فصلنامه تخصصی سازمان
نظام مهندسی ساختمان
استان سمنان

سرا

شماره چهل و چهار

ویژه نامه

دومین همایش ملی فناوری های نوین و بهینه سازی انرژی

با تاکید بر کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

وزارت کشور
استانداری سمنان

وزارت راه و شهرسازی
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان سمنان

سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور
(شورای مرکزی)

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان سمنان

دبیرخانه فناوری های نوین با رویکرد بهینه سازی انرژی در صنعت ساختمان

دومین همایش ملی

فناوری های نوین و بهینه سازی انرژی

با تاکید بر کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

The Second National Conference on "New Technologies and Energy Optimization focusing on the Application of Artificial Intelligence in the Construction Industry"

محل برگزاری: سمنان، دانشگاه سمنان
مرکز همایش‌های بین المللی شهید سلیمانی

تاریخ برگزاری: ۲ لغایت ۴ بهمن ماه ۱۴۰۳

+ دارای امتیاز تمدید و ارتقاء
+ به همراه نمایشگاه صنعت ساختمان
+ اجرای کارگاه تخصصی (ورکشاپ)

جمهوری اسلامی ایران
وزارت کشور
استانداری سمنان
فرمانداری شهرستان سمنان

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
اداره کل راه و شهرسازی استان سمنان

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
اداره کل راه و شهرسازی شرق استان سمنان

دانشگاه سمنان

واحد سمنان

شهرداری سمنان

بنام یکتای بی همتا

سرا

فصلنامه تخصصی سازمان نظام مهندسی ساختمان استان سمنان

شماره چهل و چهار

شناسنامه

صاحب امتیاز : سازمان نظام مهندسی ساختمان استان سمنان

مدیرمسئول: امیرحسین سالار
سردبیر: فریبرز یدالهی
مدیر اجرایی: میترا کسائی

شورای سیاست گذاری : مهدی حکیمی، محمود اسکندری، محمد حسین نیکدل، محسن خدامی، سید حسین سید علیان، محمود نیکخواه شهمیرزادی، مریم نعیم زاده، علی منافی، امید نعمت پور

هیات تحریریه : محمود نیکخواه شهمیرزادی، فریبرز یدالهی، امیرحسین سالار، فاطمه نعیمی، نیما تشرفی، میترا کسائی، حامد ملک علائی، علیرضا صالحیان، مجید مردانی

همکاران این شماره : محمدتقی اعرابی

ویراستار : حامد ملک علائی

گرافیک و صفحه آرایی : راضیه همتیان

آدرس : سمنان، بلوار معلم شرقی، نرسیده به میدان مطهری، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان سمنان
تلفن : ۰۲۳-۳۳۳۳۸۹۲۰-۲۱
ایمیل : Sara.semnaneng@gmail.com

نقل مطالب نشریه با ذکر ماخذ آزاد است .
فصلنامه سرا از اساتید، دانشجویان، نویسندگان و محققان مقاله می پذیرد . فصلنامه در کوتاه کردن و ویرایش مطالب آزاد است. اصل مقاله ارسالی برگشت داده نمی‌شود.

فهرست مطالب این شماره:

ویژه نامه همایش ۳

سخن رئیس سازمان ۰۲
مصاحبه ۰۴
سخن دبیرهمایش ۰۸
مصاحبه ۱۱

مقالات ۱۷

شاخص‌های امتیازآور حفاظت محیط‌زیست در صنعتی‌سازی‌ساختمان ۱۸
روشنایی مصنوعی و مدیریت مصرف انرژی ۲۲
تأثیر تغییرات اقلیمی بر ایجاد شرایط آسایش حرارتی و عملکرد سیستم‌های تهویه مطبوع ساختمان‌های اداری ۲۸
نکات کاربردی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ۳۶
بررسی استان سمنان ازنقطه‌نظر انرژی خورشیدی و پتانسیل‌های سرمایه‌گذاری در حوزه نیروگاه‌های فتوولتائیک مقیاس-کوچک ۴۰
کاربرد فناوری تولید هم‌زمان برق و حرارت در ساختمان ۴۴
بررسی تغییرات مصرف انرژی با استفاده از مصالح مختلف ساختمانی در شرایط اقلیمی سمنان ۴۸
برچسب انرژی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری ۵۴

سخن ریاست سازمان

همایش یا همدلی ...؟

مهدی حکیمی

رئیس همایش

در شرایط کنونی کشور موضوع بحث ناترازی انرژی، بهانه‌ای شده است تا تمامی افراد جامعه از مردم تا مسئولین نظام، از طراحان تا مجریان، از تولیدکنندگان تا صنعتگران، از زن و مرد، خرد و کهنسال، آثار و لطمات بدمصرفی و عدم توجه به شیوه‌های مصرف انرژی را با جان و دل احساس نمایند. مگر می‌شود کشوری با این همه نعمات الهی، با این همه ذخایر معدنی، نفتی و گازی دچار کمبود انرژی شود؟ و ما همگی ثابت کردیم که بله.... می‌شود!!

ما ملت بزرگ ایران و دارای تمدن و فرهنگ غنی چه کردیم با خودمان و چه خواهیم کرد با نسل‌های آینده این سرزمین کهن و خسته!؟ سال‌هاست تحقیق و بررسی کردیم و قوانین و مقررات تدوین نمودیم؛ همایش‌ها و سمینارها برگزار کردیم تا چنین روزهایی را ایران و مردمان شریف و عزیزمان نبینند و دچار چنین وضعیت ناترازی انرژی قرارشان ندهیم... ولی شد!! حال ما هستیم و عملکرد گذشته و تکالیفمان برای آینده و آیندگان. امروز را تجربه کردیم و راهی دیگر نداریم جز جبران و تلاش بر اصلاح و تغییر الگوهایمان. بر آن شدیم تا بر عهدی که در سال گذشته بسته‌ایم همچنان پایبند بمانیم و تا رفع چالش پیش آمده و جبران آن در میدان عمل بیاموزیم و جهادی متعهد بر انجام آن باشیم.

دومین همایش ملی " فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی انرژی با تاکید بر کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان " که توسط دبیرخانه کشوری آن مستقر در نظام مهندسی ساختمان استان سمنان فعال می‌باشد، با تلاشی چندین ماهه، خود را متعهد دانست تا به رسالت کاری‌اش عمل نماید. این همایش کشوری زمینه یک همدلی و عزمی راسخ را شعار خود قرار داده تا با دست همکاران پایکار خود، پرچم تغییر و اصلاح الگوهای مصرف و راهکارهای بهینه‌سازی انرژی در کشور را بالا نگه دارد.

