

سیستم ممیزی انرژی ساختمان

با تأکید بر ساختمانهای دولتی در ایران

بیژن بیدآباد^۱ - آرش قشمی^۲

چکیده

با مروری بر ادبیات ممیزی انرژی ساختمان راهکارهای اجرایی ممیزی انرژی در ساختمان تحت عنوان «استانداردسازی سیستم مدیریت و ممیزی انرژی ساختمان» معرفی می‌شود. ضمن ارائه تعاریف مدیریت و ممیزی انرژی ساختمان، روش ممیزی و تعاریف بنیادی ممیزی و نهایتاً ابزارهای ممیزی و محاسباتی معرفی می‌گردند. فرصتهای بهبود مصرف انرژی در ساختمان و مفهوم کارایی انرژی و همچنین شبیه‌سازی انرژی در ساختمان از مواردی است که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد. در انتها با تجمیع یافته‌ها در یک روش جامع، نهادینه کردن ممیزی انرژی در ساختمان از طریق ترویج گواهی انرژی و همچنین روش اجرایی ممیزی انرژی در ساختمانهای دولتی ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت انرژی، گواهی انرژی، کارایی انرژی در ساختمان، ارزش انتقال حرارتی

مقدمه

الگوی مصرف ایرانی، پدیده ایست که باید به دقت مورد مطالعه قرار بگیرد. مطالعات و تحقیقات مختلفی نشان می‌دهند که شیوه‌های مختلف تولید، توزیع و مصرف در سطح جامعه ما در مورد اغلب کالاها و مواد مصرفی با استانداردهای جهانی فاصله‌ای چشم گیر دارند. این بدان معناست که بازنگری و فرصت‌سنجی در زمینه بهبود شیوه‌های فوق، نه تنها به ایجاد عادات موثرتر تولید، توزیع و مصرف منجر خواهد شد بلکه همچنین بازگشت سود ناشی از اصلاح الگوی مصرف به چرخه اقتصادی سیستم مصرف کننده نظیر خانواده، بنگاه‌های اقتصادی و دولت، هزینه‌های بازنگری الگو را جبران نموده و باعث تقویت آن سیستم نیز می‌گردد.

هدف اصلی مورد نظر، فرهنگ سازی و بهبود و بازسازی آن چیز است که فرهنگ و عادات تولید، توزیع و مصرف نامیده می‌شود. این هدف آنقدر پر اهمیت است که می‌تواند به عنوان یک استراتژی ملی به منظور بهبود

^۱ دکتر بیژن بیدآباد مشاور موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی <http://www.bidabad.com/> bijan@bidabad.com, bidabad@yahoo.com

^۲ کارشناس شرکت مهندسی شایانیک و عضو هیئت علمی موسسه آموزش عالی علامه محدث نوری [Email: arashghashami@yahoo.com](mailto:arashghashami@yahoo.com)

شاخصهای کلان اقتصادی کشور و حتی به عنوان یک منبع درآمد ملی مورد بهره برداری قرار گیرد. نقطه آغازین این حرکت "استانداردسازی" می‌باشد. تعیین استانداردها اگر دقیق و علمی صورت گرفته باشد، می‌تواند به منبعی نیرومند برای پایش و بهبود مصارف مورد استفاده قرار بگیرند.

این مقاله اهداف مختلفی را تعقیب می‌کند که شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- تمرکز بر بخش عمومی (دولت) به عنوان یکی از بزرگترین مصرف‌کننده‌های کشور، از نظر وسعت، اهمیت و اندازه.

۲- تمرکز بر مصرف انرژی، به عنوان یکی از مهمترین مصارف غیراستاندارد کشور و همینطور استراتژیک بودن آن در کشور و جهان.

۳- تمرکز بر روش سیستماتیک بهبود که می‌تواند به عنوان یک الگوی عملی برای حوزه‌های مختلف مطالعاتی مورد استفاده قرار بگیرد.

۴- ارائه مدلی اجرایی و عملی در مدیریت مصرف انرژی در ساختمانهای بخش عمومی که قابل پیاده سازی و بهره برداری باشد.

مدیریت انرژی ساختمان های دولتی

انواع حامل های مختلف انرژی و سبد رنگارنگ مصارف خانگی، دولتی و صنعتی، انواع و اقسام مصرف کننده ها و بدیل های متنوع برای هر کدام، صورت مختلفی از وضعیت های ممکن مصرف را پدیدمی آورد. اینکه یک مصرف کننده انرژی بدانند که آیا بهترین پیکره بندی ممکن از نظر انتخاب حامل، وسیله مصرف انرژی و بهترین تکنولوژی ممکن را برای این کار در نظر گرفته است، دانش ممتازیست که فقط از طریق اجرای مدیریت انرژی یکپارچه موسسه ممکن خواهد بود. در این راستا و در ادامه سیاستگذاریهای دولتی، برای اجرای سیاستهای استراتژیک بخش انرژی کشور براساس ماده ۱۲۱ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور مبنی بر اعمال صرفه جویی و منطقی کردن مصرف انرژی و حفظ محیط زیست و تحقق هرچه بیشتر سیاستها و اقدامات مرتبط با بهره برداری کارآمد و بهینه از انواع سوخت و با هدف جلوگیری از اتلاف منابع تجدیدناپذیر و ارتقاء کارایی مدیریت انرژی، «سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور» (I.F.C.O) در سال ۱۳۷۹ تشکیل گردید. از آنجائیکه بالاترین سهم مصرف انرژی در بین بخشها مربوط به بخش خانگی و تجاری با حدود ۳۶ درصد از کل مصرف انرژی می‌باشد، (ترازنامه انرژی سال ۱۳۷۸) و این سهم در سالهای اخیر همچنان رو به افزایش بوده است و از سوی دیگر بیشترین سهم از مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی و تجاری مربوط به فرآورده های نفتی و گاز طبیعی است لذا بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان و مسکن بسیار منطقی و اقتصادی به نظر می‌رسد. به این منظور، سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، فعالیتهایی را از سال ۱۳۸۰ در بخش ساختمان و مسکن آغاز نمود، که یکی از سرفصلهای این فعالیتها، اجباری نمودن مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در کشور در ۵ سال آینده می‌باشد. از دیگر فعالیتهای این مرکز می‌توان به جایگزینی سایر حاملهای انرژی بجای سوختهایی پر مصرف و فسیلی و بهینه سازی مصرف انرژی در تجهیزات خانگی اشاره کرد. با توجه وجود اقلیمهای مختلف در کشور و گوناگونی آب و هوا، پتانسیل استفاده از انرژیهای جایگزین در کشور بسیار زیاد است. این انرژیها عبارت از انرژیهای نو، ذغال سنگ و برق می‌باشند. لذا سازمان بهینه سازی مصرف سوخت در حال بررسی امکان استفاده از این پتانسیلها از طریق طرحهای پایلوت و اجرایی در سطح کشور است. مصرف سوخت توسط تجهیزات و محصولات انرژی بر خانگی داخلی و وارداتی در ایران بسیار بالاست. زیرا عمر کارخانجات تولیدکننده این محصولات و استانداردهای تولید به ۲ یا ۳ دهه گذشته یا حتی بیشتر برمی‌گردد لذا تجدید نظر در استاندارد های مرتبط با تولید این تجهیزات و همچنین بهینه سازی و تعویض خطوط تولید کارخانجات تولید کننده محصولات انرژی بر خانگی در کشور با خطوط و محصولات جایگزین با تکنولوژی بالا و کیفیت بهتر نه تنها می‌تواند به میزان زیادی از مصرف سوخت در بخش خانگی بکاهد بلکه کارائی و عملکرد تجهیزات خانگی را نیز افزایش خواهد داد. در این رویکرد

سه راه حل کلی افزایش راندمان مصرف سوخت در تجهیزات انرژی بر خانگی عبارتند از: یافتن و اجرای روشهای صرفه جویی انرژی در تجهیزات و لوازم خانگی، آموزش و تبلیغات.[5]

برنامه ممیزی انرژی برای کلیه ساختمانهای دولتی در فهرست برنامه‌های در دست اجرای سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت قرار گرفته است. مسلماً اجرای طرحهای پایلوت در پیشبرد دانش عملی ممیزی انرژی در ساختمان، نقش مهمی ایفا می‌نماید، اما برنامه‌ریزی برای ممیزی هزاران متر مربع ساختمانهای دولتی در سراسر کشور، آموزش و بکارگیری صدها متخصص ممیزی انرژی به این منظور، با توجه به ظرفیتهای نظام آموزشی کشور و فرهنگ سازمانی در سازمانهای دولتی، یک برنامه‌ریزی استراتژیک و کل نگر و مبتنی بر سیستمهای اقتصادی و اجتماعی کشور را می‌طلبد. در این مقاله کوشش می‌نمائیم تا با بررسی مسئله ضمن توجه به مسائل فنی، خصوصیات و ویژگیهای یک «سیستم ممیزی انرژی ساختمان» بیان شود و راهکار اجرایی در انجام ممیزی انرژی ساختمان در مقیاس وسیع ارائه گردد.

