

## ارزیابی وضعیت عرضه و تقاضای حامل‌های انرژی در ایران: روند موجود، چالش‌ها و راهکارهای اصلاحی در بخش صنایع وابسته ساختمان

سیدمرتضی امامی<sup>\*</sup>، مهندسی عمران دانشگاه پارس ■ مهدی روانشادنیا، گروه مهندسی و مدیریت ساخت واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی  
 محمود رحیمی، گروه مهندسی و مدیریت ساخت واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

### چکیده

عرضه و تولید انرژی هم در موضوع تقاضا و هم در مصرف، کشورهای جهان را با چالش‌های مختلفی دست به گریبان کرده است. با الگوی موجود تولید و مصرف دیری نخواهد پایید که منابع نفت و گاز با افت تولید مواجه شده و همزمان با افزایش سرسام‌آور مصارف داخلی، تولیدات، کفاف مصرف داخلی کشورها را هم نداشتند و مخازن زیرزمینی موجود در زمانی نه چندان دور به اتمام برسد. از نظر زیست‌محیطی نیز با انتشار حجم انبوهی از آلاینده‌ها، سلامت جامعه تهدید شده و تلفات انسانی و هزینه‌های درمانی، بسیار زیاد خواهد بود. در این میان در ایران نیز، نیاز و ضرورت بسیاری برای انجام مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی و مدیریت انرژی احساس می‌شود. بنابراین مقاله‌ی حاضر در صدد است تا تقاضا و عرضه‌ی انرژی در بخش صنایع وابسته‌ی ساختمان با تمرکز بر سناریوی مرجع و بهره‌گیری از ابزار LEAP مدل‌سازی کند و وضعیت تولید و مصرف انرژی در سالیان اخیر و چالش‌های موجود در بخش صنایع وابسته‌ی ساختمان را مورد بحث و بررسی قرار دهد و راهکارهایی برای بهینه‌سازی مصرف و اجتناب از بروز بحران ارائه دهد. بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر برای اجتناب از بروز چنین شرایط دشواری، راهکارهایی در حوزه‌های مختلف ارائه شده است که از جمله مهمترین آنها می‌توان از انرژی‌های تجدیدپذیر، پایبندی به اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، بهینه‌سازی مصرف انرژی (هوشمندسازی موتورخانه‌ها، استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف)، تکنولوژی ساختمان زنده یا سبز، به‌کارگیری تکنولوژی‌های CHP، نصب توربین‌های بادی خانگی و آبگرمکن‌ها و صفحات خورشیدی نام برد.

### اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۹/۰۶/۰۸  
 تاریخ ارسال به داور: ۹۹/۰۶/۱۸  
 تاریخ پذیرش داور: ۹۹/۰۸/۲۵

### واژگان کلیدی:

تولید انرژی، مصرف انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، الگوی مصرف، مبحث ۱۹ مقررات ملی، تکنولوژی CHP، نفت و گاز، برق.

### مقدمه

شروع شده است لیکن هنوز نتایج این اقدامات تبدیل به دستورالعمل و اقدام اجرایی نشده است.

از سوی دیگر سرانه‌ی مصرف نهایی گاز طبیعی و فرآورده‌های نفتی در ایران به ترتیب ۵٫۶ و ۱٫۶ برابر متوسط مصرف سرانه‌ی جهانی است که برآیند کلی سرانه‌ی مصرف انرژی در بخش خانگی و صنعت به ترتیب ۱٫۸ و ۱٫۴ برابر متوسط جهانی می‌باشد. این شدت از مصرف انرژی حتی در مقایسه با کشورهای نفت‌خیز و کشورهای خاورمیانه بسیار زیاد است و لذا با روند فعلی در مصرف انرژی و پایان‌پذیر بودن منابع انرژی، کشور با بحران انرژی مواجه خواهد شد. در این میان صنعت ساختمان و صنایع وابسته به آن در حدود ۳۷ درصد سهم انرژی را به خود اختصاص می‌دهند.

بیشتر مطالعات انجام شده در این خصوص، جنبه‌ی تحقیقاتی دارند و عمدتاً محدود به کارهای حوزه‌ی دانشگاهی می‌شوند که تا مرحله‌ی دفاع ادامه یافته و بیشتر آنها در همان مرحله رها شده است. در این مقاله تلاش شده است که عوامل دخیل در الگوهای عرضه و تقاضای انرژی واکاوی شده تا ما را به سمت شیوه‌ای بهینه برای تولید، توزیع و مصرف انرژی با رعایت الزامات

حوزه‌ی انرژی از مهمترین و پیچیده‌ترین حوزه‌های تحلیلی، اقتصادی، اجتماعی جهان است. امروزه موضوعات مربوط به انرژی به دلیل رشد روزافزون تقاضا و چشم‌انداز پایان‌پذیری منابع فسیلی و نیز ارتباط تنگاتنگ انرژی و محیط‌زیست نسبت به گذشته اهمیت بیشتری پیدا کرده و به همین دلیل مسئولان و دست‌اندرکاران امر نیازمند رویکردی سیستماتیک برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مسائل مربوطه هستند. شناخت الگوهای موجود عرضه، تقاضا و تکنولوژی‌های نوین، اولین گام برای تدوین و به‌کارگیری راهکارهای هوشمندانه است.

در ایران، متأسفانه به دلیل اتکای غیرمتعارف و شدید کشور به صادرات نفت، گاز و محصولات وابسته به نفت از یک طرف، رشد قابل‌ملاحظه‌ی مصرف انرژی از طرف دیگر و مشکلات ناشی از اتکای بیش از حد به مصرف سوخت‌های فسیلی و به ویژه مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف این نوع سوخت‌ها، نیاز به برنامه‌ریزی جامع، منطقی و دقیق مبتنی بر الزامات توسعه‌ی پایدار به شدت احساس می‌شود و اگرچه در سال‌های اخیر در برخی موسسات و نهادهای دولتی و یا غیردولتی اقداماتی برای این برنامه‌ریزی

\* نویسنده‌ی عهد‌دار مکاتبات (Morteza1959@hotmail.com)

شده و سیستم‌های انرژی را تحلیل می‌کنند. در این مقاله اجزا و پارامترهای موثر بر هریک از دو نوع مدل مذکور معرفی شده و با نگاهی به الزامات زیست‌محیطی و عوامل اقتصادی، سیاسی، تکنولوژیکی و اجتماعی و نیز با تفکیک رویکردهای مدل‌سازی بالا به پایین و پایین به بالا، برای هر یک از دو دسته، چند مدل نام برده شده و نقاط قوت و ضعف آنها تحلیل می‌شوند. [۷] هانس کریستین و همکاران (۲۰۱۸)، همگی از دانشگاه برگن نروژ، در یکی از آخرین مطالعات جامع و وسیع انجام شده، به ارزیابی کامل ۷۵ مدل شناخته شده و تایید شده برای مدل‌سازی سیستم‌های انرژی پرداخته‌اند. این تحقیق و پژوهش طیفی از مدل‌سازهای کوچک با ظرفیت و کاربرد محدود تا مدل‌سازهای سیستم‌های انرژی جهانی با حجم بسیار بزرگ از داده‌ها را پوشش داده است.