دبیرخانه در این همایش بحث راهکارهای عملی آموزش‌های سال گذشته را با تأکید بر جایگاه هوش مصنوعی در صنعت ساختمان در دستور کار خود قرار داده تا یادمان نرود، چرخ علم و توسعه منتظر نمی‌ماند. چه بخواهیم و چه نخواهیم فرآیند کاربردی هوش مصنوعی، صنعت ساختمان را در بر گرفته و کوتاهی و کم توجهی به آن دست‌اندرکاران صنعت ساختمان را به حاشیه خواهد راند.

امروز تکالیف قانونی ما مهندسان و سازندگان، صنعتگران و تمامی دست‌اندرکاران صنعت ساختمان در مواجهه با بحث بهینه‌سازی انرژی بسیار روشن و مبرهن است. همچنین این تکالیف در بکارگیری و استفاده از فناوری‌های نوین و جایگاه صنعتی‌سازی در پروژه‌های ساختمانی بسیار واضح مقنن گردیده است.

حال با ایجاد یک همدلی در این گونه همایش‌ها یا به تکالیف قانونی خود عمل نموده و مدیریت کرده تا کشور را از این بحران شدید ناترازی انرژی خارج کنیم و یا اینکه هم ما و هم نسل آینده‌مان را به ورطه نابودی گسیل خواهیم داشت.

آنچه تاریخ ایران بزرگ و مردمان بزرگتر آن نشان داده ما ملت ایران ملتی با فرهنگی غنی، اهل تلاش و ایثار هستیم و در تمامی مشکلات زمانه خود با همدلی و عزمی جانانه و راسخ معضلات را پشت سر گذاشته و کشور خود را همچون همیشه سرفراز خواهیم نمود. امید داریم این همایش با مباحث روز خود زمینه اقدامات عملی آموزش‌های لازم را در افراد متخصص و مسئولین و مردم عزیز فراهم آورده تا ثابت کنیم ما ایرانی هستیم و ایرانی خواهیم ماند. انشاا....

فصلنامه تخصصی سازمان
نظام مهندسی ساختمان
استان سمنان

ویژه‌نامه همایش

تخصص همگام با مدیریت

● گفتگو با دکتر مهدی صمیمیان
سرپرست فرمانداری سمنان

■ با حضور شما در مدیریت شهرستان شاهد رویکردی تخصصی‌تر خواهیم بود؟

با توجه به اینکه خودم از بدنه سازمان نظام‌مهندسی ساختمان استان هستم و ظرفیت‌های بزرگ و دانشمندان و مهندسین حرفه‌ای سازمان را از نزدیک می‌شناسم، سازمان و اعضای آن را به‌عنوان بازوان فرمانداری و دستگاه‌های اجرایی شهرستان در ارائه هرچه بهتر خدمات به مردم فهیم و مؤمن شهرستان می‌دانم و تمام تلاش خود را برای بهره‌گیری از این ظرفیت بزرگ خواهم گذاشت.

■ چگونه می‌توان از توان فنی سازمان نظام‌مهندسی ساختمان در بخش دولتی بیشتر بهره گرفت؟

بخش عمده خدمات دستگاه‌های اجرایی در حوزه عمرانی و ارائه خدمات به شهروندان است. امروزه در بخش عمرانی با مشکلات متعددی روبه‌رو هستیم که ناترازی انرژی یکی از این مشکلات کشور است که سمنان نیز گریبان‌گیر آن می‌باشد. ما در سند توسعه شهرستان سمنان مبتنی بر برنامه پنج‌ساله هفتم در این خصوص پیشنهاد دادیم که شهر سمنان با توجه به ظرفیت بالای نعمت‌های الهی مانند انرژی خورشیدی به‌عنوان یک شهر خورشیدی معرفی شود و با بهره‌گیری از متخصصین و نیروهای توانمند سازمان نظام‌مهندسی ساختمان و دانشگاهیان به این هدف با برنامه‌ریزی‌های مدرن و دقیق برسیم. همچنین در حوزه ساخت‌وساز شهری خوشبختانه طرح تفصیلی شهر سمنان به تصویب رسید که این امر می‌تواند تغییر عمده‌ای در وضعیت ساخت‌وساز و بهبود آن داشته باشد.

وضعیت جهش ملی مسکن در شهر سمنان چگونه است؟

در حوزه مسکن در طی سه سال گذشته بیش از ۳۰۰ هکتار از اراضی دولتی به شهر سمنان الحاق شده تا جهت احداث واحدهای مسکونی خودساز، حمایتی و جوانی جمعیت بر اساس قانون جهش تولید مسکن به افراد مشمول طرح واگذار گردد. درنهایت در شهرک کوهسار سمنان ۱۲/۶ هکتار به محدوده شهر الحاق شده است که بخش عمده آن به‌صورت خودساز و در گروه‌های ۴ نفره به اقشار واجد شرایط واگذار شد و پیشرفت فیزیکی بالای ۸۰ درصد دارند.

در سایت ۲۳ هکتاری پشت دانشگاه پیام‌نور پروژه ۹۶۸ واحدی قرارگاه امام حسن (ع) و پروژه ویلایی‌های معوض ۳۳۶ واحدی در حال احداث با پیشرفت فیزیکی معقول در حال اجرا است. در سایت ۵۵ هکتاری جنب پارک سوکان، اراضی جهت طرح جوانی جمعیت به واجدین شرایط واگذار شده است و در حال اخذ پروانه می‌باشند. همچنین آماده‌سازی سایت ۲۰۵ هکتاری جنب قرارگاه سپاه قائم در حال انجام است و قطعات، آماده واگذاری به متقاضیان گروه‌های ساخت می‌باشد.

از توان سازمان نظام‌مهندسی ساختمان در شورای ترافیک شهرستان چگونه می‌توان بیشتر بهره گرفت؟

رویکرد ما در شورای ترافیک یک رویکرد علمی مبتنی بر نیازهای جامعه و اثرات اجتماعی آن هست. لذا در کلیه جلسات شورای ترافیک و کمیته‌های فنی از ظرفیت‌های متخصصین حوزه ترافیک و مهندسین مجرب سازمان نظام‌مهندسی در جهت اصلاح و بهبود ترافیک شهرستان بهره می‌بریم.