مسئله مورد بحث در این مقاله، طراحی سازوکاری برای ممیزی انرژی ساختمانهای دولتی در کشور است و اینکه تهدیداتی نظیر زمان، هزینه، فرهنگ و محیط چگونه می‌توانند اثرات مثبت ممیزی انرژی را خنثی کنند و یا اینکه تاکید و تکیه بر چه نقاط قوتی لازمه پایدار کردن نتایج حاصله از ممیزی انرژی در ساختمانهای دولتی است، موضوع مباحث این مقاله می‌باشد. همواره در ممیزی انرژی یک ساختمان با انبوهی از مسائل علمی، محاسباتی و روش‌شناسی مواجهیم، اما وقتی صحبت از هزاران متر مربع فضای ساختمانهای دولتی می‌شود، علاوه بر نکات فوق، مسائلی نظیر استراتژی اجرا، اقتصاد مقیاس، برنامه‌ریزی‌های کلان و پشتیبانی منابع انسانی و مالی نیز مطرح می‌شوند. در این مقاله کوشش ما بر آن است تا این دو جنبه را به یکدیگر پیوند داده و مزایای ممیزی انرژی را از این دیدگاه بررسی نمائیم. در این ارتباط با دو دسته مسائل کلی مواجهیم. اول مسائل برنامه ریزی و پیاده‌سازی ممیزی انرژی در سطح کلان کشور و دوم، مسائل مربوط به نحوه و شیوه ممیزی و نتایج آن.

می‌توان ممیزی انرژی را روش سیستماتیک و فرآیندی دانست که خود قسمتی از یک برنامه بزرگتر باشد. در اصل ممیزی و ارزیابی، مقایسه «آنچه که هست» و «آنچه که باید باشد» بوده و بر پایه مقایسه مطلوب و شاخصهای عملکرد بنا می‌شود. از آنجا که فرایند ممیزی انرژی به عنوان یک عملیات ارزیابی مطرح می‌گردد، تدوین برنامه مادر ممیزی ضروریست. این برنامه چیزی جز مدیریت انرژی نیست و مدیریت انرژی مسؤول تهیه مقدمات ممیزی انرژی و حفظ نتایج ممیزی و همچنین ضامن اجرای پروژه‌های بهبود آن در سازمان و بطور مداوم است. لذا می‌توان اذعان داشت که ممیزی انرژی زیربخشی از مدیریت انرژی ساختمان بوده و شامل فعالیتهای زیر می‌باشد: [10]

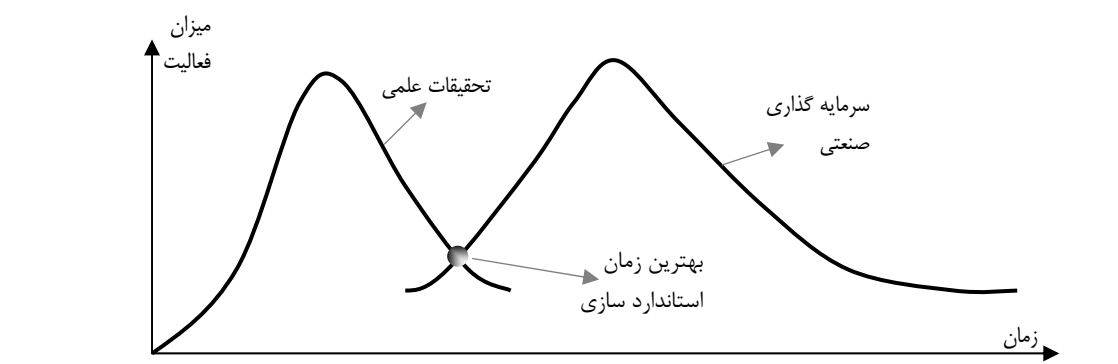
- شناخت وضع موجود انرژی در ساختمان
- طراحی وضع مطلوب انرژی در ساختمان
- برنامه ریزی اجرای فعالیتهای گذار به وضع مطلوب انرژی در ساختمان
- اجرای پروژه های بهبود در ساختمان و ممیزی و ارزیابی وضعیت انرژی در ساختمان

با افزایش بهای انرژی حساسیتهای لازم در زمینه اجرای برنامه‌های مدیریت انرژی در بنگاههای اقتصادی بوجود آمده است. گمانه‌زنی‌های متعددی در مورد زمان پایان پذیری ذخایر نفتی ارائه شده است و همه این تخمین‌ها همگی بر تپه شدن این ذخائر در چند دهه آینده متفق‌النظر هستند. ظرفیت سوختهای جایگزین نیز محاسبه شده و هزینه‌های اولیه تبدیل انرژی نیز قابل اندازه گیری است. فشارهای جهانی در زمینه تولید انرژی اتمی و هزینه‌های حفظ و نگهداری خطوط فرسوده انتقال نیرو و محدودیت استفاده از منابع انرژی جایگزین نظیر موج دریا و خورشید و گاز و باد بر بنگاههای اقتصادی مشخص شده و اکنون سازمانها قادر به محاسبه اتلاف انرژی خود بوده و روشهای محاسباتی معتبر به اندازه کافی برای محاسبات موجود می‌باشد.

بعضی از سازمانها پیشگام شده و سیستم مدیریت انرژی^۳ را با توجه به مقتضیات سازمان خود و میزان حساسیت و توانایی و دانش واحدهای مربوطه خود مستقر کرده‌اند، که همگی به طور جدا از هم و بر پایه استاندارد های داخلی سازمان یا برخی منابع بین‌المللی بوده است. اما بدنه عمومی کشور هنوز اقدامی عملی در این جهت ننموده است. گرچه حساسیت لازم در این زمینه را بدست آورده اما بنیه علمی کافی و عزم لازم برای ابداع سیستم مناسب داخلی و درخور سازمان خود را ندارد. با توجه به این موضوع است که باید به سمت استانداردسازی^۴ مناسب و درخور حرکت نمود. [10]

نظریه برخورد فیله‌ها و استانداردسازی سیستم مدیریت انرژی ساختمان

به عقیده کلارک، بهترین موقع برای استانداردسازی هنگامی است که مطالعات و تحقیقات علمی میزان زیادی از سرفصلها را پوشش داده باشد اما هنوز صنعت بطور گسترده در موضوعات آن سرمایه‌گذاری نکرده باشد. شکل ۱ این وضعیت را نشان می‌دهد.