این مطالعه که برای انجام آن از تمامی کاربران و استفاده‌کنندگان حرفه‌ای هر نوع مدل نیز برای ارزیابی کمک گرفته شده است، با توجه ویژه به انرژی‌های تجدیدپذیر و به خصوص در حوزه‌ی تامین برق، مدل‌سازهای سیستم‌های انرژی را از منظر منطق عمومی حاکم بر طراحی و عملکرد مدل، پاسخ مدل‌ها به نیازهای اقتصادی زمانی و مکانی و نیز خصوصیات و توانایی‌های اقتصادی و تکنولوژیکی هر مدل طبقه‌بندی و مقایسه کرده است.

نتایج بررسی در قالب ۳ جدول گسترده و توصیف مشخصات و عملکرد مدل‌ها منعکس شده است. نویسندگان علت انجام این پژوهش را نیاز روزافزون، مبرم و بی‌بدیل استفاده و کاربرد ابزار مدل‌سازی برای برنامه‌ریزی، بهینه‌سازی و یا شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی در جهان و در تمامی کشورها بیان کرده‌اند. [۸]

اچ، هولگر راگنر (۲۰۱۷)، در مقاله‌ای به معرفی مفهوم مدل‌سازی سیستم‌های انرژی می‌پردازد. او در این مقاله ابتدا انرژی و انواع حامل‌های انرژی را نام برده، سپس به تعریف سیستم‌های انرژی و ضرورت مدل‌سازی این سیستم‌ها با توجه به محدودیت‌ها و چالش‌های تولید و مصرف انرژی و الزامات معاهده‌های بین‌المللی به ویژه معاهده‌های مربوط به حفظ محیط‌زیست و نیز الزامات توسعه‌ی پایدار می‌پردازد.

نویسنده، پارامترهایی همچون تکنولوژی، سوخت و قیمت، سیاست‌ها و فرهنگ‌ها، میزان تقاضا و اولویت‌ها را در برنامه‌ریزی و مدل‌سازی سیستم‌های انرژی، تاثیرگذار می‌داند و توصیه می‌کند که برنامه‌ریزی عرضه و تقاضا و یا تولید و مصرف انرژی با در نظر گرفتن عوامل و پارامترهای پیش گفته شده باید یکپارچه و جامع باشد.

ایشان همچنین تطابق مدل‌سازی سیستم‌های انرژی با الزامات و تعهدات بین‌المللی و ملی زیست‌محیطی، محدودیت‌های سرمایه‌گذاری و بودجه و شرایط رشد اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی هر کشور را یادآوری و تاکید می‌کند. [۹]

زیست‌محیطی رهنمون نماید. در حوزه‌ی تقاضای انرژی بیشترین تاکید این مقاله در حوزه‌ی ساختمانی و خدماتی و صنایع وابسته به ساختمان مانند سیمان، کاشی و فلزات خواهد بود. همچنین راهکارهای مختلف اعم از بهینه‌سازی مصرف انرژی و توسعه‌ی به‌کارگیری انرژی تجدیدپذیر پیشنهاد شده است تا بتوان با آسیب‌های ناشی از مصرف بالای انرژی در بخش صنایع وابسته‌ی ساختمان مقابله کرد. این راهکارها طیف وسیعی از راهکارهایی نظیر اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، اجرای استانداردهای مصارف انرژی در لوازم و تجهیزات مولد و مصرف‌کننده‌ی انرژی تا توسعه‌ی تجدیدپذیرها در بخش‌های تقاضا و عرضه را در بر می‌گیرد. برخی از این راهکارها تنها در سمت تقاضا و برخی دیگر نظیر توسعه‌ی تجدیدپذیرها هم در سمت عرضه و هم در سمت تقاضا کاربرد دارد.

## ۲- پیشینه‌ی تحقیق

مدل‌سازی سیستم تقاضا یا عرضه‌ی انرژی کشور در بخش‌های مختلف اقتصادی-اجتماعی تاکنون مورد بررسی بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. به طور کلی تحقیقات انجام شده در ادبیات فنی مربوط به مباحث انرژی در سرفصل‌های مدل‌های شبیه‌سازی، مدل‌های بهینه‌سازی، مدل‌های ورودی-خروجی و مدل‌های تعادل عمومی دسته‌بندی شده‌اند. [۱] در سایر کشورها به دلایل گفته شده نیاز به برنامه‌ریزی و مدل‌سازی سیستم‌های انرژی با رویکردهای مختلف (سیستم‌های خرد، سیستم‌های کلان، سیستم‌های اقتصادی و یا تفکیک بر اساس بهینه‌سازی، شبیه‌سازی، تعادل عمومی و یا مدل ورودی-خروجی)، بعد از بحران نفتی دهه‌ی ۱۹۷۰ مورد توجه و اقدام قرار گرفت که در ادامه به چند مطالعه‌ی انجام شده در این خصوص اشاره می‌شود.

تفرشی [۲] در رساله‌ی خود به بررسی سیاست‌های انرژی در حوزه‌ی تولید برق ایران پرداخته است و در آن وضعیت فعلی عرضه و تقاضای برق مشخص شده و با مدل لیب روندهای محتمل در آینده را پیش‌بینی کرده است.

اخلاقی [۳] در رساله‌ی خود به برنامه‌ریزی بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی در شهر تهران پرداخته است. در حوزه‌ی تقاضای انرژی در حمل‌ونقل نیز تحقیقاتی از قبیل مزرعتی [۴] و جعفرآبادی [۵] وجود دارد.

فاکهی و همکاران [۶] برآوردی از تقاضای انرژی مفید بخش ساختمان در بخش‌های گرمایش، سرمایش، تبرید، روشنایی و الکتروسیسته را ارائه کرده است.

شنکر راموهان و همکاران (۲۰۱۸)، در مقاله‌ای مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی را مطالعه کرده‌اند. این محققین مدل‌های انرژی را به دو گروه تقسیم کرده‌اند: مدلی که بر مبنای اقتصاد انرژی ساخته شده و عمل می‌کنند و مدلی که بر اساس مهندسی فرآیندهای سیستم طراحی

تولیدکننده و مصرفکننده و بهره‌بردار را دارا است. بالا بودن قابلیت انعطاف‌پذیری مدل لپ در برابر تغییرات شرایط در آینده نکته‌ی قوت دیگر این روش است.

در تحقیق حاضر، روش مدل‌سازی به این صورت است که همه‌ی فاکتورهای اصلی بالا که در سیستم تقاضا و عرضه‌ی انرژی تاثیرگذار است با روش‌های آماری و اقتصادی ذکر شده تا سال افق مدل (۱۴۱۴) خارج از مدل، پیش‌بینی و در مدل به عنوان data وارد می‌شود، سپس مدل، سیستم عرضه و تقاضای انرژی و شاخص‌های زیست‌محیطی را تا سال ۱۴۱۴ بر اساس تحلیل روند موجود از سال شروع مدل‌سازی (۱۳۹۰) شبیه‌سازی می‌کند.