برگزاری همایش‌های ملی توسط سازمان همانند همایش بهینه‌سازی انرژی را چقدر مفید و برای امروز جامعه مؤثر و مناسب می‌دانید؟

همان‌طور که در جریان هستید دومین همایش ملی بهینه‌سازی انرژی امسال در دانشگاه سمنان به همت سازمان نظام‌مهندسی ساختمان استان سمنان در روزهای سوم تا پنجم بهمن برگزار می‌شود. هفته گذشته جلسه‌ای با حضور دستگاه‌های اجرایی استان و خدمات‌رسان، پلیس‌راه و راهور، علوم‌پزشکی و شهرداری در فرمانداری برگزار گردید و اهمیت این همایش به اطلاع کلیه دستگاه‌ها رسانده شد. با توجه به ناترازی انرژی و لزوم صرفه‌جویی و استفاده بهینه از انرژی، این همایش می‌تواند اثرات مطلوبی در فرهنگ جامعه در خصوص صرفه‌جویی انرژی و احداث بناهای انرژی صفر داشته باشد.

همکاران همایش ملی فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی انرژی با رویکرد تجاری سازی در صنعت ساختمان

مهندس مهدی حکیمی
رئیس همایش

دکتر محمود نیکخواه
دبیر همایش

دکتر نادر رهبر
دبیر علمی همایش

مهندس مصطفی بوجاری صفت
دبیر اجرائی همایش

اعضای کمیته سیاستگذاری

مهندس مهدی حکیمی . مهندس محمود اسکندری . مهندس محمدحسین نیکدل
مهندس مریم نعیم زاده . مهندس امید نعمت پور میرکلائی . مهندس علی منافی
مهندس سید حسین سیدعلیان . دکتر محمود نیکخواه . مهندس محسن خدامی

اعضـای کمیته علمی

دکتر محسن گرامی . دکتر نادر رهبر . دکتر وحید قدس . دکتر عبداله خالصی دوست
دکتر بنیامین کیومرثی . دکتر سیداسماعیل ساداتی . مهندس مریم نعیم زاده . دکتر
میترا کسایی . دکتر حسین مرادی نسب . دکتر محمود نیکخواه . دکتر شیوا آرایش
. دکتر سحر علینژاد . دکتر احمد جامعی . دکتر علی همتی . دکتر سعید مقیمی

اعضـای کمیته اجرائی

مصطفی بوجاری صفت . فروغ غیبی . مریم نعیم زاده . سمیرا کربلایی اکبری . فاطمه سیف علیان .
مریم ابراهیم زاده . سمانه عمرانیان . ابراهیم اعرابیان . دانیال فرخ نیا . میترا نائب زاده . محمدرضا
معین . عبداله خالصی دوست . علی اکبر دلیل صفایی . امیرحسین سالار . امید صالحیان بیدختی .
فاطمه آلبویه . وحید سید . محمد معماریان . ایده عزیزالدین . پیمان رئوفی . فرزانه مولائی نسب .
عباس زیاری . آیدا نیک منش . فربد شکاری . نسترن زمانی . سوسن اسمعیلی . محمدمهدی مرتضایی
آرزو مهدی . علی دیانی . مهدی تبیانیان . افشین صمدیان . علی بهار . مهدی سلطان . حامد جعفرپور .
محمدتقی اعرابی . نسرین خرمیان . ویدا صداقت . فائزه کاشفی . مهرداد طحان . نسیم شادفر . فاطمه
متقی نیا . حمیدرضا عرب حجی . علیرضا مومن‌آبادی . الهام دارایی . محمدرضا رحیمیان پور . قاسم
اسدی . حجت اله وفاجو . حمید فرخ‌منش . پیام مهرآور .

اهمیت مدیریت انرژی در صنعت ساختمان

محمود نیکخواه شهمیرزادی
دبیر همایش

انرژی نقش برجسته‌ای در توسعه اقتصادی- اجتماعی کشور دارد. ازاین‌رو تضمین امنیت تأمین انرژی در کشور، از اهمیت بسیاری برخوردار است به‌نحوی‌که بسیاری از سیاست‌های اقتصادی و امور خارجه کشور، حول محور تأمین انرژی شکل می‌گیرد.

در دومین همایش ملی «فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی انرژی با تأکید بر کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان»، سه واژه مهم و کلیدی فناوری‌های نوین، بهینه‌سازی انرژی و هوش مصنوعی استفاده شده است. در سه روز همایش، مدرسین و اساتید استانی و ملی با بیان سرفصل‌های مهم، به ارائه راهکارهایی برای مدیریت انرژی در صنعت ساختمان می‌پردازند.

رویکرد مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی و ارتقای بهره‌وری برای رفع چالش ناترازی انرژی، در شرایط فعلی جامعه مناسب‌تر است.

ناترازی انرژی به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن تقاضا برای انرژی، بیشتر از عرضه آن باشد. به‌عبارتی‌دیگر ناترازی زمانی به وجود می‌آید که نرخ رشد تقاضا و مصرف انرژی، بیشتر از عرضه و تولید شود.

اهمیت مدیریت انرژی در صنعت ساختمان

مدیریت انرژی در صنعت ساختمان، یکی از جنبه‌های کلیدی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه‌ها، همچنین کاهش تأثیرات منفی بر محیط‌زیست است. ساختمان‌ها با سهم بیش از ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی سالانه کشور، می‌توانند نقش قابل‌توجهی در مدیریت انرژی به‌ویژه در دوره اوج بار شبکه برق و گاز ایفاء نمایند. به دلیل مصرف بالای انرژی در ساختمان‌ها، ازجمله بخش‌های مسکونی و تجاری، مدیریت مؤثر انرژی، می‌تواند به صرفه‌جویی‌های قابل‌توجهی منجر شود. مدیریت انرژی در صنعت ساختمان نه‌تنها به کاهش هزینه‌های انرژی کمک می‌کند، بلکه به بهبود کیفیت زندگی و حفاظت از محیط‌زیست نیز نقش مهمی ایفاء می‌کند. این نگاه به‌صورت یک راهبرد پایدار و کلیدی در

سخن دبیر همایش

توسعه شهری و ساختمانی در عصر معاصر در نظر گرفته می‌شود. مصرف انرژی در ایران به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از میانگین جهانی است. بر اساس آمارهای موجود، ایران یکی از کشورهای با بالاترین مصرف انرژی در جهان به ازای هر نفر است. به‌طورکلی، مصرف انرژی در ایران تقریباً دو تا سه برابر میانگین جهانی است که نشان از هدررفت و مصرف غیربهینه انرژی در زنجیره تولید تا مصرف انرژی دارد. منابع غنی انرژی، صنعت و کشاورزی و سبک زندگی را می‌توان ازجمله عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در ایران نام برد.

ناترازی انرژی، یکی از چالش‌های اساسی در حوزه انرژی محسوب می‌شود که به‌صورت مستقیم، توسعه اقتصادی کشور را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. به‌صورت سنتی، راه‌حل‌های مرتبط با رفع ناترازی انرژی در توسعه فناوری در افزایش عرضه یا افزایش راندمان مصرف طرح می‌شوند؛ اما به نظر می‌رسد راه‌حل‌های فناورانه پاسخی نهایی و قطعی به این چالش نیستند و احتمالاً تنها رسیدن به نقطه بحرانی را به تعویق می‌اندازند.