تصویر ۱: فرضیه برخورد فیله‌ها (کلارک)

اگر تحقیقات علمی سرفصلهای اصلی را تحت شمول قرار نداده باشند، انجام استانداردسازی با خطر نقصان مواجه خواهد شد و یا اگر سرمایه‌گذاری صنعتی در یک بخش اقتصادی در بیشتر بنگاهها انجام شده باشد، و استانداردسازی صورت نگرفته باشد علاوه بر تضییع منابع زیادی از بنگاهها (که عمدتاً با فقر علمی نیز مواجهند) امکان توسعه خطا در سطح کلان را گسترش می‌دهد. موافق نظریه کلارک، بهترین زمان استانداردسازی جایی بین اكمال تحقیقات علمی و ابتدای سرمایه‌گذاری‌های بنگاهها می‌باشد. این نظریه را می‌توان درباره‌ی موضعی که بخش انرژی قرار گرفته است تصور نمود. با عنایت به منابع تحقیقاتی موجود، در داخل و خارج از کشور، در بخش صنعت و دانشگاه، و همچنین متولیان امر نظیر سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت و غیره، می‌توان ایران را در ابتدای سرمایه‌گذاری عظیم صنعتی در بخش مدیریت انرژی دانست. پس هم اکنون بهترین زمان استانداردسازی در این باره است. [10]

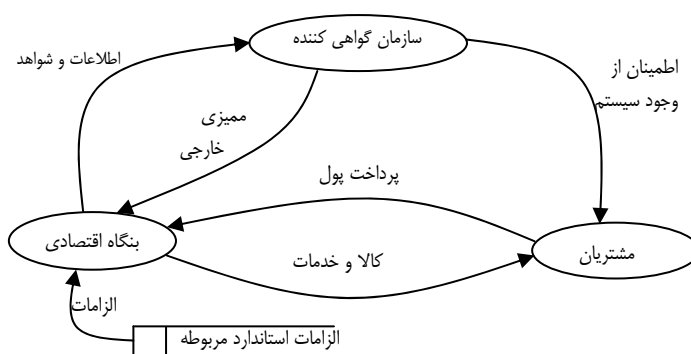
استانداردسازی سیستم مدیریت انرژی با تعریف سیستم مدیریت انرژی ساختمان، سازوکار لازم در جهت استقرار استانداردهای مصرف و حفظ انرژی را تبیین می‌کند. استانداردسازی شامل فهرستی از بایدها و نبایدهاست که بنگاه ملزم به رعایت آن است. این استانداردها یکپارچه و مطابق سایر نیازها و شئون سازمانی و قانونی و همچنین اهداف و ایده‌های سازمان استفاده کننده است. استانداردها با قالب مشترک برای همه بنگاهها، سبب ایجاد تجربه و دانش مشترک شده و تربیت متخصصانی در این زمینه را نیز سبب می‌شود. استفاده از استاندارد مشترک، ارتباطات را از طریق بوجود آوردن زبان مشترک در داخل و خارج سازمان تسریع کرده و بهبود می‌بخشد. [10] سیستم‌های

³ Energy Management System

⁴ Standardization

مدیریتی با گروه‌های متنوعی نظیر سازمانهای ذینفع^۵، مشتریان^۶، سازمانهای گواهی کننده^۷، به نمایندگی از طرف مشتریان و یا شرکاء اقتصادی خود^۸ در رابطه هستند. و بنگاههای اقتصادی در تعامل با این نهادها و بنگاهها و افراد و سازمانها سیستم مدیریت خود را بوجود می‌آورند. این ارتباط در شکل ۲ نشان داده شده است. اجزای مختلف نمودار ۲ به شرح زیر می‌باشند:

- ۱- استانداردهای مربوطه: الزاماتی^۹ هستند که بصورت عمومی و فراگیر برای بخش یا حرفه مربوطه بوجود آمده‌اند، و از طرف مراجع ذیصلاح تهیه و معتبر شناخته شده‌اند.
- ۲- سازمانهای گواهی کننده: سازمانهایی هستند که مورد اطمینان مشتری بوده و بطور منظم، با هزینه بنگاه اقتصادی و به درخواست او، از سیستم مدیریت مربوطه بازدید و ممیزی انجام داده و یا اجازه استفاده از نماد تجاری خود توسط سازمان، حصول اهداف استاندارد را در سازمان مربوطه گواهی می‌کنند.
- ۳- مشتریان: دریافت کننده کالا و خدمات تولید شده توسط بنگاه هستند با پرداخت سود و هزینه کالاها و خدمات، ادامه حیات بنگاه را تضمین می‌کنند. مشتریان در جهان مشتری مدار، قادر هستند تا حساسیتها و خواستههای آشکار و پنهان خود را به بنگاه تولید کننده کالا و خدمت تحمیل کنند و از طریق موسسات گواهی کننده، از درجه تحقق خواستههای خود مطمئن شوند. [10]



تصویر ۲: روابط فراسازمانی در سیستم‌های مدیریتی

سیستم‌های مدیریتی در درون سازمان مجموعه سازوکارهای برنامه ریزی، سازماندهی، هدایت و کنترل عملیات سازمان مربوطه می‌باشند. برنامه‌ریزی در قالب فعالیتهایی که در زمان و با هزینه معین باید انجام شوند مطرح می‌گردد. سازماندهی در قالب این فرآیند است که چه کسی یا کسانی مطابق جداول سازمانی باید عهده‌دار و مسؤول انجام فعالیتهای مورد نظر مدیریت باشند. هدایت سیستم چگونگی انجام فعالیتهای مورد نظر را عهده‌دار است، و نهایتاً کنترل در قالب مقایسه فعالیتهای انجام شده با فعالیتهایی که باید انجام می‌شده‌اند و همچنین نتایج بدست آمده با نتایجی که باید بدست می‌آمدند، صورت می‌گیرد. تمام فعالیتهای فوق از طریق ارتباطات^{۱۰} در سازمان پیاده‌سازی می‌گردند. این ارتباطات غالباً بین اجزاء مختلف سازمان از طریق پیامها برقرار می‌گردد و قالب رایج این ارتباطات، مستندات^{۱۱} سیستم مدیریت مربوطه می‌باشند. مستندات، صورت ملموس و قابل انتقال و نگهداری هر سیستم مدیریت هستند. پس طراحی یک سیستم مدیریت، در واقع طراحی مستندات آن است. این مستندات بصورت کارا و اثر بخش،

⁵ Interested Party

⁶ Customers

⁷ Certificated Body (CB)

⁸ Stakeholders

⁹ Requirement

¹⁰ Communication

¹¹ Documents

تمامی اهداف استاندارد و الزامات مربوطه را محقق می‌کنند. پس بررسی ساختار داخلی یک سیستم مدیریت، در واقع بررسی ساختار مستندات آن است.

بطور کلی سازمانها خط مشی^{۱۲}، هدف و یا اهداف خود را در ایجاد سیستمهای مدیریتی مد نظر خود، طراحی می‌کنند و در راستای تحقق اهداف مورد نظر، روشهای اجرایی^{۱۳} لازم را تهیه می‌نمایند. این روشهای اجرایی یا بدست آمده از الزامات، استاندارد سازمان در تحقق اهداف سازمان بوده و یا مورد نیاز و استفاده سازمان می‌باشند. پس از تدوین روشهای اجرایی نوبت به طراحی دستورالعملهایی^{۱۴} می‌رسد که افراد سازمان برای انجام روشهای اجرایی به آن نیازمندند. [10] الزامات باید و نبایدهایی هستند که سازمان را ملزم و متعهد به اجرای آنان می‌کنند. در ارتباط خاص با استانداردسازی سیستم مدیریت انرژی می‌توان این مراحل را به شکل زیر برشمرد:

- ❖ الزامات و مفاهیم اولیه و ضرورتها را درک کند و اهداف خود را مطابق آن تنظیم نماید.
- ❖ ضرورتهای مستندسازی^{۱۵} را بفهمد، و مستندات و مدارک لازم را فراهم کند.
- ❖ مدیران خود را عملاً متعهد به اجرای سیستم مدیریت بنمایند.
- ❖ منابع لازم را جهت تحقق اهداف مورد نظر بسیج نماید.
- ❖ فرآیندهای «انرژی‌زا» و «انرژی‌بر» خود را شناسایی کرده و از طراحی فرآیندها تا طراحی محصول و اجرای تولید آن اطلاعات کافی داشته باشد.
- ❖ روشهایی را برای اندازه‌گیری، پایش، و پیش بینی اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه ناشی از اندازه‌گیریها ابداع کند.
- ❖ بهبود مستمر مصرف انرژی را مورد نظر قرار داده و مدارک و شواهدی را دال بر بهبود مداوم خود، و نزدیکی به مصرف انرژی بهینه، ارائه کند. [10]

مبانی مدیریت انرژی در ساختمان [4]

مدیریت انرژی در ساختمان، به عنوان یک فرآیند سیستماتیک، از تعریف و مرز و محدوده روشنی برخوردار است. سازمانها و مراکز دولتی می‌توانند در کنار فعالیتهای جاری خود فعالیت مدیریت انرژی را نیز به شرح زیر به انجام رسانند.