در مرحله‌ی بعد جهت بهینه‌کردن سیستم انرژی شبیه‌سازی شده، راهکارهایی تحت عنوان سناریوهای بهینه‌سازی تدوین می‌شود که هر راهکار با مقادیر مطلوب و در عین حال امکان‌پذیر به مدل وارد می‌شود و مجدداً مدل، سیستم انرژی عرضه و تقاضا را با راهکار جدید و مقادیر جدید، شبیه‌سازی می‌کند. با مقایسه، بررسی و تحلیل سیستم‌های شبیه‌سازی شده می‌توان برنامه‌های جامع برای کاهش مصرف و بهینه‌سازی سبد مصرف و تولید انرژی تدوین کرد. نظر به اینکه در این پژوهش، درصد خطای نتایج نهایی مدل کمتر از یک درصد می‌باشد، مبرهن است روش‌های پیش‌بینی داده‌های ورودی به مدل و محاسبه مقادیر آنها تا حد مطلوبی به درستی انتخاب و انجام شده‌اند.

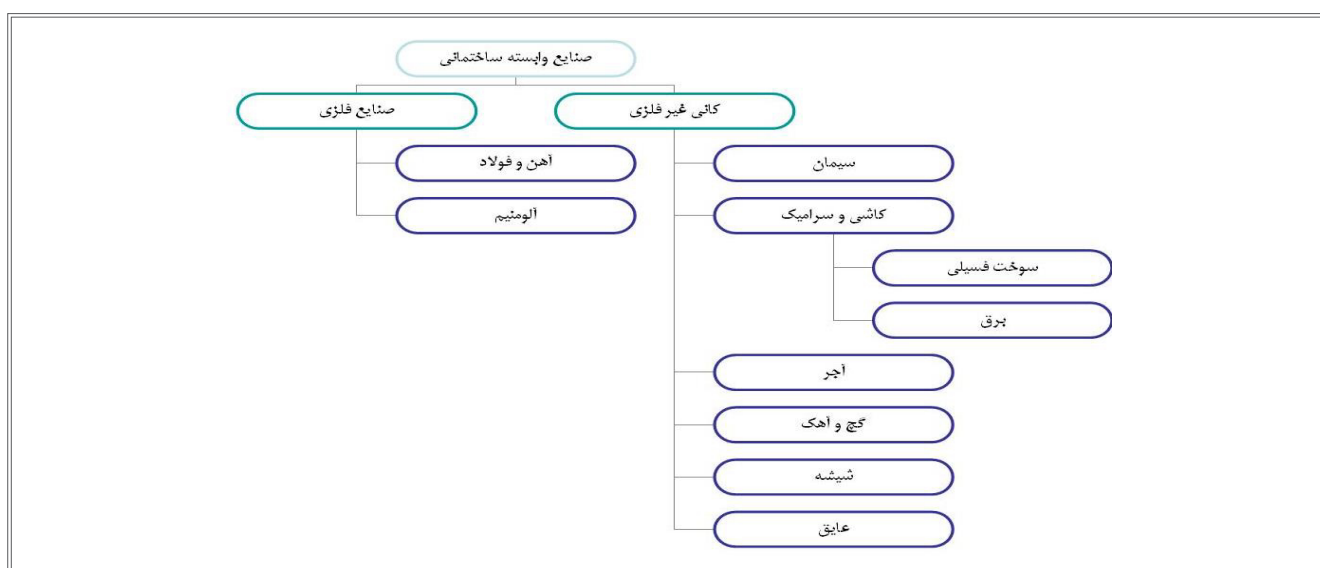
همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد، عمده‌ی صنایع وابسته‌ی ساختمانی در قسمت صنایع کانی غیرفلزی و صنایع فلزی قرار گرفته‌اند که تقسیم‌بندی آنها در شکل ۱ نمایش داده شده است. برای مدل‌سازی مصرف انرژی صنایع از واحدهایی نظیر تن و مترمربع بهره‌گیری خواهد شد.

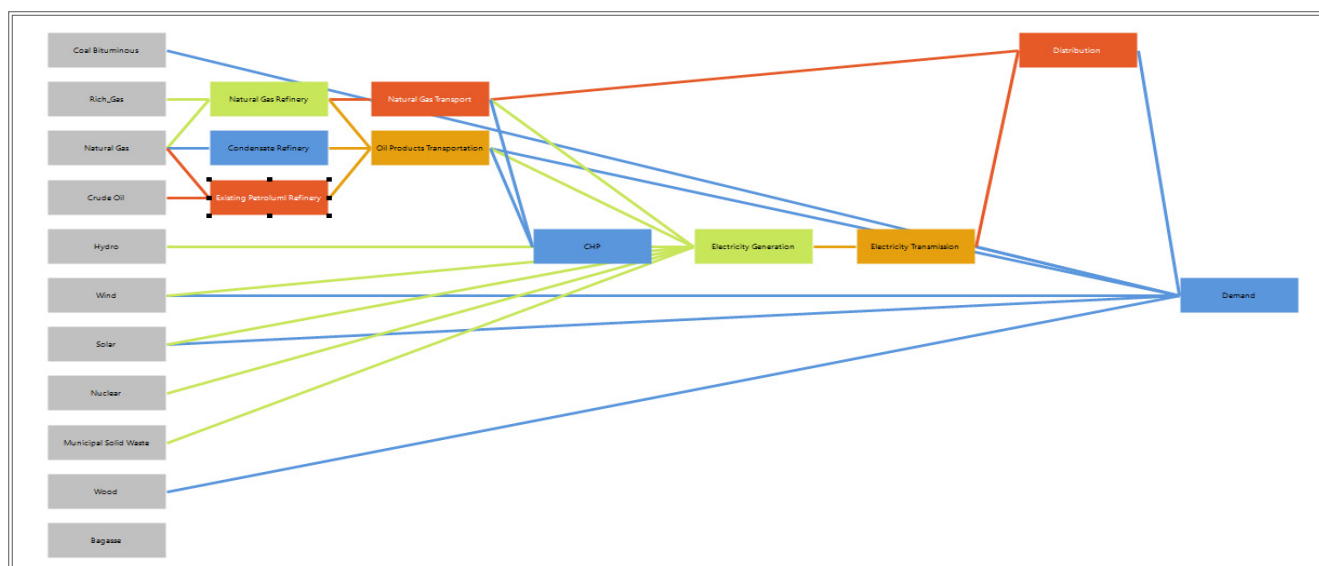
تیانگ ژن هونگ (۲۰۱۷)، در پژوهشی پیشرفت‌های به دست آمده در مدل‌سازی و شبیه‌سازی انرژی ساختمان‌ها را مورد بررسی قرار داده است. او از مدل شبیه‌سازی انرژی ساختمان به عنوان ابزاری فنی و تکنیکی برای بهبود طراحی و کاهش مصرف انرژی یاد می‌کند و معتقد است تحقیقات و پیشرفت‌های اخیر در حوزه‌ی مدل‌سازی انرژی ساختمان باعث ایجاد ۱۵ سرفصل و یا موضوع جدید در مدل‌سازی انرژی ساختمان شده است که مهمترین آن رفتار ساکنین ساختمان است که به عنوان عاملی کلیدی در مدل‌سازی انرژی می‌بایست مدنظر قرار گیرد. رفتار ساکنین از نظر پژوهشگر خود می‌بایست موضوع مدل‌سازی ثانوی و کمکی برای موضوع اصلی بوده و برای آن طیفی از مطالعات جانبی حول محور رفتار ساکنین پیشنهاد می‌کند. [۱۰]