این پدیده می‌تواند به دلایل مختلفی ازجمله افزایش مصرف انرژی، کاهش تولید انرژی، یا مشکلات در زیرساخت‌های توزیع انرژی رخ دهد. ناترازی انرژی می‌تواند تأثیرات جدی بر اقتصاد، محیط‌زیست و کیفیت زندگی مردم داشته باشد.

افزایش تقاضا، کاهش منابع طبیعی، تغییرات اقلیمی و زیرساخت‌های ناکافی را می‌توان ازجمله عوامل مؤثر در ناترازی انرژی نام برد. این چالش نیاز به توجه و اقدام فوری دارد تا از تأثیرات منفی آن بر جامعه و محیط‌زیست جلوگیری شود. یکی از پیامدهای مهم ناترازی انرژی، تأثیرات زیست‌محیطی است. در حوزه محیط‌زیست، کاهش مصرف انرژی به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و حفظ منابع طبیعی کمک می‌کند.

از مهمترین پیامدهای ناترازی انرژی افزایش قیمت انرژی است چون ناترازی می‌تواند منجر به افزایش قیمت انرژی شود که این موضوع بر روی هزینه‌های زندگی مردم تأثیر می‌گذارد.

پیامد بعدی اختلال در خدمات عمومی است زیرا که ناترازی انرژی، می‌تواند به قطع برق، گاز و اختلال در خدمات عمومی منجر شود.

از طرفی ناترازی انرژی تأثیرات زیست‌محیطی به همراه دارد. برای جبران کمبود انرژی، ممکن است به استفاده از منابع انرژی آلاینده روی آورده شود که این موضوع به محیط‌زیست آسیب می‌زند.

راهکارهای رفع چالش ناترازی انرژی

در بررسی راهکارهای رفع چالش ناترازی انرژی دو رویکرد افزایش ظرفیت تولید و نیز مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی و ارتقای بهره‌وری برای رفع چالش ناترازی انرژی، ممکن است پیشنهاد شود. رویکرد مدیریت انرژی در اولویت بالاتری نسبت به طرح‌های افزایش تولید دارد. بهینه‌سازی مصرف انرژی به‌واسطه هزینه سرمایه‌گذاری کمتر نسبت به تولید، جلوگیری از هدررفت انرژی، حفظ منابع بین‌نسلی و پایدار بودن کاهش مصرف انرژی، باید در اولویت اقدامات قرار گیرد. برای کاهش مصرف انرژی و بهبود بهره‌وری، نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه انرژی در ایران وجود دارد. یکی از راهکارهای مهم دیگر رفع چالش ناترازی انرژی، استفاده از انرژی پاک تجدیدپذیر خورشیدی است. مدیریت چالش‌های فعلی انرژی، لازم است نگاه خود را معطوف به توسعه زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور نمایند. یکی از لازمه‌های دوره‌گذار انرژی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و پایین آوردن شدت مصرف انرژی است. با استفاده از این فرصت، ایران می‌تواند وابستگی خود به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد، انتشار گازهای گلخانه‌ای را محدود کند و زیرساخت‌های انرژی پایدار و رقابتی ایجاد کند.

بطور کلی در حوزه مدیریت انرژی در صنعت ساختمان، می‌توان راهکارهای زیر را برای رفع ناترازی انرژی پیشنهاد داد:

۱- فرهنگ‌سازی مصرف بهینه انرژی

۲- بهینه‌سازی مصرف انرژی، مدیریت انرژی در صنعت ساختمان و ارتقای بهره‌وری

۳- تولید و توسعه استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و امن به‌ویژه انرژی خورشیدی به‌عنوان انرژی پاک، نصب پنل‌های خورشیدی و رونق نیروگاه‌های خانگی

۴- نصب و استفاده از تجهیزات با مصرف انرژی پایین

۵- استفاده از فناوری‌های نوین، هوشمند و معماری پایدار

۶- استفاده از تحلیل داده‌ها و هوش مصنوعی جهت بهبود کارایی، بهره‌وری و پایداری

۷- بهبود کارایی سیستم‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع

۸- آموزش و آگاهی ساکنان و کارکنان در مورد رفتارهای صرفه‌جویانه انرژی

۹- ارزیابی و نظارت

۱۰- پیاده‌سازی شاخص‌های عملکرد انرژی

۱۱- بررسی‌های دوره‌ای

۱۲- سیستم‌های مدیریت ساختمان.

کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

با توجه به پیشرفت تکنولوژی و کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

نیز این مهم در دومین همایش ملی فناوریهای نوین مورد توجه قرار گرفت. هوش مصنوعی[1] (AI) در صنعت ساختمان، کاربردهای بسیار گسترده‌ای دارد و می‌تواند به‌طور چشمگیری کارایی، بهره‌وری و پایداری این صنعت را بهبود بخشد. برخی از مهم‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت ساختمان عبارتند از:

طراحی و برنامه‌ریزی

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان[2] (BIM): هوش مصنوعی می‌تواند فرآیند BIM را با تحلیل داده‌ها، شناسایی الگوها و پیشنهادهای طراحی بهینه‌سازی کند. همچنین می‌تواند به‌صورت خودکار مدل‌های سه‌بعدی ساختمان را بر اساس مشخصات و محدودیت‌های تعریف‌شده تولید کند.

طراحی پارامتریک: هوش مصنوعی می‌تواند با بررسی متغیرهای مختلف طراحی مانند نور، انرژی، هزینه و مواد، طرح‌های پارامتریک بهینه ارائه دهد که به‌طور هم‌زمان چندین هدف را برآورده می‌کنند.

سخن دبیر همایش

برنامه‌ریزی ساخت: هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های پروژه‌های قبلی، زمان‌بندی دقیق‌تر و بهینه‌تری برای پروژه‌های جدید ارائه دهد و همچنین ریسک‌های احتمالی را پیش‌بینی کند.
بهینه‌سازی فضا: هوش مصنوعی می‌تواند به معماران کمک کند تا بهترین استفاده را از فضا ببرند و چیدمان‌های بهینه را برای کاربری‌های مختلف طراحی کنند.