- ۱- روش‌شناسی منابع اتلاف انرژی در ساختمان شامل: تهیه وضعیت کمی مصرف انرژی، بررسی اجمالی ساختمان^{۱۶} (تعیین وسایل لازم اندازه‌گیری، تعیین بخشهای مختلف ساختمان از لحاظ مصرف، تعیین منابع اتلاف که به روشنی مشهود است، بررسی وضعیت کنترل‌کننده‌های انرژی، بررسی کلیه تجهیزات برقی، بررسی نحوه گردش هوا در ساختمان، تعیین ترکیب تیم متخصص و دستیابی به اطلاعات کلی ساختمان
- ۲- پوششها و سطوح خارجی ساختمان
- ۳- سیستم‌های روشنایی
- ۴- پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان
- ۵- سیستمهای تهویه متبوع HVAC
- ۶- بررسی نحوه گردش هوا در ساختمان
- ۷- تعیین موارد اندازه‌گیری شامل: تعیین انواع اندازه‌گیریها، تعیین زمان اندازه‌گیری و تعیین استانداردهای

¹² Policy

¹³ Procedures

¹⁴ Work Instruction

¹⁵ Documentation

¹⁶ Walk Through

اندازه‌گیری

- ۸- تعیین منابع اتلاف و پتانسیل جلوگیری
- ۹- ارائه فهرست کنترل جهت اجرای روش شامل: اطلاعات پایه، اطلاعات پوشش ساختمان، وضعیت مصرف انرژی و آب، اندازه‌گیریهای مختلف، سؤالات سیستم مصرف انرژی، اطلاعاتی در مورد جنس و مشخصات مصالح
- ۱۰- توصیه‌ها [4]

ممیزی انرژی ساختمان می‌تواند به عنوان روش اندازه‌گیری و ثبت مصرف انرژی واقعی در یک مجموعه ساختمانی و اساساً به جهت هدف کاهش و کمینه کردن مصرف انرژی (بیان شده در واحد مصرف انرژی و نه ارزشهای مالی) شناسایی شود. ممیزی انرژی حیطه‌هایی را که انرژی بطور مؤثر استفاده می‌شود و یا به هدر می‌رود را شناسایی می‌کند. همچنین حیطه‌هایی که بیشترین پتانسیل برای صرفه جویی انرژی را دارا هستند و برای استقرار الگوی مصرف مناسب می‌باشند را شناسایی می‌کند. به عبارت دیگر ممیزی انرژی، درک چگونگی مصرف انرژی در ساختمان و چگونگی ارتباط اجزاء سیستم با یکدیگر و نحوه اثرگذاری محیط خارجی بر ساختمان از لحاظ انتقال انرژی می‌باشد. رویکردهای مختلفی به ممیزی انرژی ساختمان وجود دارد ولی مراحل زیر تقریباً در همه رویکردها مشترک است:

مرحله ۱: ممیزی داده‌های تاریخی

مرحله ۲: ارزیابی کلی

مرحله ۳: تجزیه و تحلیل و مطالعه تفصیلی

یک ممیزی انرژی کامل به غیر از هدف صرفه جویی انرژی می‌تواند به عنوان یک ابزار کمکی در مورد ایجاد یک بانک اطلاعات و سوابق مصرف انرژی، پیش‌بینی هزینه‌های انرژی، بیان الگوهای مصرف و نسبت‌های کارایی و استقرار بازنگریهای عملی و اجرایی بکار گرفته شود. [6]

برای آشنایی بیشتر با مفهوم ممیزی انرژی، ارائه تعاریف و واژگانی در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. اولین تعریف ممیزی انرژی مربوط به ANSI^{۱۷} است. طبق این تعریف استاندارد ممیزی مطالعه‌ای روشمند و یا یک ارزیابی جهت جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد. [1] سازمان جهانی استاندارد برای استانداردسازی نیز تعاریف خود را در قالب ایزو (استاندارد ISO19011) ارائه کرده است که شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- ممیزی Audit

ممیزی عبارت از یک فرآیند نظام مند، مستقل و مکتوب برای گردآوری شواهد ممیزی و ارزیابی عینی آن به منظور تعیین میزان برآورده شدن معیارهای ممیزی می‌باشد.

۲- برنامه ممیزی Audit Program

برنامه ممیزی عبارت از مجموعه‌ای از یک یا چند ممیزی برنامه‌ریزی شده در یک چارچوب زمانی مشخص و با هدف دستیابی به هدفی خاص است.

۳- معیارهای ممیزی Audit Criteria

معیارهای ممیزی عبارت از مجموعه‌ای از خط مشی‌ها، روشهای اجرایی یا الزاماتی که به عنوان مأخذ مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌باشد.

۴- شواهد ممیزی Audit Evidence

شواهد ممیزی، عبارتند از سوابق، اظهارات و گزارشات مربوط به واقعیات عینی یا سایر اطلاعات مرتبط با معیارهای ممیزی و قابل رسیدگی. شواهد ممیزی ممکن است کمی و یا کیفی باشند.

۵- یافته‌های ممیزی Audit Findings

یافته‌های ممیزی عبارتند از نتایج حاصل از ارزیابی شواهد جمع آوری شده، نسبت به معیارهای ممیزی. یافته‌های ممیزی ممکن است حاکی از انطباق یا عدم انطباق نسبت به معیارهای ممیزی باشند، یا امکان بهبود را شناسایی کند.

۶- نتیجه‌گیریهای ممیزی Audit Conclusion

نتیجه‌گیریهای ممیزی، عبارتست از ماحصل یک ممیزی، که پس از بررسی و در نظر گرفتن مشاهدات و همه یافته‌های ممیزی، توسط گروه ممیزین ارائه می‌گردد.

۷- متقاضی ممیزی Audit Clients

متقاضی ممیزی عبارتست از سازمان یا شخصی که خواستار انجام یک ممیزی توسط ممیزان می‌شود.

۸- ممیزی شونده Auditee

ممیزی شونده، عبارتست از سازمانی که مورد ممیزی قرار می‌گیرد.

۹- ممیز Auditor

ممیز، عبارتست از شخص واجد مهارت و شایستگی، که ممیزی را برگزار می‌نماید. بطور کلی ممیز کسی است که قابلیت لازم برای ممیزی مورد نظر را احراز کرده باشد.

۱۰- گروه ممیزی Audit Team

گروه ممیزی، عبارتست از یک یا چند ممیزی که یک عملیات ممیزی را اجرا می‌نمایند.

۱۱- کارشناس فنی Technical Expert

کارشناس فنی، فردی است که دانش یا تخصص ویژه‌ای را در رابطه با موضوع ممیزی ارائه می‌کند. دانش ویژه یا تخصصی، عبارت از دانش یا مهارت تخصصی درباره سازمان، فرآیند یا فعالیتی که قرار است ممیزی شود، یا زبان و راهنماییهای فرهنگی دیگر می‌باشد.

۱۲- شایستگی Competence

شایستگی عبارتست از توانایی اثبات شده در مورد بکارگیری مهارت و دانش. [2]

در کنار این تعاریف، روش‌شناسی ممیزی نیز به درک مراحل ممیزی انرژی کمک کرده و حدود آن را روشنتر می‌نماید.