کانگ‌ین دونگ و همکاران (۲۰۱۷)، در یک تحقیق که در سال ۲۰۱۶ و با استفاده از مدل لپ انجام داده‌اند، ساختار مصرف انرژی چین را مورد بررسی قرار داده و بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده و تحت ۳ سناریوی: ادامه‌ی روند موجود، افزایش مصرف با اعمال سیاست‌های انقباضی متعادل و افزایش مصرف با اعمال سیاست‌های انقباضی شدید میزان مصرف انرژی چین در سال ۲۰۴۰ را شبیه‌سازی کرده و بر همین اساس پیشنهادهایی به تصمیم‌گیرندگان ارائه می‌کنند. [۱۱]

### ۳- روش تحقیق

مدل لپ از پرکاربردترین مدل‌های از نوع شبیه‌سازی در بحث عرضه و تقاضای انرژی در دنیا شناخته شده است. این مدل قابلیت برنامه‌ریزی‌های بلندمدت بر اساس رشته‌های زمانی از آمار موجود در سازمان‌های مختلف





شکل ۲ | سیستم مرجع جریان انرژی مدل

باید توجه داشت که مدل ایجاد شده در این طرح پژوهشی یک مدل با مقیاس تعریف شده‌ای بوده و تنها برای ارزیابی در چارچوب روش‌شناسی مشخصی انجام شده است، طبیعی است برای تعمیم نتایج در سایر بخش‌های انرژی در کشور، نیاز به توسعه‌ی مدل، همچنین تدوین یک مدل پیچیده‌تر با مقیاس بزرگ‌تر است که خارج از چارچوب و اهداف این طرح پژوهشی بوده است و انتظار می‌رود در آینده پژوهشگران دیگر فکر توسعه‌ی مدل‌های پیچیده‌تر با کاربردهای گسترده‌تر را در برنامه داشته باشند.

#### ۴- تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، تقاضا و عرضه‌ی انرژی در بخش صنایع وابسته‌ی ساختمان با تمرکز بر سناریوی مرجع و بهره‌گیری از ابزار مدل‌سازی لیب، مدل‌سازی شد. سناریوی مرجع بیانگر تداوم وضعیت موجود سیستم انرژی در آینده است. این سناریو مبنایی برای قیاس راهکارهای بهبودی با روند وضعیت موجود خواهد بود. جهت شبیه‌سازی مدل آینده باید سناریوی مرجع در لیب طرح و مدل‌سازی شود. جهت ساختن سناریوی مرجع از قسمت "Scenarios" در بالای صفحه اقدام خواهد شد. سناریوی مرجع را با نام Reference تعریف کرده و ساختار آن را همانند جدول ۱ ایجاد می‌کنیم.

نکته‌ی اصلی در سناریوی مرجع، تعیین افق مدل‌سازی سیستم انرژی و تغذیه‌ی داده‌های موردنیاز محرک‌های اصلی سیستم انرژی اعم از رشد جمعیت و تولید ناخالص داخلی است که تمام بخش‌های دیگر را به دنبال خود می‌کشاند. همچنین دو پارامتر دیگری به نام‌های چشم‌انداز اندازه‌ی خانوار و درآمد سرانه نیز، تقاضای انرژی در بخش ساختمان را معین خواهد کرد. طبیعی است که رشد ارزش افزوده‌ی بخش خدمات متناسب با رشد تولید ناخالص داخلی خواهد بود.

با توجه به اینکه هدف از انجام طرح پژوهشی، بررسی و تحلیل وضعیت فعلی و چشم‌انداز آتی مصرف حامل‌های انرژی در بخش ساختمان و صنایع وابسته و سپس ارزیابی تعدادی از راهکارهای محتمل صرفه‌جویی مصرف انرژی و توسعه‌ی تجدیدپذیرها و در نهایت تدوین مدلی هیبریدی برای بهینه‌سازی انرژی بود، با طرح راهکارها در قالب سناریوهای محتمل، امکان تحلیل و مدل‌سازی آنها در محیط لیب میسر شد. راهکارهای محتمل هم به صورت جداگانه ارزیابی و میزان تاثیرگذاری آنها بر روند عرضه و تقاضای انرژی بررسی شده و از ترکیب سناریوها، سناریوی اصلی شناسایی شده و به عنوان یک برنامه برای کاهش مصرف و بهینه‌سازی سبد مصرف و تولید انرژی با دو ابزار توسعه‌ی تجدیدپذیرها و کاهش شدت مصرف انرژی تهیه شد.

سیستم انرژی از دو سمت عرضه و تقاضا تشکیل شده است که نرم‌افزار لیب نیز مدل‌ها را بر این اساس ساختار بندی می‌کند. در شکل ۲ ساختار پیاده‌سازی شده سمت تقاضای مدل نمایش داده شده است که شامل دو بخش اصلی ساختمان و صنایع وابسته و یک بخش کمکی تقاضای برق برای کمک به مدل‌سازی بخش برق است. قسمت کمکی اصولاً ارتباطی به بخش ساختمان و صنایع وابسته ندارد و تنها جهت تسهیل مدل‌سازی تولید برق استفاده شده است.

بعد از ایجاد ساختار درختی در محیط لیب، نوبت به تنظیم پایه‌ی مدل، تنظیم واحدها و ورود داده‌ها می‌رسد. داده‌های مدل در ۲ مرحله وارد می‌شود. نخست داده‌های سال پایه که مربوط به سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ است و به صورت سری زمانی وارد مدل می‌شود و دیگری داده‌های سناریوی مرجع است که در ادامه‌ی ماهیت سناریوی مرجع، مدل‌سازی و تغذیه‌ی داده‌های آن بررسی خواهد شد.

هر یک محاسبه شده است. داده‌های سمت عرضه شامل داده‌های مربوط به تولید برق، تولید فرآورده‌های نفتی در پالایشگاه‌ها و داده‌های مربوط به پالایشگاه‌های گاز طبیعی می‌باشد که در ادامه به برخی از این داده‌ها اشاره‌ی اجمالی شده است. داده‌های تولید برق، گسترده بوده و طیف وسیعی از داده‌های فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی را در بر می‌گیرد که در ادامه تنها به داده‌های تولید و ظرفیت برق اشاره خواهد شد. تولید برق در ایران از چهار منبع نیروگاه‌های وزارت نیرو، نیروگاه‌های بخش خصوصی، نیروگاه‌های صنایع بزرگ و نیروگاه اتمی تولید می‌شود که مجموع این نیروگاه‌ها و تولیدشان در ادامه آورده شده است.