مدیریت ساخت‌وساز

مدیریت پروژه: هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های زمان‌بندی، بودجه، منابع و پیشرفت پروژه، به مدیران کمک کند تا عملکرد پروژه را به‌طور دقیق نظارت کرده و تصمیمات بهتری بگیرند.
کنترل کیفیت: هوش مصنوعی می‌تواند با استفاده از سیستم‌های بینایی کامپیوتری و یادگیری ماشین، نقص‌ها و مشکلات احتمالی در ساخت‌وساز را به‌طور خودکار شناسایی کند.
ایمنی: هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های ویدئویی و حسگرها، خطرات احتمالی در محیط کار را شناسایی کند و هشدارهای لازم را به‌موقع ارائه دهد.
مدیریت منابع: هوش مصنوعی می‌تواند به مدیریت بهینه منابع انسانی، تجهیزات و مواد کمک کند و از هدر رفتن منابع جلوگیری کند.

بهره‌برداری و نگهداری

مدیریت انرژی: هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های مصرف انرژی ساختمان، الگوهای مصرف را شناسایی کرده و سیستم‌های گرمایش، سرمایش و روشنایی را به‌طور خودکار بهینه کند.
نگهداری پیشگیرانه: هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های حسگرها، زمان و احتمال خرابی تجهیزات را پیش‌بینی کند و برنامه‌های نگهداری پیشگیرانه را به‌طور خودکار تنظیم کند.
مدیریت هوشمند ساختمان[۳] (BMS): هوش مصنوعی می‌تواند با یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف ساختمان، مدیریت هوشمند و کارآمد ساختمان را امکان‌پذیر کند
تجربه کاربری: هوش مصنوعی می‌تواند با تجزیه‌وتحلیل رفتار و ترجیحات کاربران، تجربه کاربری بهتری را در ساختمان فراهم کند.

سایر کاربردها

ارزیابی ریسک: هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های مختلف، ریسک‌های احتمالی در پروژه‌های ساخت‌وساز را ارزیابی کند.
تعمیر و نگهداری خودکار: ربات‌ها و پهپادهای مجهز به هوش مصنوعی می‌توانند به‌طور خودکار عملیات تعمیر و نگهداری ساختمان‌ها را انجام دهند.
بازاریابی و فروش: هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های بازار و مشتریان، فرآیندهای بازاریابی و فروش پروژه‌های ساختمانی را بهینه کند.
مواد ساختمانی: هوش مصنوعی می‌تواند به کشف مواد ساختمانی جدید و بهینه با خواص بهتر کمک کند.
مزایای استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساختمان
افزایش بهره‌وری: با خودکارسازی فرآیندها و بهینه‌سازی منابع، بهره‌وری در صنعت ساختمان افزایش می‌یابد.
کاهش هزینه‌ها: با کاهش اشتباهات، هدر رفت منابع و زمان، هزینه‌های پروژه‌های ساختمانی کاهش می‌یابد.
بهبود کیفیت: با کنترل دقیق‌تر فرآیندها و تشخیص خودکار نقص‌ها، کیفیت ساخت‌وساز بهبود می‌یابد.
افزایش ایمنی: با تشخیص خودکار خطرات احتمالی، ایمنی در محیط کار افزایش می‌یابد.
پایداری: با مدیریت بهینه انرژی و منابع، پایداری در صنعت ساختمان افزایش می‌یابد.
هوش مصنوعی به‌عنوان یک فناوری نوظهور، پتانسیل بالایی برای تحول صنعت ساختمان دارد. با استفاده از هوش مصنوعی، می‌توان فرآیندهای ساخت‌وساز را کارآمدتر، مقرون‌به‌صرفه‌تر، ایمن‌تر و پایدارتر کرد. با پیشرفت روزافزون این فناوری، انتظار می‌رود کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت ساختمان در آینده گسترده‌تر و عمیق‌تر شود.

امید است تا با همراهی و هم‌افزایی جامعه مهندسی و صنعتگران عرصه ساختمان، گامی مؤثر در جهت حل چالش انرژی کشور، کمک به کاهش ناترازی انرژی، افزایش بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها و اعتلای ایران عزیز برداشته شود.

مصاحبه

ارتباط دانشگاه و صنعت

گفتگو با دکتر محمدکاظم شربتدار
استاد دانشگاه سمنان

مهم‌ترین مشکل صنعت ساختمان را چه می‌دانید و چگونه می‌توان بر آن فائق آمد؟

صنعت ساختمان ترکیبی از پارامترهای مؤثر فنی و اقتصادی در کنار یکدیگر است که هرکدام سهم بسزایی در موفقیت یا عدم موفقیت و یا بهتر بگوییم عملکرد مناسب و نامناسب این صنعت دارند. آموزش پایه در دانشگاه‌ها، آموزش‌های مستمر در قالب دوره‌های سازمان نظام‌مهندسی، دقت و جدیت در طراحی و ارائه نقشه‌های کامل اجرایی و نهایتاً نظارت دقیق و مستمر بر مراحل کار از عوامل مؤثر در حیطه فنی صنعت ساختمان است.

تعادل عرضه و تقاضا، جلوگیری از سودجویی نامناسب و حمایت دولت و بانک‌ها از عوامل تأثیرگذار بر مسائل اقتصادی صنعت ساختمان است؛ لذا به‌طور قاطع نمی‌توان مشکل را به یک عامل خاص معطوف کرد بلکه تک‌تک این عوامل به‌تنهایی می‌توانند مشکلات عدیده ایجاد کنند. گرچه به‌طورکلی می‌توان مشکلات انسانی صنعت ساختمان را فراتر از مشکلات فنی و تجهیزاتی دانست که نیاز به بررسی و تحلیل بیشتر خواهد داشت

چرا پروژه‌های دانشگاهی تأثیری بر کیفیت ساخت‌وساز ندارد و به رفع مشکلات ساخت و ساز نمی پردازد؟

پایان‌نامه‌های دانشگاهی یا می‌توانند متمرکز بر مشکلات روزمره و عادی صنعت ساختمان شوند و یا

تمرکز بر ایده‌های جدید و نوآوری برای چندین ساله آینده داشته باشند. در بخش دوم معمولاً مقاومت در برابر تغییر وجود دارد؛ ولی شرکت‌هایی که آینده‌نگر هستند رویکرد خوبی نسبت به این موضوع دارند. هنگامی تحقیقات یک پایان‌نامه کاربرد بسیار زیاد و مفید دارد که حجم کار انجام‌شده طوری باشد که اطمینان لازم از نتایج به وجود آید و تکرار آزمایش‌ها انجام شود که عموماً هزینه‌بر است. حمایت بخش صنعت از انجام پایان‌نامه‌ها و عقد قراردادهای پژوهشی می‌تواند گره‌های صنعت ساختمان را برطرف کند و قانون جهش تولید و بهره‌گیری از اعتبار مالیاتی که سال گذشته تصویب شده است برای کاربردی‌تر شدن پایان‌نامه بسیار مهم و مفید خواهد بود.