روش انجام مراحل مختلف ممیزی ساختمان شامل موارد زیر می‌باشد [4]:

۱- تجزیه و تحلیل و شناسایی ساختمانهای موجود

انواع ساختمان، دسته‌بندی ساختمانها، میزان مصرف انرژی بر واحد سطح، قیمتها و هزینه‌ها، محاسبات روزانه درجه حرارت، شرایط آب و هوایی و رطوبت محیط

۲- تعیین اهداف انجام ممیزی

تعیین اهداف صرفه جویی ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪ و ... ، زمان برگشت سرمایه و میزان سرمایه‌گذاری لازم

۳- انتخاب تعدادی ساختمان نمونه

۴- بازدید از ساختمانها

کنترل مصالح، کنترل پنجره‌ها، شرایط عمومی، موتورخانه، سیستم سرمایش/گرمایش، لوله‌کشی، فنکولها و رادیاتورها

۵- جمع آوری اطلاعات مربوطه به ساختمان

نقشه‌های ساختمان، نقشه‌های تأسیسات و قبوض مصرف انرژی

۶- پردازش اطلاعات

شرح اطلاعات عمومی ساختمان و میزان مصرف انرژی در ساختمان

- ۷- جمع آوری اطلاعات مربوطه به هزینه‌های اجرای اقدامات صرفه جویی پنجره‌ها، عایق کاری سقف، عایق کاری دیوارها، سیستم گرمایش و سرمایش و سایر موارد
- ۸- برآورد اقتصادی
- تخمین هزینه، برآورد ارزش ریالی انرژی و محاسبه زمان برگشت سرمایه
- ۹- ارائه مدل‌های مختلف اجرای طرح‌های پیشنهادی
- تهیه مدل اجرایی، نحوه هزینه شدن بودجه و نحوه تأمین مالی (سرمایه‌گذاری)
- ۱۰- نظارت فنی و عمومی

گزارش عملکرد، نتایج فنی و گزارش نهایی [4]

نکات مهم زیر را همواره باید در ممیزی انرژی ساختمان مد نظر قرار داد: [9]

در مورد اعلام و تخمین هزینه‌های ممیزی انرژی ساختمان موارد زیر قابل تأمل هستند:

- ۱- این هزینه‌ها از ساختمان به ساختمان متفاوت هستند
 - ۲- ارزانتر تمام کردن ممیزی همیشه بهتر نیست
 - ۳- توجه به صرفه جویی از نظر اقتصاد مقیاس توصیه می‌گردد
 - ۴- نمونه گیری هزینه‌ها را پایین می‌آورد
- در مورد اعلام و تخمین زمانبندی پروژه‌های ممیزی ساختمان موارد زیر قابل تأمل هستند:

- ۱- زمان متناسب با اندازه و پیچیدگی تجهیزات می‌باشد
 - ۲- ممیزی انرژی غالباً بین ۶۰ الی ۱۲۰ روز توصیه می‌گردد
 - ۳- در دو مرحله گزارش دهی انجام می‌شود، گزارش مقدماتی و گزارش نهایی
- مشکلات عمده ای که در سر راه اجرای یک ممیزی خوب قرار دارد شامل:

- ۱- داده‌های غیردقیق و یا از دست رفته در ارتباط با نرخ مصرف انرژی و یا هزینه تجهیزات مورد استفاده در ساختمان
- ۲- داده‌های غیردقیق درباره عملیات اجرای ساختمان و خصوصیات ساختمان
- ۳- پیش‌بینی‌های غیردقیق هزینه‌های انجام اندازه‌گیری‌های انرژی
- ۴- مقادیر نامتناسب برای هدف‌های مطلوب صرفه جویی
- ۵- پیش‌بینی‌های غیردقیق هزینه‌های نگهداری و تعمیرات آتی [9]

دانشگاه لیدز انگلستان، به عنوان یک دانشگاه پیش‌تاز در زمینه مدیریت انرژی ساختمان، سرفصل‌های برنامه ممیزی انرژی ساختمان سال ۲۰۰۳ خود را بشکل زیر ارائه کرده است. این برنامه می‌تواند به عنوان نمونه، یک برنامه ممیزی انرژی که بسیار خوب تنظیم شده است را نشان دهد.

- ۱- انجام ارزیابی مقدماتی
- ۲- محدودیت‌های نظارت
 - ۱-۲ کاربردهای اولویت‌بندی شده
 - ۱-۱-۲ تاریخچه ساختمان - مرتبط با سایر الزامات
 - ۲-۱-۲ سهولت اجرای ممیزی
 - ۳-۱-۲ انتخاب انواع ساختمان
- ۳- تهیه برنامه پروژه
 - ۱-۳ پیش‌بینی هزینه‌های مرمت و بازسازیها
 - ۲-۳ صرفه جویی انرژی

- ۳-۳ سایر منافع نظیر بهبود محیط اداری
- ۴- استفاده از مواد ساختمانی با عایق کاری حرارتی بالا
- ۵- استفاده از تکنولوژیهای انرژیهای تجدیدپذیر برای تولید انرژی حرارتی و الکتریکی
- ۱-۵ استقرار منبع انرژی خورشیدی در بامها
- ۲-۵ استقرار بویلرها با سوختههای بازیافتی^{۱۸}
- ۳-۵ استفاده از این روشها برای مقاصد تحقیقاتی و آموزشی و کسب درآمد از این طریق
- ۶- استفاده از پمپهای حرارتی [8]

روشهای محاسباتی و ابزارهای ممیزی انرژی

تا کنون به بیان کلی روش ممیزی انرژی در ساختمان پرداختیم، و حال به چگونگی اجرای این محاسبات و میزان پوشش آنها می پردازیم. باید اشاره کرد که اگر برنامه‌های ممیزی توسط یک روش علمی مناسب و ابزارهای فنی و اجرایی حمایت نشوند، هر قدر هم که هوشمندانه طراحی شده باشند، باز در آستانه شکست در مأموریت‌های خود قرار خواهند گرفت. در این ارتباط با ذکر دو مفهوم اصلی بحث را ادامه می‌دهیم. اولین مبحث مفهوم علمی محاسبات و فرمولاسیون آن است. اصولاً هدر رفتن انرژی براساس کمیت‌های معتبر و یکسان قابل اندازه‌گیری می‌باشد. و مبحث دوم مفهوم شبیه‌سازی انرژی است. شبیه سازی مصرف انرژی در ساختمانها، کمک شایانی به حل مسائل هدر رفتن انرژی و همچنین شناسایی فرصتها برای بهبود صرفه‌جویی انرژی می‌نماید. قبل از ورود به این دو مبحث، این سوال مطرح است که آیا ممیزی انرژی یک فعالیت بیکران و اندازه است و از تفصیل فزاینده برخوردار است و نظیر پروژه‌های ساخت و یا تولید از پیچیدگیهای غیرقابل پیش‌بینی برخوردار می‌باشد؟ یا اینکه ممیزی انرژی یک مجموعه کراندار از فعالیت‌های مشخص و تمهید فرصتهای مشخص است؟ در پاسخ به این سؤال لازم است ذکر کنیم که فرصتهای صرفه جویی انرژی در ساختمان آنچنان ناشناخته و وسیع نیستند. محدوده مشخص امکان صرفه‌جویی، راه برنامه‌ریزی و حتی طراحی برنامه‌های اصلاحی از پیش تعیین شده و حتی تولید استانداردهای لازم را نظیر بسیاری از کشورها که از رویه‌های مشخص صرفه جویی انرژی استفاده می‌کنند در این زمینه فراهم کرده است. این فرصتها به نقل از نظامنامه کارایی انرژی شامل موارد زیر می‌باشند. (راهنمای کارایی انرژی [3]):

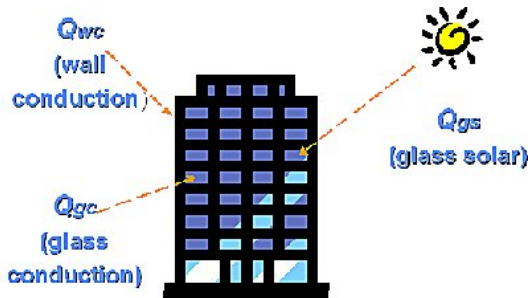
- ۱- تجهیزات مکانیکی
- چیلرها، بویلرها، سیستمهای انتقال آب ساختمان، سیستمهای انتقال هوای ساختمان و واحدهای HVAC و تهویه مطبوع
- ۲- نشتی هوای ساختمان
- دربهای آدم رو، پارکینگها، باراندازها و دربهای ورود و خروج تجهیزات، نشتی هوای پنجره‌ها و سایر نشتی‌ها
- ۳- عایق کاری ساختمان
- پشت بامها و شیروانیها، دیوارها و درز بندی شیشه‌ها
- ۴- استفاده و کنترل نور خورشید
- کاهش بار سرمایش: پنجره‌ها و نورگیر بام
- کاهش بار گرمایش: سطوح و پوششهای مات، استفاده از نور روزانه و گرمایش بوسیله نور خورشید
- ۵- روشنایی مصنوعی
- لامپ‌ها: روشنایی‌های خورشیدی، روشنایی‌های فلورسنت، HID و LPS ها، کنترل دستی روشنایی،

کنترل اتوماتیک روشنایی، جانمایی و چیدمان روشنایی و امتیازبندی و تعمیرات و نگهداری روشنایی [3] همانطور که ملاحظه می‌شود، فهرست فوق، نه تنها محدوده اجرایی ممیزی انرژی را بیان می‌دارد، بلکه همچنین مرجعی جهت توصیه و تولید برنامه های اصلاحی می‌باشد. حال با ارائه این مقدمه با بازگشت به بحث اصلی، مقدمات محاسبات عددی و کمی انرژی را پی می‌گیریم.

