	۱۴۶	۱۶۰	۱۷۵	۱۸۸	۲۰۱	۱/۳۰
جنگلداری و مراتع	۱۵	۱۴	۱۵	۱۷	۱۹	۲۱	۲۴	۲۷	۱/۸۵
سایر	۵۵	۵۱	۴۶	۴۴	۴۱	۳۸	۳۳	۲۷	-۲/۴۶
کل	۴/۱۵۳	۴/۱۲۵	۴/۲۴۷	۴/۵۱۶	۴/۷۷۴	۵/۰۲۳	۵/۲۶۴	۵/۴۹۸	۰/۷۰

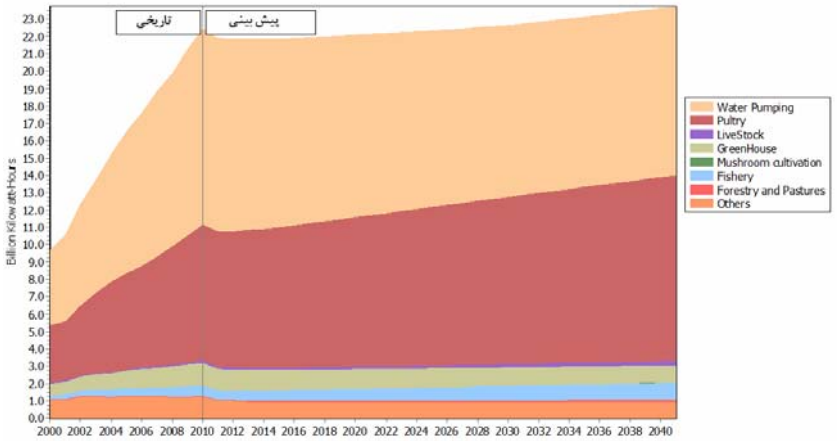
مأخذ : محاسبات مؤلفین

همانطورکه در جدول (۵) مشاهده می‌شود رشد تقاضای نفت گاز در زیربخش‌های مختلف بخش کشاورزی متفاوت می‌باشد. علت پایین بودن رشد تقاضای نفت گاز در زیربخش زراعت و باغداری، از رده خارج شدن تدریجی ماشین آلات فرسوده، کاهش تدریجی بهره گیری از تراکتور برای جابجایی مسافر و بار، کاهش توسعه زمین زیر کشت و در نهایت افزایش توسعه مکانیزاسیون کشاورزی می‌باشد. سه عامل نخست باعث کاهش تقاضای نفت گاز شده و عامل آخری باعث افزایش تقاضای آن خواهد شد که در نهایت تمامی عوامل منجر به رشد ۰/۷ درصدی تقاضای سالانه نفت گاز در بخش کشاورزی خواهد شد. عامل اصلی افزایش تقاضای نفت گاز در زیربخش پمپاژ آب بهره‌گیری از موتورهای دیزلی در آبیاری تحت فشار می‌باشد. رشد پایین نفت گاز در زیربخش پرورش ماکیان به دلیل وجود پتانسیل صرفه جویی بالا و انجام اقدامات افزایش کارایی انرژی علیرغم بالا رفتن ظرفیت تولید می‌باشد.

روند مصرف برق در بخش کشاورزی ایران در سال‌های اخیر صعودی بوده و میزان مصرف از ۱۵۴۸۹ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۳۸۳ به ۲۱۴۱۱ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱۳۸۸ رسیده است. دلیل اصلی افزایش مصرف برق در بخش کشاورزی ایران، جایگزینی آن در چاه‌های کشاورزی به جای نفت گاز و افزایش مصرف آن در پرورش ماکیان بوده است. با توجه به نتایج مدلسازی، انتظار می‌رود روند مصرف برق در این بخش مطابق شکل (۱۲) افزایش اندکی داشته باشد که دلیل اصلی آن پتانسیل بسیار بالای صرفه جویی در پمپاژ آب می‌باشد. افزایش قیمت برق و نصب کنتورهای آب بخش زیادی از این پتانسیل را آزاد خواهد نمود. بررسی نتایج مدل نشان می‌دهد که کل تقاضای برق در

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

بخش کشاورزی ایران به ۲۳۷۵۷ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱٤۲۰ خواهد رسید.