در جدول ۱ برخی از داده‌های موردنیاز در سناریوی مرجع نمایش داده شده‌اند. سال ابتدای مدل ۲۰۱۱ (۱۳۹۰)، سال ابتدای شبیه‌سازی ۲۰۱۴ (۱۳۹۳) و سال افق مدل‌سازی نیز ۲۰۳۵ (۱۴۱۴) فرض شده است. بعد از تغذیه‌ی داده‌های سناریوی مرجع، مدل ساخته شده اجرا شد که بعد از تصحیح خطاها و بررسی نتایج نهایتاً جهت ارائه‌ی گزارش نتایج آماده شد. داده‌های جدول ۲ برای مدل‌سازی بخش صنایع وابسته‌ی ساختمان مورد استفاده قرار گرفته است که در ادامه به سری زمانی تولید این صنایع پرداخته خواهد شد. مرجع اطلاعات مذکور، وزارت صنعت، معدن و تجارت می‌باشد. شایان ذکر است ظرفیت واقعی صنایع مذکور با در نظر گرفتن نرخ ظرفیت

۱ | داده‌های کلیدی سناریوی مرجع تغذیه شده در مدل

ردیف	نام محرک	واحد	مقدار شاخص	توضیحات، مراجع
۱	میانگین رشد سالانه‌ی جمعیت کشور	(درصد)	۱.۰۰	مرکز آمار ایران
۲	میانگین رشد محتمل اقتصادی کشور در آینده	(درصد)	۵/۰	سناریوهای مدون سازمان برنامه
۳	اندازه‌ی خانوار در سال ۲۰۳۵	نفر بر خانوار	۲/۳۰	برآورد محقق
۴	درآمد سرانه‌ی کشور در سال ۲۰۳۵	میلیون ریال به قیمت ثابت ۱۳۷۶	۱۸/۳۶	محاسبه شده

۲ | تولید محصولات مورد استفاده در صنعت وابسته‌ی ساختمان و وارد شده در مدل ۱ / ماخذ: وزارت صنعت، معدن و تجارت

ردیف	نام محصول	واحد سنجش	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
۱	فولاد خام	هزار تن	۱۲۷۳۰.۰	۱۴۰۸۰.۰	۱۴۸۳۰.۰	۱۵۴۸۱.۲	۱۶۸۱۰.۰	۱۶۵۳۸.۵
۲	محصولات فولادی	هزار تن	۱۵۹۶۰.۰	۱۷۰۷۰.۰	۱۷۵۴۰.۰	۱۶۵۶۶.۶	۱۶۹۳۸.۰	۱۷۴۴۳.۴
۳	شمش آلومینیوم	هزار تن	۳۰۳.۰	۳۱۸.۸	۲۷۷.۵	۲۹۹.۴	۲۸۶.۵	۲۹۸.۱
۴	سیمان	هزار تن	۶۱۶۲۰.۰	۶۶۴۶۰.۰	۷۰۱۰۰.۰	۷۱۰۰۰.۰	۶۶۴۶۴.۰	۵۸۶۹۷.۰
۵	کاشی و سرامیک	هزار مترمربع	۲۷۹۰۰۰۰.۰	۲۹۰۰۰۰.۰	۳۰۰۰۰۰.۰	۳۰۰۰۰۰.۰	۴۱۰۲۷۰.۰	۳۸۲۰۰۰.۰
۶	چینی بهداشتی	هزار تن	۸۹.۴	۸۹.۴	۸۹.۸	۸۸.۰	۹۸.۴	۹۰.۱

۳ | تولید ویژه‌ی برق در نیروگاه‌های ایران در سال‌های مختلف / ماخذ: ترازنامه انرژی وزارت نیرو [۱۲]

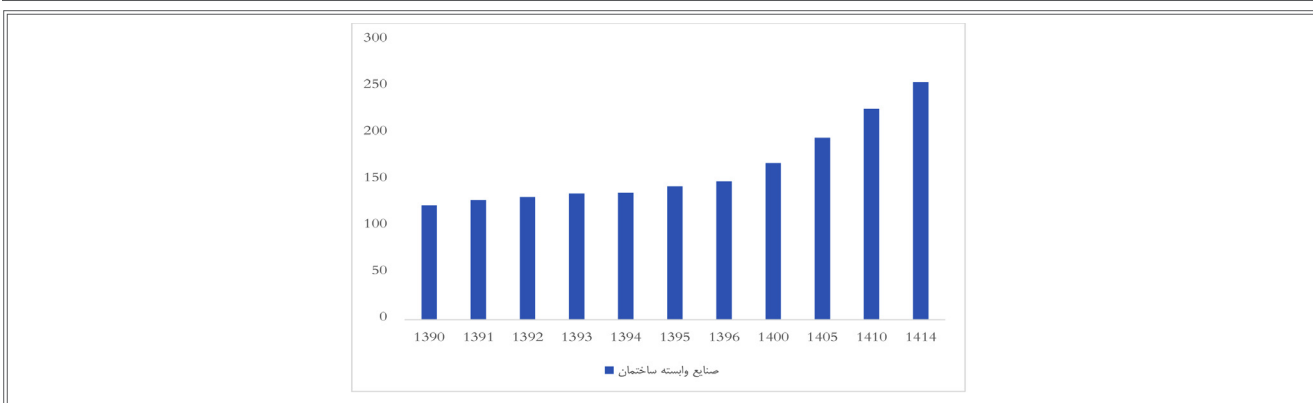
سال	واحد	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
بخاری	(کیگاوات ساعت)	۹۵۹۰۱.۱	۹۱۸۸۸.۳	۸۹۶۶۴	۸۵۶۲۳.۸	۸۶۹۶۸.۲
گازی		۵۸۷۱۵.۳	۶۷۳۶۴.۱	۶۶۰۳۸.۹	۷۳۳۴۰.۳	۷۵۴۲۳.۸
سیکل ترکیبی		۷۲۷۴۹.۱	۸۰۵۴۳	۸۷۱۳۵.۱	۹۶۸۲۳	۱۰۰۹۳۵.۶
دیزلی		۶۱.۷	۶۵.۶	۷۱.۱	۸۳	۶۵.۶
اتمی		۳۲۷.۱	۱۸۴۷.۳	۴۵۴۵.۸	۴۴۷۲.۱	۲۹۱۳.۹
برق آبی		۱۲۰۵۸.۳	۱۲۴۴۶.۶	۱۴۵۸۲	۱۳۸۶۲.۴	۱۴۰۹۰.۳
بادی		۲۱۷	۲۰۶.۶	۳۷۵.۶	۱۸۵.۷	۲۲۱
خورشیدی		۰.۰۵	۰.۰۶	۰.۱	۰.۰۸۱	۰.۸۶
بیوگاز		۲۱.۹	۲۲.۶	۲۰.۸	۴۷	۱۴.۴
جمع		۲۴۰۰۵۱.۶	۲۵۴۲۷۵.۲	۲۶۲۴۳۳.۴	۲۷۴۴۳۷.۴	۲۸۰۶۳۳.۷