ارزش انتقال حرارتی کلی OTTV، [6]

ارزش انتقال حرارتی کلی^{۱۹} در ۱۹۸۰ توسط موسسه CIBCE هنگ‌کنگ توسعه داده شد و سپس در ۱۹۹۱ کمیته نظارت بر عملکرد انرژی هنگ‌کنگ قوانین دولتی مربوط به آن را به تصویب رساند و یک امکانسنجی فنی و اقتصادی به منظور کنترل ارزش انتقال حرارتی کلی، صورت گرفت و نسخه استاندارد ارزش انتقال حرارتی کلی، برای جلب نظر کارشناسان و مشاورین مربوطه تهیه و پس از بحث و گفتگو در سالهای ۹۴-۱۹۹۳، تحت عنوان قانون عملکرد انرژی در ساختمان و الزامات فنی آن به عنوان یک قانون اجرایی تصویب گردید.

ارزش انتقال حرارتی کلی یک شاخص کنترلی برای کاهش جذب گرما در ساختمانها و همچنین کاهش بار سرمایش در ساختمان هاست و شاخص بسیار مناسبی در جهت اجرای ممیزی انرژی در ساختمانها می‌باشد و دارای ۳ مؤلفه اصلی می‌باشد.



- Q_{wc} هدایت گرمایی دیوارهای کدر
- Q_{gc} هدایت گرمایی شیشه پنجره
- Q_{gs} بازتاب نور از شیشه پنجره

تبادل گرما در ساختمان می‌تواند توسط فرمول زیر نشان داده شود. در معادله ارزش انتقالی حرارتی کلی داریم:

$$OTTV = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

$$OTTV_i = \frac{Q_{wc} + Q_{gc} + Q_{gs}}{A_i} \quad (2)$$

- A_w, A_f = wall and window area (m²); $A_i = A_w + A_f$
- U_w, U_f = U-values of wall and window (W/m².K)
- TD_{eq} = equivalent temperature difference (°C)
- DT = delta temperature (°C)
- SC = shading co efficiency of window glass
- SF = solar factor (W/m²)

پارامترهای TD_{eq} , DT , SF وابسته به ارتفاع و ساخت ساختمان هستند.

محاسبه ساده نسبت دیوار به پنجره^{۲۰} هم می‌تواند بوسیله فرمول زیر انجام شود.

$$OTTV_{wall} = \frac{\sum (OTTV_i \times A_i)}{\sum A_i} \quad (4)$$

$$OTTV_i = (1 - WWR) \times U_w \times TD_{eq} + WWR \times U_f \times DT + WWR \times SC \times SF \quad (5)$$

$$OTTV_i = \frac{(A_w \times U_w \times TD_{eq}) + (A_f \times U_f \times DT) + (A_f \times SC \times SF)}{A_i} \quad (3)$$

¹⁹ OTTV (Overall Thermal Transfer Value)

²⁰ Wall to Window Ration (WWR)

همچنین ارزش انتقالی حرارتی کلی بام و دیوار مشابه یکدیگرند، (جای بام با دیوار و پنجره با نور خورشید در فرمول جایجا می شود) [6]. معادلات ارزش انتقالی حرارتی کلی، به شکل زیر توسعه یافته اند،

$$OTTV_i = \frac{(A_w \times U_w \times \alpha \times TD_{eq}) + (A_f \times SC \times ESM \times SF)}{A_t} \quad (6)$$

که α در آن، جذب انرژی خورشیدی دیوار و ESM نیز ضریب تکاثری سایبان خارجی است. محدوده‌های فعلی قابل قبول در هنگ کنک عبارتند از اینکه ارزش انتقالی حرارتی کلی در برجها نباید بیش از 35 W/m² و در تالارهای عمومی نباید بیش از 80 W/m² باشد. این محدودیتها برپایه ارزش انتقالی حرارتی کلی های وزن دهی شده دیوارها و سقفها در ساختمانها و هتلها بنا شده است. این قوانین در حال حاضر در مورد ساخت ساختمانهای جدید اعمال می گردند و نافذند. در حال حاضر، برای تسهیل روال تنظیم اظهارنامه‌ها، 4 شکل محاسبات رایج است:

◆ OTTV 1، برای دیوار و سقف ها

◆ OTTV 2، برای چراغهای سقف و دیوار

◆ OTTV 3، برای نمای ساختمان

◆ OTTV 4، جدول خلاصه همه ارزش انتقالی حرارتی کلی های ساختمان

سایر کدهای انرژی در ساختمان شامل کدهای استاندارد نصب چراغها و لامپها، کدهای استاندارد نصب تهویه مطبوع و HVAC، کدهای استاندارد نصب های الکتریکی، کدهای استاندارد آسانسورها و کدهای استاندارد سیستم‌های کنترل و نظارت عمومی [6] می‌باشند.

فرمولهای ذکر شده فوق به عنوان نمونه‌ای از استانداردهای رایج امروزه جهان ارائه شده‌اند. لازم بذکر است که همانگونه که مشاهده شد این استانداردها خواستگاه تحقیقاتی و علمی داشته و طی مذاکرات زیاد، توسط کمیته‌های تخصصی به استانداردهای علمی و نهایتاً به استانداردهای اجرایی ساختمانی تبدیل شده‌اند. این فرموله اساس محاسبات ممیزی انرژی ساختمان می‌باشند اما در پاسخ به این سؤال که آیا برآستی جریان انرژی ساختمان و روندهای آن توسط مطالعه فرمولهای فوق، به روشنی نشان داده می‌شوند یا نه باید گفت که برای ترسیم مدل انرژی یک ساختمان احتیاج به مدت زیادی مطالعه بر روی ساختمان و بررسی آماری نتایج بدست آمده از فرمولها را داریم اما ابزار نیرومند دیگری نیز برای این امر موجود است و آن ابزارهای شبیه سازی انرژی در ساختمان است.

شبیه‌سازی انرژی ساختمان [6]

شبیه‌سازی انرژی ساختمان، یک تجزیه و تحلیل انرژی ساختمان بوسیله ابزار مدلسازی کامپیوتری است که بار حرارتی ساختمان و مصرف انرژی را از طریق مشخصات انرژی و ساختمان بیان می‌کند. استفاده از شبیه‌سازی انرژی ساختمان، فواید زیر را در بردارد:

۱- شبیه سازی انرژی در ساختمان یک روش قدرتمند برای مطالعه عملکرد انرژی ساختمانها و همچنین مفید به جهت ارزیابی طراحی معماری ساختمان است.

۲- می‌توان به کمک شبیه‌سازی انرژی ساختمان، دلایل مشکلات و خیمی که در طراحی معماری ساختمان به وجود آمده‌اند را پیدا کرد و به این وسیله این مشکلات را کمی نمود و ارزیابی کرد.

۳- همچنین شبیه‌سازی انرژی ساختمان، ابزار مفیدی برای ایجاد درک بهتری از عملکرد انرژی ساختمان می‌باشد.