شکل (۱۲) : چشم انداز تقاضای برق در بخش کشاورزی ایران (سناریوی مرجع)

٦-٦- بخش روشنایی معابر:

مصرف برق در این بخش در سال ۱۳۸۸ بالغ بر ۳٦۷٤ میلیون کیلووات ساعت بوده است. در سناریوی مرجع فرض شده است که تعداد چراغ برق های عمومی بر اساس روند تاریخی سالانه ۱/۷ درصد رشد نماید. همچنین ترکیب فنآوری لامپ‌ها همانند وضعیت سال ۱۳۸۹ باقی بماند. نتایج مدل سازی نشان می‌دهد که بدون جایگزین کردن لامپ‌های رشته‌ای و مهتابی با لامپ‌های کم مصرف در این بخش، مصرف در آینده روند افزایشی خواهد داشت و میزان تقاضای برق به ٤۸۰۷ میلیون کیلووات ساعت در سال ۱٤۰۵ و ٦۱۸٦ میلیون کیلووات ساعت در چشم انداز خواهد رسید. روند مصرف برق در این بخش در شکل (۱۳) ارایه گردیده است.

شکل ۱۳: چشم انداز تقاضای برق در روشنایی معابر ایران (سناریوی مرجع)

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

۷- نتیجه گیری

در این مقاله مدل تقاضای انرژی کشور در بخش‌های خانگی، حمل و نقل، کشاورزی، صنعت، تجاری و خدمات عمومی و همچنین روشنایی معابر، با استفاده از مدلساز لیپ توسعه داده شده است. سناریوی مورد استفاده در این مدل سناریوی مرجع است که پژواک برنامه‌ها، اقدامات ، قوانین و مقررات انرژی است که تا کنون معتبر بوده و فرض بر این است که این برنامه‌ها در آینده نیز تداوم داشته باشد. از این رو ابتدا وضعیت موجود تقاضای انرژی طی سالهای گذشته مورد بررسی قرار گرفت و پس از آن با معرفی معادلات حاکم بر هریک از زیر بخش‌ها، سیستم تقاضای انرژی کشور در نرم افزار لیپ شبیه سازی شد و نتایج حاصل از آن در زیر بخش‌های مختلف اقتصادی- اجتماعی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. با توجه به برآورد تقاضای انرژی در زیر بخش‌های مختلف، چشم انداز تقاضای حامل‌های انرژی طی سالهای آینده روند افزایش خواهند داشت. میزان مصرف نهایی انرژی در تمامی بخش‌ها در سال ۱۳۸۸ بالغ بر ۱۱٦۷میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است که انتظار می‌رود مطابق جدول (٦) ضمن متاثر شدن از اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌های انرژی کماکان به رشد خود ادامه دهد و به ۲۰۱٦ میلیون بشکه معادل نفت خام در چشم انداز ۱٤۲۰ برسد.

جدول (٦) : چشم‌انداز تقاضای نهایی حامل‌های انرژی در ایران (سناریوی مرجع) (میلیون بشکه معادل نفت خام)

بخش مصرفی	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱٤۰۰	۱٤۰۵	۱٤۱۰	۱٤۱۵	۱٤۲۰	متوسط رشد
بخش خانگی	۳۲۱	۳۲۸	۳۵۸	۳۸۵	۴۳۳	۴۸۴	۵۴۸	۱/۲۴
بخش تجاری	۷۳	۷۵	۹۵	۱۲۲	۱۵۶	۲۰۰	۲۵۶	۳/۷۰
بخش صنعت	۲۵۴	۲۶۴	۲۹۹	۳۳۰	۳۵۵	۳۷۸	۳۹۹	۱/۳۱
بخش حمل و نقل	۲۹۷	۳۳۷	۳۹۲	۴۳۷	۴۷۲	۴۹۷	۵۱۳	۱/۷۱
بخش کشاورزی	۴۵	۴۶	۴۸	۵۱	۵۳	۵۵	۵۷	۰/۶۰
بخش روشنایی معابر	۲	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۲/۱۹
کل	۱/۱۲۶	۱/۲۱۶	۱/۳۷۱	۱/۵۱۷	۱/۶۷۷	۱/۸۳۸	۲/۰۱۶	۱/۷۲

مأخذ : محاسبات مؤلفین

نتایج حاصل از مدلسازی سیستم تقاضای انرژی کشور، بیانگر رشد فزاینده تقاضای انرژی می‌باشد که قدمت سیستم‌های مصرف کننده، عدم مدیریت انرژی، عدم رعایت استانداردهای مصرف انرژی، پایین بودن راندمان تجهیزات، ارتقاء نسبی رفاه عمومی، پایین بودن قیمت حامل‌های انرژی و فرهنگ نامناسب مصرف، از مهمترین عوامل روند افزاینده مصرف انرژی در سالهای آتی

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

خواهد بود. لذا اعمال سیاست‌های قیمتی و غیر قیمتی متعدد همانند تصویب معیارها و اجرای استانداردهای مصرف انرژی، بکارگیری فناوری‌های نوین با بازدهی بالا در بخش‌های سیستم‌های مصرف کننده، آموزش و فرهنگسازی مصرف انرژی، جایگزینی سایر حامل‌های انرژی بجای سوخت‌های فسیلی و پر مصرف، بهبود کارائی انرژی تجهیزات صنعتی، پلکانی کردن قیمت حامل‌های انرژی در بخش‌های مصرف کننده، حمایت مالی دولت در اجرای طرح‌های کاهش مصرف و شرکت‌های خدمات انرژی از مهمترین پیشنهاداتی است که می‌توان جهت کاهش مصرف انرژی کشور ارائه داد.