جدول ۴ | داده‌های مصارف داخلی و تلفات انتقال و توزیع برق در ایران / ماخذ: ترازنامه‌ی انرژی وزارت نیرو [۱۲]

سال	سهم مصرف داخلی نیروگاه‌ها از کل تولید ناویژه (درصد)	سهم تلفات شبکه انتقال (درصد)	سهم تلفات شبکه توزیع (درصد)
۱۳۹۰	۳۰.۵۲	۳.۴۳	۱۵.۰۲
۱۳۹۱	۳۰.۳۷	۳.۴۵	۱۵.۰۲
۱۳۹۲	۳۰.۴۸	۳.۳۵	۱۴.۸۳
۱۳۹۳	۳۰.۲۴	۳.۰۲	۱۲.۹۳
۱۳۹۴	۲۰.۸	۲.۰۹	۱۱.۰۹

جدول ۵ | داده‌های اصلی پالایشگاه‌های تولید نفت کشور / ماخذ: محاسبه شده توسط مولف

سال	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	واحد	-
۱۳۹۰	۶۲۷.۶۵	۶۶۱.۰۸۲	۶۳۷.۴۴	میلیون بشکه در سال	خوراک نفت خام
	۸.۴۵	۱۳.۵۹	۱۳.۱۶		خوراک میعانات گازی
	۱۳.۴۲	۱۴.۲۸	۱۴.۷۰		گاز مایع
	۹۲.۴۱	۱۱۴.۱۴	۱۲۱.۹۶		بنزین پایه
	۳۲.۰۱	۲۶.۸۷	۲۲.۵۱		نفت سفید
	۲۱۳.۴۲	۲۲۰.۲۱	۲۱۶.۴۴		نفت گاز
	۱۹۸.۴۰	۱۹۹.۸۱	۱۷۵.۲۳		نفت کوره
	۸.۴۲	۸.۸۰	۹.۳۰		سوخت‌های هوایی
	۱۵.۷۱	۱۶.۵۰	۲۴.۶۹		خوراک پتروشیمی (نفتا و سایر)
	۰.۸۴	۰.۴۰	۰.۳۹		خوراک پتروشیمی (اتان، پنتان و سایر)
	۵۷۴.۶۳	۶۰۱.۰۱	۵۸۵.۲۲		جمع
	۹۰.۳۴	۸۸.۸۹	۸۹.۹۵		راندمان انرژی (درصد)



نمودار روند تقاضای حامل‌های انرژی در بخش صنایع وابسته به ساختمان از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۱۴ / ماخذ: محاسبه شده توسط مولف

همان‌طور که در جدول ۴ دیده می‌شود، تلفات انتقال و توزیع برق در ایران رو به بهبود است و هدف، رساندن آن به میزان دامنه‌ی متعارف جهانی است که بین ۵ تا ۷ درصد می‌باشد. پالایشگاه‌های نفت نیز وظیفه‌ی تولید فرآورده‌های نفتی مورد استفاده در بخش ساختمان و یا صنایع وابسته را بر عهده دارند که در ادامه برخی از داده‌های مورد استفاده در این صنایع آورده شده است. جهت دسترسی به داده‌های دقیق‌تر، می‌توان محتوی داده‌های مدل را بررسی کرد. داده‌های اصلی پالایشگاه‌های تولید نفت کشور در جدول ۵ آورده شده‌اند. تقاضای حامل‌های انرژی در بخش صنایع وابسته در سال ۱۳۹۳ بالغ بر ۱۳۵.۵ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده که انتظار می‌رود در سال ۱۴۱۴ به حدود ۲۵۵.۱ میلیون بشکه معادل نفت خام برسد که بر اساس شکل ۳ میانگین رشد (درصد) ۳.۰۶ درصد خواهد بود.

در پیش‌بینی تقاضای نهایی گاز طبیعی سهم صنایع وابسته‌ی ساختمان در سال ۱۳۹۰ حدود ۲۳.۸۱ درصد بوده است که این مقدار در سال ۱۳۹۵ به ۲۴.۶۳ درصد بالغ شده و انتظار می‌رود سهم مصرف گاز طبیعی صنایع وابسته به بخش ساختمان در سال ۱۴۱۴ حدود ۲۳.۶۰ برسد. دلیل کاهش سهم این بخش افزایش قابل توجه نیاز واحد مسکونی کشور و رشد سریع بخش خدمات وابسته به ساختمان در سال‌های آتی بوده که تقاضای گاز طبیعی را در سناریوی مرجع به شدت افزایش خواهد داد.

نمودار روند تقاضای حامل‌های انرژی در بخش صنایع وابسته به ساختمان از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۱۴ / ماخذ: محاسبه شده توسط مولف

۶ | پیش‌بینی تقاضای نهایی گاز طبیعی در بخش صنایع وابسته به ساختمان در سناریوی مرجع / مآخذ: محاسبه شده توسط مولف

بخش‌ها	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۴۰۰	۱۴۰۵	۱۴۱۰	۱۴۱۴
(میلیون گیگاژول)										
صنایع وابسته ساختمان	۴۶۷۰.۱۴	۴۹۵.۳۹	۵۰۹.۳۴	۵۲۵.۷۵	۴۹۸.۳۳	۵۰۰.۸۳	۵۱۲.۳۹	۵۲۳.۹۶	۵۳۱.۳۶	۵۳۷.۲۸
(میلیون مترمکعب)										
صنایع وابسته ساختمان	۱۲۴۰۰.۰۷	۱۳۱۵۰.۰۸	۱۳۵۲۱.۰	۱۳۹۵.۷	۱۴۱۸۴.۵	۱۴۹۱۴.۰	۱۷۶۴۳.۹	۲۰۶۳۹.۸	۲۳۹۲۷.۸	۲۶۹۳۰.۰

۷ | پیش‌بینی تقاضای برق در بخش صنایع وابسته به ساختمان (هزار گیگاوات ساعت) / مآخذ: محاسبه شده توسط مولف

بخش‌ها	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۴۰۰	۱۴۰۵	۱۴۱۰	۱۴۱۴
صنایع وابسته ساختمان	۲۱.۶	۲۲.۵	۲۴.۱	۲۵.۱	۲۵.۲	۲۶.۶	۳۱.۶	۳۷.۰	۴۳.۳	۴۹.۲
سهم (درصد)										
صنایع وابسته ساختمان	۱۹.۷۷	۱۹.۵۶	۲۰.۰۶	۱۹.۰۵	۱۸.۸۱	۱۸.۸۷	۱۸.۵۵	۱۸.۱۶	۱۷.۷۸	۱۷.۴۶

۸ | ارزیابی تاثیر نرخ‌های مختلف رشد اقتصادی بر میزان تقاضای نهایی انرژی بخش صنایع وابسته به ساختمان در سناریوی مرجع در سال ۱۴۱۴

مآخذ: محاسبه شده توسط مولف

رشد اقتصاد	(درصد)	-۱	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
تقاضای انرژی در سال ۱۴۱۴	(میلیون بشکه معادل نفت خام)	۷۹۷.۶	۸۲۵.۸	۸۵۸.۱	۸۹۵.۰	۹۳۷.۲	۹۸۵.۴	۱۰۴۰.۶	۱۱۰۳.۷	۱۱۷۸.۵	۱۲۵۸.۲

۹ | ارزیابی آثار نرخ‌های مختلف رشد جمعیت بر تقاضای نهایی انرژی بخش صنایع وابسته به ساختمان در سناریوی مرجع در سال ۱۴۱۴

مآخذ: محاسبه شده توسط مولف

رشد جمعیت	(درصد)	۰.۵	۱.۰	۱.۲	۱.۵
تقاضای نهایی انرژی	(میلیون بشکه معادل نفت خام)	۹۹۲.۳	۱۰۵۱.۲	۱۰۷۶.۴	۱۱۱۶.۲

اقتصادی، میزان تقاضا را مرور می‌کنیم. نتایج در جدول ۸ منعکس شده است.