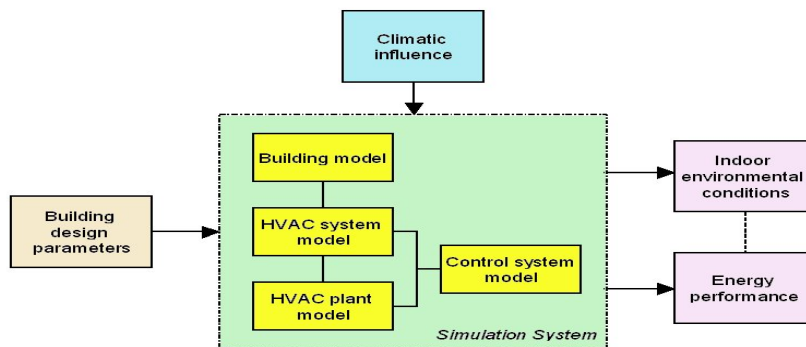
۴- انرژی تجزیه و تحلیل شده، اطلاعات بهتری را برای تصمیم‌گیربهای کلان و استراتژیک فراهم می‌نماید. شبیه‌سازی انرژی ساختمان بر پایه بار محاسبه شده انرژی در گرمایش و سرمایش و طراحی تهویه مطبوع بنا می‌شود که شامل، محاسبه انرژی و بار هریک می‌باشد. شبیه سازی انرژی ساختمان، نتایج زیر را در بر دارد:

- ۱- داده های مصرف انرژی ساختمان از این طریق محاسبه می شوند.
- ۲- شرایط محیط داخل ساختمان تدوین می گردد.
- ۳- میزان عملکرد تجهیزات گرمایشی و سرمایشی محاسبه می گردد.
- ۴- اهداف عمده ای از شبیه سازی انرژی ساختمان بدست می آیند. شامل:
 - ✓ ایجاد شرایط واقعی برای مصرف سوخت با کمیت قابل قبول در ساختمان که براحتی قابل اندازه گیری باشد.
 - ✓ بهینه سازی عملکرد سیستم
 - ✓ مقایسه انتخابهای مختلف طراحی بر پایه هزینه های محاسبه شده بر اساس چرخه حیات سیستم

چهار عامل اصلی در مدل سازی انرژی ساختمان دخیل هستند:

- مدل ساختمان
- مدل سیستم HVAC
- مدل HVAC PLANT
- مدل سیستم کنترل.

همچنین می توان یک مدل اقتصادی را به شبیه سازی انرژی و تجزیه و تحلیل چرخه عمر تجهیزات ساختمانها اضافه کرد. ورودیهای عمده شبیه سازی مشخصات تشریحی ساختمان و پارامترهای طراحی هستند و خروجی های عمده مورد علاقه طراحان شبیه سازی انرژی ساختمان نیز مصرف انرژی سالانه بر حسب (MWh)، پیش بینی و محاسبه مقدار مورد نیاز انرژی (KW)، طراحی شرایط مناسب داخلی مثل دما و رطوبت فضاهای داخلی و از این قبیل می باشد.



تصویر ۳: مدل شبیه سازی انرژی ساختمان

ابزارهای رایج شبیه سازی انرژی ساختمان، نرم افزارهای کامپیوتری هستند که در بسته های از پیش نوشته شده ساده، متوسط و پیچیده در دسترس می باشند. از ابزارهای ساده شبیه سازی انرژی در ساختمان، می توان به ASEAM, Carrier HAP, Energy-10, TRACE600 اشاره کرد. اما سیستمهای پیچیده تری نظیر Blast, DOE-2, ESP-r, TRANSYS, نیز وجود دارند که هر کدام براساس فروض و روشهای مختلفی شبیه سازی های متنوعی را انجام می دهند. این ابزارها را می توان در سه دسته عمومی طبقه بندی کرد.

- ✓ دسته اول ابزارهای شبیه سازی انرژی کل ساختمان ها هستند
- ✓ دسته دوم ابزارهای شبیه سازی روشنایی و نور
- ✓ دسته سوم ابزارهای شبیه سازی نور مستقیم خورشید.

برخی از این برنامه ها، محاسبات و طراحی ها را براساس استانداردهای رایج انجام می دهند. این برنامه ها را می توان در جدول ۱ دسته بندی نمود.

جدول ۱: برنامه های مختلف شبیه سازی

برنامه های شبیه سازی	فعالیت های شبیه سازی
Carrier HAP, TRACE600, BLAST, DOE-2, ESP-r ADELINE, RADIANCE, SUPERLITE TRANSYS	شبیه سازی انرژی کل ساختمان ها شبیه سازی روشنایی و نور شبیه سازی نور مستقیم خورشید

در استفاده از روش شبیه سازی بطور اجرایی، باید موارد زیر را نیز در نظر داشت، اول اینکه ابزارهای تفصیلی شبیه سازی نیاز به اطلاعات ورودی بیشتر و همچنین آموزش و یادگیری طولانی تری دارد. همچنین در انتخاب برنامه های شبیه سازی باید الزامات یک پروژه نظیر زمان، هزینه، قابلیت دسترسی و نهایتاً تجربه کاربران را لحاظ نمود. مشکلاتی هم در مورد اجرای برنامه های شبیه ساز وجود دارد که از آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- ورودیهای این برنامه ها حجیم و تفصیلی هستند و اطلاعات زیادی برای کاربرد آنها باید تهیه گردند.
- ۲- خروجی های این نرم افزارها نیز برای تفسیر و نتیجه گیری بسیار مشکل هستند.
- ۳- همچنین بعضی از ابزارهای شبیه سازی تفصیلی، خیلی تحقیقاتی هستند و کمتر به منظور استفاده ابزاری مناسب می باشند.
- ۴- ابزارهای شبیه سازی انرژی ساختمان غالباً صفحات واسط کاربر دوستانه ای ندارند.
- ۵- ساختار برنامه های این ابزارها زیاد انعطاف پذیر نیستند.
- ۶- جای صحت گذاری و تأیید در این برنامه ها خالیست و انتخابی برای این موضوع در نرم افزارها مشاهده نمی شود.

در استفاده از این نرم افزارها باید در نظر داشت که این ابزارها بیشتر برای فهم شکل و طبیعت سیستم و حتی اهداف، استفاده می شوند و از این نرم افزارها بیشتر به عنوان ابزارهای تسهیل کننده در بخش طراحی استفاده شده و همچنین در استفاده از این ابزارها تجربه و مهارت کاربران نسبت به نوع ابزار اولی تر است و نهایتاً از نیاز به دوره آموزشی نیز در این فرآیند نباید غافل شد. [6]

نهادینه کردن ممیزی انرژی ساختمان در مقیاس کلان

فرآیند ممیزی انرژی ساختمان باید از طریق یک سری راهکارهایی در سازمان نهادینه شوند. نیاز اساسی که به مقوله نهادینه سازی ممیزی انرژی وجود دارد اینست که ممیزی انرژی، فعالیتی یکباره نیست و باید بصورت یک فرهنگ برای همیشه در سازمان باقی مانده و از گروهی به گروه دیگر کارکنان و مالکان انتقال یابد. به این منظور اتحادیه اروپا برنامه ای را توسعه داده است که از طریق آن، نه تنها ممیزی انرژی را در ساختمانها نهادینه کند بلکه رقابتی را برای ممیزی انرژی بوجود بیاورد. این برنامه، اهدای گواهی انرژی به ساختمانها در اروپاست. البته هنوز همه کشورهای عضو اروپای متحد به عضویت این برنامه در نیامده اند اما با توجه به بحران انرژی و قیمت بالای انرژی در طی سالهای اخیر انگیزه عضویت برای کشورهای جدید افزایش پیدا خواهد کرد. گواهی انرژی، از طریق موسسات خصوصی گواهی کننده و برای مشتریان ممیزی ارائه می شود. مسلماً بر این اساس مصرف انرژی در ساختمانهایی که دارای گواهی انرژی هستند اقتصادی و حداقل است. این گواهی به یک مزیت رقابتی نزد عواملان بازار ساختمان درآمده و همچنین سازمانهایی که استراتژی کاهش هزینه را دنبال می کنند، به شدت از این برنامه استقبال کرده اند. سازمانهای ذیربط در اروپا برنامه هایی را برای ترویج و ارتقاء گواهینامه انرژی در اروپا تعقیب می کنند. به طور مثال به یکی از این

برنامه‌ها یعنی برنامه ترویج گواهی انرژی در فنلاند اشاره می‌نمائیم. [7]. اهداف پروژه ترویج گواهی انرژی، بهبود جذابیت بازار گواهی انرژی از طریق توسعه و ترویج الزامات کیفی مشتری برای گواهی انرژی و همچنین رویکرد ایجاد انگیزه‌های مالی با گواهی انرژی می‌باشد. از اهداف دیگر این پروژه می‌توان به افزایش آگاهی و جذب مالکان ساختمان بوسیله ارائه اطلاعات هدفمند به آنها اشاره کرد. سایر اهداف گواهی انرژی، افزایش شایستگی در سطح دانش ارائه کنندگان خدمات گواهی انرژی و بهبود شیوه‌های عملی گواهی انرژی و ممیزی انرژی ساختمان بین افراد و شرکتهای درگیر در طرح می‌باشد. فعالیتهای پروژه به دو فاز اصلی و در قالب ۱۰ بسته کاری جداگانه شامل الزامات پیمانکاری و فعالیتهای همکاری تقسیم شده‌اند.