■ چگونه می‌توان ارتباط دانشگاه و صنعت و به عبارتی دانشگاه و بازار کار را بهتر کرد؟

برای ایجاد ارتباط دانشگاه و صنعت، باید دو طرف زبان همدیگر را متوجه شوند و صنعت نیاز خود را به دانشگاه‌ها اعلام کند و از طرف دیگر دانشگاه هم باید به صنعت مراجعه و از نزدیک موانع ارتقا آن‌ها را بررسی کند. قطعاً ایده‌ای که برای یک طرح مطرح می‌شود به‌عنوان سرمایه باید بین دانشگاه و صنعت، مشارکت گردد. طرح‌های تشویقی دولت مانند اعتبار مالیاتی و یا حمایت‌هایی که در قالب قانون جهش تولید در سال گذشته مطرح شده است باعث افزایش ارتباط دانشگاه و صنعت شده است. اگر چندین شرکت در تولید یک کالا دخیل باشند و نیاز به رقابت و افزایش کیفیت جهت جلب مشتری داشته باشند، نیاز به تحقیق و توسعه و ارتباط با دانشگاه بیشتر خواهد شد.

■ چه میزان متون و دروس دانشگاهی با نیازهای بازار کار خصوصاً در رشته عمران مطابقت دارد؟

هر تخصصی ترکیبی از آموزش دانشگاهی و تجربه عملی و اجرایی است. برای مثال یک مهندس، چند برابر مدت‌زمان آموزشی رسمی دانشگاهی که دوره‌ای چهارساله در کارشناسی به‌علاوه دو سال کارشناسی ارشد است را باید با حضور در فعالیت اجرایی، تجربه کسب کند. به نظر بنده اگر همین دروس دانشگاهی همراه با بازدیدهای عملی همراه گردند کمک بسیار زیادی به افزایش دانش و تجربه اولیه مهندسین خواهد نمود. گرچه با پیشرفت فناوری‌های جدید و نوظهور، نیاز است بعضی دروس جدید به مجموعه دروس گرایش‌های صنعت ساختمان اضافه شوند.

■ با توجه به تحصیل شما در مقطع دکترا در کانادا، وضعیت دروس تحصیلی رشته عمران در آن کشور با ایران چه تفاوت‌هایی دارد؟

در کانادا، دانشگاه‌ها مهندسین را تربیت می‌کنند و دروس در سطح علمی بالاتر تدریس خواهد شد که توان مهندس برای انجام محاسبات و یا ادامه تحصیل را افزایش می‌دهند. در کنار این‌ها، کالج‌ها عموماً کاردان و یا مهندس حرفه‌ای تربیت می‌کنند که توان اجرایی بالایی دارند و اغلب سریع‌تر از مهندسین وارد بازار کار می‌شوند. ضمناً دو تا کارآموزی مهم در تابستان دارند که حضور فیزیکی جدی باید داشته باشند. یکی از طرح‌های جالب، طرح CO-OP است که دانشجو به مدت یک‌ترم کامل در یک شرکت کار می‌کند (قبل از فارغ‌التحصیلی).

■ برگزاری همایش‌هایی چون بهینه‌سازی مصرف انرژی و فنّاوری‌های نوین ساختمان در سال گذشته و همچنین سال جاری تا چه میزان در ارتقای صنعت ساختمان مؤثر است؟

قطعاً همایش‌ها، محل گردهمایی شرکت‌های بزرگ صنعت ساختمان و مهندسین رشته‌های مختلف برای تبادل تجارب است و همایش بهینه‌سازی مصرف انرژی نیز فرصت خوبی در سال گذشته برای ارتباط دادن رشته‌های مختلف حوزه صنعت ساختمان در بخش انرژی بود. علاوه بر دوره‌های کوتاه‌مدت در حین همایش، باید از شرکت‌های موفق در این حوزه برای ارائه فعالیت‌ها و محصولات برتر خود دعوت به عمل آید و مهندسین نیز روش‌های اجرایی برای تشویق کارفرمایان و مالکین جهت به‌کارگیری این نوآوری‌ها و فناوری‌ها بیاموزند.

■ آیا فنّاوری‌های نوین با سنت معماری ایرانی و خواست مردم و ساخت‌وسازهای انفرادی موجود قابلیت تطابق دارند؟ به‌عبارتی‌دیگر با بازار کنونی ساخت‌وساز منطبق و برطرف‌کننده معایب آن هستند؟

ساخت‌وسازهای جدید باید مبتنی بر توسعه پایدار باشند تا ضمن بهره‌گیری از فنّاوری‌های نوین، از مصالح بومی و سبک معماری ایرانی بهره‌گیری نماید و در ضمن موجبات افزایش آسایش و آرامش بهره‌وران را فراهم آورد که البته تأمین و در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی جهت رسیدن به یک طرح پایدار ضروری است. ضمناً باید سعی کرد ساختمان‌های اجراشده دارای بیشترین طول عمر و دوام باشند تا هزینه نگهداری به‌خصوص هزینه‌های انرژی مصرفی به حداقل خود برسد.

■ نظر شما درباره سرا چیست و چه توصیه‌ای دارید؟

نشریه سرا، پل ارتباطی مناسبی بین مباحث علمی – اجرایی و مهندسین عضو سازمان است و مانند نشریات حرفه‌ای دیگر، می‌تواند علاوه بر مباحث علمی، مشکلات اجرایی را مطرح و یا بخش پاسخ به سؤالات فنی داشته باشد و پروژه‌های موفق استان و یا معرفی شرکت‌های فناور و تولیدکننده مصالح ساختمانی را معرفی کند.