همان‌طور که جدول ۸ نشان می‌دهد با هر افزایش یک درصدی رشد اقتصادی کشور، حدود ۵۱،۱۷ میلیون بشکه (حدود ۶ درصد) به مصرف انرژی اضافه می‌شود. مهمترین دلیل این افزایش، افزایش تولید سیمان و فولاد و رشد مصرف در بخش خدمات است. همچنین تقاضای انرژی در سناریوهای مختلف جمعیتی در سناریوی مرجع در ۳ حالت ۵، ۱۰ درصد، ۱ درصد، ۲ درصد و ۱،۵ درصد بررسی شد که نتیجه در جدول ۹ منعکس شده است.

بر اساس این جدول با تغییر هر ۰،۱ درصد رشد جمعیت، میزان تقاضای نهایی حامل‌های انرژی ۱۲،۳۹ میلیون بشکه معادل نفت خام در بخش ساختمان و صنایع وابسته افزایش می‌یابد. بنابراین لازم است راهکارهای مختلف اعم از کاهش مصرف انرژی و توسعه‌ی حامل‌های انرژی تجدیدپذیر اندیشیده شود تا بتوان با آسیب‌های مصارف بالای انرژی در این بخش و صنایع وابسته ساختمان مقابله کرد.

برق به عنوان دومین حامل انرژی پرمصرف در بخش ساختمان و صنایع وابسته است که میزان مصرف آن در سال ۱۳۹۰ حدود ۲۱،۶ هزار گیگاوات ساعت در سال بوده و به ۲۶،۶ هزار گیگاوات ساعت در سال ۱۳۹۵ رسیده است و انتظار می‌رود تقاضای برق رشد سریعی را در سناریوی مرجع طی کرده و به حدود ۴۹،۲ هزار گیگاوات ساعت در سال ۱۴۱۴ بالغ شود. افزایش سریع تعداد واحدهای مسکونی و سهم بالای بخش خدمات در تولید ناخالص داخلی کشور (حدود ۶۰ درصد) از عوامل اصلی روند رو به رشد تقاضای برق است. میانگین رشد تقاضای برق نسبت به سال ۱۳۹۳ در بخش صنایع وابسته نیز حدود ۳،۲۶ درصد خواهد بود. جزئیات بیشتر روند تقاضای برق در جدول ۷ آورده شده است. یکی از سوالاتی که ممکن است همیشه مطرح شود این است که تاثیر روند تغییرات میانگین رشد اقتصادی (GDP) و رشد جمعیت بر تقاضای مصرف انرژی در بخش ساختمان و صنایع وابسته چگونه است. با توجه به اینکه تحلیل حساسیت پارامترها در مدل، پیش‌بینی شده است بدین‌منظور با وارد کردن اعداد مختلف از ۱- تا ۸ درصد برای رشد



### بحث و نتیجه‌گیری

بررسی نتایج در سناریوی مرجع بیانگر آن است که روند رشد تقاضای حامل‌های انرژی در بخش صنایع وابسته ساختمان فزاینده بوده است. این در حالی است که تقاضای انرژی بالا بخش زیادی از تولید نفت و گاز را بلعیده و به دلیل غیرمولد بودن بخش عمده‌ای از ساختمان (مسکونی‌ها) موجب کاهش صادرات نفت کشور و قدرت کشور در سازمان‌هایی نظیر اوپک (سازمان کشورهای صادرکننده نفت) و جی‌ای‌سی‌اف (سازمان کشورهای صادرکننده گاز) خواهد شد. از طرف دیگر کاهش صادرات به معنای از دست رفتن درآمدهای ارزی کشور شده و مهمتر از همه، بالا بودن شدت مصرف انرژی در بخش ساختمان موجب اتلاف منابع در سطح ملی شده و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و گازهای گلخانه‌ای را در سطح جهانی در پی دارد. در خصوص چالش‌ها و راهکارهای موجود بر سر راه صنایع وابسته به ساختمان می‌توان به این موارد اشاره کرد:

**چالش:** در بخش تقاضا (مصرف)، به دلیل فرهنگ نامناسب، نادرست بودن الگوی مصرف و نیز عدم استفاده از تکنولوژی‌های روز، بخش ساختمان و صنایع مربوطه به پرمصرف‌ترین مصرف‌کننده‌های انرژی کشور با سهم نزدیک به ۵۰ درصد تبدیل شده‌اند. ادامه‌ی روند موجود، وضعیت را وخیم‌تر خواهد ساخت. این مسئله مغایر اصول اولیه و بدیهی توسعه‌ی پایدار بوده که می‌بایست به سرعت چاره‌اندیشی شود. در حال حاضر، به طور متوسط ۳۰ درصد از گاز تولیدی کشور در بخش ساختمان مصرف می‌شود. عمده‌ی این گاز به تامین گرمایش اختصاص می‌یابد، ضمن اینکه در فصول سرد سال سهم بخش خانگی از مصارف گاز کشور تا ۷۰ درصد هم می‌رسد. فرهنگ نادرست مصرف، هدررفت غیرمتعارف انرژی در ساختمان‌ها، استفاده از وسایل با راندمان و تکنولوژی پایین در بخش ساختمان و صنایع وابسته، اصرار دولت بر پرداخت سوبسید به حامل‌های انرژی اولیه و... همگی زمینه‌ساز این حجم مصرف غیراصولی هستند. لذا انجام اقدامات همه‌جانبه و قاطع برای کنترل و کاهش مصرف انرژی فارغ از نوع حامل‌های انرژی همچون سرمایه‌گذاری و اجباری کردن استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و رعایت استانداردهای کاهش مصرف همچون الزامات مبحث ۱۹ بسیار اهمیت و فوریت دارد.

**راهکار اول:** در مدیریت و هدایت امور مربوط به ساخت‌وساز و راهبری صنعت ساختمان کشور و صنایع این بخش، جاری نبودن الزامات مصرف بهینه‌ی انرژی و الگوی ساختمان سبز و یا زنده که مدت‌ها است در سایر کشورها عملیاتی و اجرایی شده است، مشاهده می‌شود. کاربرد این گونه الزامات خود می‌تواند نقش عمده‌ای در کاهش مصرف داشته باشد.