برنامه اجرایی ممیزی ساختمانهای دولتی در ایران

با عنایت به مطالب ارائه شده، محدوده طرح ممیزی انرژی تشریح گردید. اما رویکرد برنامه ریزی در کشور به مسئله ممیزی انرژی می‌تواند از ویژگیهای متعددی برخوردار باشد. این ویژگیها نظیر میزان صرفه جویی انتظاری، محدوده ساختمانهای مورد نظر، محدودیتهای اجرایی راه حل‌های بهبود وضعیت مصرف انرژی و سایر موارد هستند. در این قسمت هدف ما ارائه روش اجرای ممیزی در سطح کلان است که البته از یک استراتژی خاص تبعیت می‌نماید. این استراتژی، استراتژی یکپارچگی است. این روش محور اصلی و نقطه اثر خود را بر یکپارچگی قرار داده است. این یکپارچگی با تمرکز فعالیت‌ها در یک مرکز متفاوت است. تمرکز فعالیتهای برنامه ریزی و اجرایی در یک سازمان مستلزم هزینه زیاد و تحرک پذیری و انعطاف پذیری پایین و همچنین تهدیدات اثر بخشی کم است. اما یکپارچگی که ناشی از تمرکز و ایجاد روشها و استانداردهای علمی در یک سازمان متولی است، نه تنها تهدیدات فوق الذکر را سبب نمی‌شود بلکه نقاط قوت آموزش پذیری، قابلیت انتقال، سرعت عمل در پیاده سازی و فراگیری را نیز در بر خواهد داشت. این شیوه نظیر اعمال استاندارد توسط مؤسسات استاندارد می‌باشد که نفوذ خود را با ارائه استاندارد برای بخش‌های مختلف بدست می‌آورند و نه از طریق برنامه‌ریزی و اجرای برنامه بهینه‌سازی. نکات مختلفی که در ارائه این روش مد نظرند شامل موارد زیر می‌باشند:

- ۱- اقتصاد مقیاس^{۲۱}، حال که سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت در مورد تعداد زیادی ساختمان دولتی مسئول شده است می‌تواند از مزایای اقتصاد مقیاس استفاده کند و به این ترتیب هزینه‌های اجرای پروژه را کاهش داده و از این رهگذر دوره بازگشت سرمایه را نیز کاهش دهد.
- ۲- با تقریب فرض پارتو، حدود ۲۰٪ از دلایل هدر رفتن انرژی، ۸۰٪ درصد اتلاف آن را پدید می‌آورند. با توجه به فرسودگی ساختمانهای دولتی در ایران و عدم رعایت بسیاری از موازین مدیریت انرژی در ساختمانها، احتمالاً برنامه‌های اولیه ممیزی انرژی ساختمانها، راه حل‌های ابتدایی و ساده‌ای خواهند بود و محاسبات جزئی و دقیق‌تر به ممیزیهای بعدی محول شده و هزینه‌های اجرایی اولین ممیزی کاهش پیدا کرده و فرصت فرهنگ سازی و افزایش بلوغ مدیریت انرژی را نیز پدید می‌آورد.
- ۳- برنامه‌ریزی براساس بخش‌بندی، با توجه به گستردگی دولت در اقصی نقاط کشور و بهره‌مندی انواع سازمانهای مختلف از امکانات ساختمانی دولت و همچنین تفاوت کاربری ساختمانها، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت قادر به بخش‌بندی و اولویت بندی برحسب کاربری و اولویت دستگاه خواهد بود و با توجه به کمبود مشاور کافی در این خصوص، این امر اجتناب ناپذیر می‌نماید.

روش اجرایی پیشنهادی به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- بررسی وضع موجود مدیریت انرژی ساختمانهای دولتی بطور کلی
- ۲- مطالعه تطبیقی تجربیات سایر کشورهای جهان و شناسایی بهترین شیوه‌های عمل

²¹ Economies of Scale

- ۳- طراحی وضع مطلوب مدیریت و ممیزی انرژی ساختمان در ساختمانهای دولتی ایران
- ۴- برنامه ریزی استراتژیک و توسعه استراتژیهای رقابتی، عملیاتی و اولویت‌بندی بخشهای مختلف ساختمانهای دولتی و برنامه ریزی سالانه ممیزی ساختمانهای دولتی در کشور و شناسایی و تعیین اهداف ممیزی انرژی، شامل اهداف کمی و مالی و برنامه های اجرایی
- ۵- توسعه استانداردهای مختلف ممیزی انرژی در ساختمان
- ۶- توسعه استانداردهای اجرایی ممیزی انرژی و توسعه مفهوم گواهی انرژی
- ۷- انتخاب سازمانهای نمونه برای ممیزی انرژی اولیه
- ۸- اجرای ممیزی از سازمانهای نمونه (از طریق شبیه سازی و محاسبات کمی اتلاف انرژی)
- ۹- بروز رسانی و توسعه روشهای عملیاتی ممیزی انرژی بر اساس چک لیستها
- ۱۰- بروز رسانی و توسعه روشهای تیپ اصلاحی اتلاف انرژی در ساختمان
- ۱۱- آموزش روشهای تیپ اصلاحی و همچنین روشهای اجرایی ممیزی به صورت گسترده به مشاورین
- ۱۲- برنامه ریزی برای اجرای گسترده ممیزی در سطح کشور و جذب متخصصین و موسسات مربوطه
- ۱۳- اجرای ممیزی ساختمانهای دولتی انتخاب شده در مرحله دوم (با همکاری موسسات با تجربه داخلی)
- ۱۴- بروزرسانی پایگاه اطلاعاتی انرژی ساختمانهای دولتی کشور به منظور ارائه گزارش به برنامه‌ریزان و تصمیم گیرندگان کلان کشور و برنامه ریزی ممیزی سالهای بعد

منابع و مآخذ

- 1- Industrial Engineering Terminology / ANSI Revised / ANSI Z94.0-1989 / Management and Industrial Engineering Press/ 1990 / section 17-2
- ۲- نظامهای مدیریت کیفیت (مبانی و اصطلاحات) / محمد رحمان زاده / انجمن مدیریت کیفیت ایران / ۱۳۷۹
- 3- Energy Efficiency Manual / Donald R. Wulfinghoff / Energy Institute Press / 1999
- ۴- صرفه جویی در مدیریت سیستمهای حرارتی ، وزارت نیرو، سازمان بهره برداری از انرژی ایران (سابا)، ۱۳۸۳
- ۵- وب سایت مرکز بهینه سازی مصرف سوخت کشور www.ifco.ir
- ۶- برنامه ممیزی انرژی و شبیه سازی انرژی در هنگ کنگ / <http://www.arch.hku.hk/>
- 7- Improving Market Attractiveness through Building owner involvement / Finland program of European community / "intelligent energy – Europe" January 2005 – June 2007
- 8- University of Leeds environment management / Dr. Keith Pitcher / 2004
- 9- Negotiation on energy and water audit agreement / David Birr / 2003
- ۱۰- سیستم مدیریت انرژی، دومین همایش ملی نفت، آرش قشمی ۱۳۸۳

Building Energy Management & Auditing System Emphasizing Public Construction

Bijan Bidabad²²

Arash Qashami²³

Abstract

"Building Energy Management & Auditing System" is presented based on a literature review of basic theories and performing manuals. The operable auditing method and auditing & calculating tools also defined as well as the basic definitions. Saving opportunities and energy efficiency concept and energy consuming simulation are discussed in this article either. Finally the findings are gathered in the specific best practice including; institution of energy auditing in buildings via promotion of "Energy Certification" and "Public building Energy Auditing Method" is presented in this way.

²²- <http://www.bidabad.com/> bijan@bidabad.com, bidabad@yahoo.com

²³- Email: arashghashami@yahoo.com