مراجع

تقاضای انرژی در کشور و سهم گاز طبیعی، مروری بر مدل سازی تقاضای انرژی، طرح بیست ساله گاز طبیعی کشور، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، (پاییز ۱۳۷٦)، ص ۲٦-۹۰.

منظور، داود، جدیدزاده، علی، شاهمرادی اصغر (۱۳۸۸)، مدل سازی تقاضای انرژی خانگی در ایران: رویکرد تابع تقاضای انعطاف پذیر تقریبا ایده‌آل، مجله مطالعات اقتصاد انرژی پاییز ۱۳۸۸، شماره ۲۲.

فاکهی خراسانی، امیرحسین، شفیعی، احسان الدین، شاه محمدی مهناز (۱۳۸۵)، مدلسازی تقاضای انرژی مفید در بخش خانگی استان تهران، پنجمین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، ۱۳۸۵.

مزرعتی، محمد (۱۳۸۸) اقتصاد انرژی ۲: مدل سازی تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل، شرکت انتشاراتی پارس پیدورا.

جعفرآبادی، رضا، فاکهی خراسانی، (۱۳۸٦)، مدلسازی تقاضای انرژی مفید در بخش حمل و نقل کشوری، ششمین همایش ملی انرژی.

موسوی حقیقی، محمدهاشم، رجبی، احمد (۱۳۹۲)، مدلسازی تاثیر تغییرات شدت انرژی در بخش صنعت بر شاخصهای اقتصادی و زیست محیطی با روش پویایی شناسی سیستمی، فصلنامه مدلسازی اقتصادی، سال سوم، شماره ۱۲، تابستان ۱۳۹۲.

سهیلی، کیومرث (۱۳۹۱)، برآورد کششهای قیمتی و تولیدی تقاضای نهاده انرژی در بخش کشاورزی با استفادها از الگوی فرم تصحیح خطای خود توضیح با وقفه توزیعی، اقتصادکشاورزی و توسعه، سال بیستم، شماره ۷۸ ، تابستان ۱۳۹۱.

فاکهی خراسانی، امیرحسین، شفیعی، احسان الدین، سبوحی، یداله، غفرانی، محمد باقر (۱۳۸٦)،

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]

مدلسازی تقاضای انرژی مفید در بخشهای مختلف اقتصادی، ششمین همایش ملی انرژی.
هسنیجه، حسین کریمی، عباسلو، یاسر (۱۳۸۷)، برآورد کششهای قیمتی، درآمدی و متقاطع تقاضای انرژی ایران در فرآیند توسعه پایدار تحلیل کوتاه مدت و بلند مدت، همایش ملی سوخت، انرژی و محیط زیست.
ترازنامه هیدروکربوری، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی و معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی وزارت نفت، وزارت نفت، ۱۳۸۷-۱۳۸٤.
ترازنامه هیدروکربوری، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی و معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی وزارت نفت، وزارت نفت، ۱۳۸۸.
ترازنامه هیدروکربوری، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی و معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی وزارت نفت، وزارت نفت، ۱۳۸۹.
ترازنامه هیدروکربوری، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی و معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی وزارت نفت، وزارت نفت، ۱۳۹۰.
ترازنامه انرژی، معاونت برق و انرژی ، وزارت نیرو، ۱۳۸٤-۱۳۸۸.
ترازنامه انرژی، معاونت برق و انرژی ، وزارت نیرو، ۱۳۸۹.
ترازنامه انرژی، معاونت برق و انرژی ، وزارت نیرو، ۱۳۹۰.
Fa-gen Zhu and Cheng-long Zhang, (2012), "China's Energy Demand Scenario Analysis in 2030", Energy Procedia, Vol 14.
Parka, Nyun-Bae, Sun-Jin Yunb and Eui-Chan Jeona, (2013), "An analysis of long-term scenarios for the transition to renewable energy in the Korean electricity sector", Energy Policy, Vol 52.
Rostamihozori, Nasrin, (2006), "Development of Energy and Emission Control Strategies for Iran", der Universität Fridericianazu Karlsruhe (TH).
Stockholm Environment Institute, (2011), "User guide for long-range energy alternative planning system", Boston, MA, USA.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-05-31]