**راهکار دوم:** اجرای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان که به صرفه‌جویی انرژی در ساختمان می‌پردازد، اولین راهکار برای کاهش شدت مصرف انرژی در نظر گرفته شده است که با بهبود فرم معماری اقلیمی ساختمان، بهبود پوسته با عایق کاری، طراحی تاسیسات بهینه و جایگزین کردن لامپ‌های مهتابی و حبابی رشته‌ای با لامپ‌های LED و CFLs مصرف انرژی به ویژه انرژی حرارتی را کاهش دهد.

مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان مهمترین اقدامات موردنظر برای این راهکار شامل این موارد است:

- صرفه‌جویی در انرژی از طریق اصلاح نقشه‌های ساختمانی
- بهبود مشخصات فیزیکی مصالح و سیستم‌های عایق حرارتی مورد استفاده در پوسته‌ی خارجی ساختمان
- طراحی بهینه‌ی سیستم‌های تاسیسات سرمایش، گرمایش و تهویه همچنین آب گرم مصرفی
- تامین روشنایی بهینه‌ی مورد استفاده در ساختمان‌ها

**راهکار سوم:** دیگر راهکار پیشنهاد شده برای کاهش مصرف انرژی، توسعه‌ی فناوری‌های نوین است مانند فناوری تولید همزمان برق و حرارت که در این دسته قرار می‌گیرد. سیستم‌های CHP یک فناوری چندمنظوره بوده و قادر به تامین برق، حرارت، سرمایش (از طریق چیلرهای جذبی) و رطوبت‌زدایی است و در مقیاس ساختمانی، قادر به تامین گرمایش فضا در کنار سرمایش فضا و آب گرم مصرفی می‌باشند.

**راهکار چهارم:** صنایع وابسته‌ی ساختمان عمدتاً صنایع کانی‌های غیرفلزی و صنایع فلزات اساسی هستند که به تنهایی مسئول بیش از ۴۰ درصد مصرف انرژی بخش صنعت کشور می‌باشند. مجموعه‌ی راهکارهای کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت زیادی برای کاهش مصرف انرژی در این صنایع دیده شده است که عمدتاً تمرکز بر صنایع سیمان، کاشی‌سرامیک، شیشه، فولادسازی و محصولات فولادی و آلومینیوم دارد. اصلاح فرآیندها، هوشمندسازی جریان انرژی، افزایش کنترل‌پذیری سیستم‌های موجود، تدوین و اجرای اجباری استانداردهای مصرف سوخت از جمله این راهکارها هستند.

**راهکار پنجم:** عرضه و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در سمت تقاضا. بهره‌گیری از توربین‌های کوچک روی سقفی در اندازه‌های ۳۰۰ وات تا یک کیلووات می‌تواند گزینه‌ی خوبی برای بهره‌گیری از انرژی بادی در ساختمان‌های مسکونی محسوب شود. این توربین‌های بادی دارای پکیج کنترلی بوده و در کل می‌تواند مصرف برق ساختمان را کاهش دهد.



را کاهش دهند. چیلر جذبی خورشیدی با بهره‌گیری از فرآیندی گرمای خورشیدی را استحصال کرده و آن را در فرآیند جذبی برای تولید سرمایش به کار می‌گیرد. هم‌اکنون مدل‌های تجاری این فناوری از شرکت‌های هیتاچی و ابارا در ایران نیز قابل عرضه است. بنابراین لازم است که فرهنگ ساختمان سبز یا ساختمان زنده رشد داده شود و مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و دستورالعمل‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌سازی‌ها و صنایع گوناگون به جدیت و فوریت رعایت شود. ■

علاوه بر این فناوری انرژی خورشیدی مانند آبگرمکن‌های خورشیدی، چیلر جذبی خورشیدی و سلول‌های خورشیدی روسقفی برای تولید برق مورد نیاز ساختمان، مواردی هستند که در سمت تقاضا ارائه می‌شود. تمامی این فناوری‌ها تجاری شده و البته کماکان هزینه سرمایه‌گذاری بهره‌گیری از آنها قابل توجه هستند.

سلول‌های فتوولتائیک روسقفی در اغلب کشورهای جهانی برای تولید برق مورد نیاز ساختمان کاربرد دارند که این سیستم‌ها می‌تواند در ترکیب با برق شبکه و توربین‌های بادی کوچک، میزان خرید برق از شبکه و هزینه‌ی آن

## پانویس‌ها

۱. برنامه‌ی راهبردی صنعت، معدن و تجارت، وزارت صنعت، معدن و تجارت، ۱۳۹۵.

## منابع

- [1]. Howells M.I., Alfstad T., Cross N., Jeftha L.C. (2002), Rural Energy Modelling. Energy Research.
- [۲]. تفرشی، سید مسعود، بررسی سیاست‌های انرژی کشور در حوزه‌ی تولید برق و سهم انواع نیروگاه‌ها در آینده، رساله‌ی دکترا، دانشکده‌ی مهندسی برق دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ۱۳۸۹.
- [۳]. اخلاقی، امین الله، برنامه‌ریزی بلندمدت عرضه و تقاضای انرژی در شهر تهران، رساله‌ی دکترا، دانشکده‌ی مهندسی مکانیک، دانشگاه شریف، تهران، ۱۳۸۸.
- [۴]. مزرعتی، محمد، اقتصاد انرژی ۲: مدل‌سازی تقاضای انرژی در بخش حمل‌ونقل، شرکت انتشاراتی پارس پیدورا، تهران، ۱۳۸۸.
- [۵]. جعفرآبادی، رضا، فاکهی خراسانی، امیرحسین، مقاله، مدل‌سازی تقاضای انرژی مفید در بخش حمل‌ونقل کشوری، ششمین همایش ملی انرژی، تهران، ۱۳۸۶.
- [۶]. فاکهی خراسانی، امیرحسین و همکاران، مدل‌سازی تقاضای انرژی مفید در بخش‌های مختلف اقتصادی، ششمین همایش ملی انرژی، تهران، ۱۳۸۶.
- [7]. Shankar Rammohan, A., Truls Gundersen and Thomas Alan Adams, Modelling and Simulation of Energy Systems: A Review, MDPI; Published: 23 November 2018.
- [8]. Hans-Kristian Ringkjøb, Peter M Haugan, Ida Marie Solbrekke; "A review of modelling tools for energy and electricity systems with large share of variable renewables", University of Bergen, Norway, Renewable and Sustainable Energy Review, Journal, 96 (2018) 440-459, Elsevier, Science direct.
- [9]. H-Holger Rogner, "Introduction to Energy System Modelling", International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, 13 June 2017.
- [10]. Tian Zhen Hong, "Advances in building energy modelling and simulation", Elsevier, Science direct, Journal of energy, July 2017.
- [11]. Kang-Yin Dong et.al; "A review of China's energy consumption structure and outlook based on a long-range energy alternatives modeling tool", paper, Crossmark, Pet. Sci. (2017) 14:214-227.
- [۱۲]. ترازنامه انرژی، معاونت برق و انرژی، وزارت نیرو، ۱۳۹۳.