شرح فعالیت تعدادی از واحدهای فناور پارک علم و فناوری دانشگاه سمنان

ردیف	واحد فناور	مدیرعامل / مسئول	زمینه فعالیت
۱	شرکت توسعه فناوری‌های سبز بهساز	مهدی خیرالدین	ساخت محصولات نوین در حوزه مصرف بهینه انرژی و انرژی‌های نو (کولرهای دوفازی اکسترا)
۲	شرکت مهندسین مشاور سیماب سمنان	علی پایداری علمداری	طراحی و ساخت محصولات در زمینه بهینه‌سازی مصرف آب و انرژی خورشیدی (کولر ترموپلاست)
۳	شرکت بازرسی فنی پارس آزمای جامع کومش	زهره گیلوری	تجهیز آزمایشگاه همکار اداره استاندارد در زمینه لوله‌های محافظ هادی برق و لوله‌های آب و فاضلاب
۴	شرکت پردیس نگین سمنان	ابراهیم نجفی کانی	افزودنی‌های پیشرفته گچ، گچ آلفا و صنعتی
۵	الکترو قدرت کومش	محمد ربیع زاده	طراحی و ساخت سیستم‌های ارت مبتنی بر مکانیک خاک (ژئو ارتینگ)
۶	معین ارکان عمران	مهدی اکبری آقبلاغ	روسازی بتن غلتکی با عملکرد بالا و حاوی مصالح نانو
۷	تجهیز فناور سرزمین	سید محمدرضا عمادی چاشمی	تولید قالب‌های مورد نیاز در صنعتی سازی ساختمان‌های تمام پیش‌ساخته ماژولار
۸	ایمن ارتفاع سمنان (نیزوا)	علی قادری چاشمی	تهویه مطبوع و تبرید (کولرهای گازی صنعتی)
۹	آتش‌بس	امیر محمد سلیم	تولید دتکتورهای نشت‌یاب گاز شهر و حرارت هوشمند
۱۰	پیشتازان عمران آریافر	اسماعیل تبیانیان	طراحی و ساخت کوپلر تک ضربه‌ای برای اتصال میلگردها در سازه‌های بتن آرمه
۱۱	طراحان نقش الماس کویر	محسن جلالی پور	پلتفرم فروش آنلاین مصالح و لوازم ساختمانی
۱۲	والادگران سبز	سعید مقیمی	طراحی ساختمان‌های پایدار با ایده مصرف حداقل انرژی (الکتریسیته، آب، گاز) و استفاده از منابع پاک از جمله انرژی خورشیدی
۱۳	کلاک الکترونیک	عباس ملک احمدی	ارت یار الکترونیکی (تضمین عملکرد فشار ضعیف بدون سیستم ارت)
۱۴	فراهوشمند آپتیماژ	میثم مرادی	طراحی و ساخت دستگاه مدیریت انرژی متمرکز با رویکرد مدیریت سمت تقاضا و افزایش بهره‌گیری از روشنایی نور روز (کلیدهای لمسی هوشمند)
۱۵	سما بتن کارآمد	دکتر امامی	تولید فوم بتن نیمه سازه‌ای جهت استفاده در صنعت ساختمان
۱۶	دیبا فناوران صنعت ایرانیان	جواد فصیح	تولید سیمان‌های نوین
۱۷	پویان صنعت قومس	محسن صابریان	طراحی و ساخت انواع سامانه‌های تله مانیتورینگ پارامترهای سنجشی (LAN-Internet-GSM-GPRS)
۱۸	شرکت پایا صنعت فرادانش	محسن نیاستی	طراحی، مشاوره و اجرای سیستم‌های نوین زمین، حفاظت صاعقه و حفاظت کاتودیک
۱۹	شرکت سیمان سنگسر	علی اسلامیان	تولید سیمان‌های زئولیتی
۲۰	شرکت طنین توسعه پارس	صادق ربیعی	طراحی، ساخت و تولید شیر قطع اتوماتیک جریان گاز در هنگام زلزله

آتش‌بس سمنان

امیر محمد سلیم

مجموعه آتش‌بس از شرکت‌های بزرگ در زمینه اجرای سیستم‌های ایمنی و آتش‌نشانی در استان سمنان است که در حوزه‌های مشاوره، طراحی، نظارت، تأمین و فروش تجهیزات آتش‌نشانی برای ساختمان‌ها فعالیت دارد. در حال حاضر این مجموعه با اتکا به تجارب و تخصص نیروهای خود، طرح آشکارسازهای نشت گاز هوشمند را برای اولین بار در ایران طراحی و تولید کرده است. همچنین، دو پروژه در زمینه آتش‌نشانی در حال ثبت اختراع هستند که پس از صدور گواهی ثبت اختراع، فرآیند تولید آن‌ها آغاز خواهد شد. علاوه بر این، مجموعه آتش‌بس دارای یک مرکز شارژ کپسول‌های آتش‌نشانی است که این واحد، تنها مرکز تأییدشده از سازمان فنی و حرفه‌ای در سمنان می‌باشد.

الکتروقدرت کومش

محمد ربیع زاده

شرکت الکتروقدرت کومش با هدف توسعه و بهبود سیستم‌های ارتینگ، فعالیت خود را در پارک علم و فناوری دانشگاه سمنان آغاز کرده است. این شرکت در زمینه طراحی، ساخت، تأمین و اجرای سیستم‌های ارتینگ و صاعقه‌گیر تخصص دارد و در تلاش است تا از خسارات جانی و مالی ناشی از جریان‌های خطای برق و صاعقه جلوگیری کند. تاکنون این شرکت بیش از ۸۰۰ سیستم ارتینگ را با موفقیت اجرا کرده است. هدف اصلی شرکت الکتروقدرت کومش، ارائه خدمات جامع و با کیفیت برتر به مشتریان در کوتاه‌ترین زمان ممکن است. گروه مدیریتی شرکت از افراد باتجربه و فارغ‌التحصیلان دانشگاهی با ایده‌های نوین تشکیل‌شده که توانسته‌اند با هم‌افزایی و همکاری، اهداف بلندمدت شرکت را محقق سازند. این شرکت همچنین در مدت‌زمان کوتاهی موفق به تولید تجهیزات ارتینگ با کیفیتی مطابق با استانداردهای جهانی و عرضه آن به بازار شده است.

پیشتازان عمران آریافر

اسماعیل تبیانیان

شرکت پیشتازان عمران آریافر با هدف بهبود فرآیند ساخت سازه‌های بتن‌آرمه، موفق به طراحی و ساخت کوپلر مکانیکی جدیدی با گواهی ثبت اختراع شماره ۱۰۴۵۸۷ در سال ۱۴۰۰ شده است. این کوپلر نوآورانه برای اتصال میلگردها، بدون نیاز به عملیات آماده‌سازی نظیر جوشکاری یا رزوه‌کاری، طراحی شده و سرعت اجرایی اتصال را به‌شدت افزایش می‌دهد. از مزایای این محصول می‌توان به سرعت اتصال بالا (۲ ثانیه)، عدم نیاز به نیروی متخصص، استفاده بدون دستگاه خاص و امکان نظارت کامل بر اتصال اشاره کرد. همچنین این کوپلر برای میلگردهای با آج‌های مختلف، پروژه‌های مقاوم‌سازی، فونداسیون‌ها و اتصالات سطح افقی مناسب است. هدف گروه تحقیق و توسعه این شرکت، بهبود فرآیند ساخت کوپلرها با هزینه مناسب و بهینه‌سازی بیشتر برای مشتریان است.

کلاک الکترونیک فناور

عباس ملک احمدی

شرکت کلاک الکترونیک فناور از سال ۱۳۹۸ در زمینه طراحی، ساخت و پشتیبانی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی فعالیت می‌کند و با اجرای پروژه‌های مختلف در حوزه الکترونیک قدرت، جایگاه ویژه‌ای در این صنعت کسب کرده است. این شرکت از سال ۱۴۰۱ تمرکز خود را بر فنّاوری‌های نوین برای بازار برق فشار ضعیف و سیستم‌های ارت الکترونیکی قرار داده است. دستگاه ارت یار الکترونیکی این شرکت در زمینه تضمین عملکرد صحیح تجهیزات فشار ضعیف بدون سیستم ارت، کاربردهای گسترده‌ای دارد. این اختراع قادر است عملکرد سیستم‌های ارت سنتی را در ولتاژهای پایین شبیه‌سازی کند و در مواردی که امکان ایجاد سیستم زمین وجود ندارد، به‌ویژه در تجهیزات انفورماتیکی و منازل، استفاده می‌شود.

توسعه فناوری سبز بهساز

مهدی خیرالدین

شرکت بهساز در سال ۱۳۸۷ با هدف بهینه‌سازی تجهیزات مصرف‌کننده انرژی و انرژی‌های نو فعالیت خود را آغاز کرد. این شرکت با جذب نیروهای متخصص و خلاق، فضایی برای پرورش ایده‌های نو و توسعه آن‌ها تا محصول نهایی ایجاد کرده است. یکی از حوزه‌های اصلی فعالیت بهساز، تولید تجهیزات سرمایشی است که در آن انواع هواساز، سوپر ایرواشر و کولرهای صنعتی را به تولید رسانده و در بخش خانگی و تجاری نیز کولرهای دوفازی و هیترهای گازی عرضه کرده است. از دستاوردهای مهم این شرکت، ثبت «کولر دوفازی اکسترا» در سال ۱۳۸۸ با راندمان سرمایش ۵۰٪ بیشتر نسبت به محصولات مشابه است. این محصول با طراحی ساده و قیمت معقول در حال تولید انبوه و آماده‌سازی برای بازار داخلی و صادراتی است. همچنین، شرکت بهساز در زمینه توسعه کلکتورهای متمرکزکننده خورشیدی برای سیستم‌های سرمایش خورشیدی نیز پیشرفت‌هایی داشته است.

سما بتن کارآمد

اسماعیل شجاعی

شرکت سما بتن کارآمد در زمینه طراحی و تولید انواع بتن‌های سبک و فوم بتن (سازه‌ای و غیرسازه‌ای) موردنیاز در صنعت ساختمان، با بهره‌گیری از انواع مواد بومی طبیعی و مصالح نوین فعالیت می‌کند. این شرکت تحقیقات خود را با هدف کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید محصولات بتنی و در حین بهره‌برداری در صنعت ساختمان متمرکز کرده است. دستیابی به فرمولاسیون بهینه و مطلوب برای تولید انواع بتن‌های سبک و فوم بتن‌های مناسب با عملکرد سازه‌ای (برای اجرای اسکلت ساختمان) و غیرسازه‌ای (به‌صورت انواع محصولات سبک مانند پانل‌ها و بلوک‌ها برای دیوارهای داخلی و پیرامونی) که نقش عایق حرارت و صوت را نیز ایفا می‌کنند، از اهداف اصلی این شرکت است. علاوه بر این، این شرکت در زمینه طراحی، مشاوره و ارائه روش‌های نوین مقاوم‌سازی و بهسازی لرزه‌ای انواع ساختمان‌ها نیز فعالیت دارد.

فراهوشمند اپتیماژ

میثم مرادی

شرکت فراهوشمند اپتیماژ با تمرکز بر ارتقای بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها، طیف گسترده‌ای از تجهیزات مدیریت انرژی مبتنی برIoT را برای منازل مسکونی و ساختمان‌های اداری طراحی و تولید می‌کند. یکی از محصولات نوآورانه این شرکت، کلیدهای لمسی هوشمند است که با بهره‌گیری از فناوری‌های روز دنیا، امکان کنترل هوشمند روشنایی و سایر تجهیزات برقی را فراهم می‌آورد. این کلیدها علاوه بر زیبایی و سهولت استفاده، به کاهش مصرف انرژی و افزایش راحتی ساکنین کمک می‌کنند. شرکت فراهوشمند اپتیماژ به‌عنوان یک شرکت پیشرو در حوزه هوشمندسازی ساختمان، با ارائه راهکارهای جامع و مبتنی بر فناوری، به بهبود کیفیت زندگی و کاهش هزینه‌های انرژی در ساختمان‌ها کمک می‌کند. این شرکت با طراحی و تولید محصولات هوشمند ازجمله کلیدهای لمسی، به ساکنین این امکان را می‌دهد تا به‌صورت هوشمندانه و کارآمد بر سیستم‌های روشنایی، حرارت و سرمایش ساختمان خود، کنترل داشته باشند. محصولات این شرکت با تمرکز بر سادگی استفاده و یکپارچگی با سایر سیستم‌های هوشمند ساختمان، به‌عنوان انتخابی ایده‌آل برای ساختمان‌های مسکونی و اداری شناخته می‌شوند.

توسعه بازارساخت سرزمین

محمدرضا عمادی چاشمی

شرکت «توسعه بازارساخت سرزمین» در سال ۱۳۹۶ با هدف توسعه هوشمندسازی در صنعت ساختمان، تأسیس گردیده است. در گام نخست، تلاش گردیده تا ساخت، سازه و ساختمان‌ها، در هوشمندترین شرایط صورت پذیرد. تلاش‌های سال‌های اخیر، منجر به ارائه «سیستم ساختمانی بومسا» گردیده است. سیستم ساختمانی بومسا، زمینه را برای ساخت ساختمان یک طبقه تمام‌پیش‌ساخته هوشمند بدون اتکا به انرژی شبکه فراهم آورده است. تلاش گردیده است، هوشمندسازی در فرآیند ساخت نیز، با اتکا به سیستم ساختمانی بومسا، فراهم آید.

فصلنامه تخصصی سازمان
نظام مهندسی ساختمان
استان سمنان

مقالات و یادداشت

شاخص‌های امتیازآور حفاظت محیط‌زیست در صنعتی‌سازی ساختمان

روشنایی مصنوعی و مدیریت مصرف انرژی

تأثیر تغییرات اقلیمی بر ایجاد شرایط آسایش حرارتی و عملکرد سیستم‌های تهویه مطبوع ساختمان‌های اداری

نکات کاربردی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

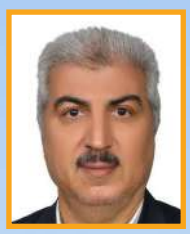
بررسی استان سمنان ازنقطه‌نظر انرژی خورشیدی و پتانسیل‌های سرمایه‌گذاری در حوزه نیروگاه‌های فتوولتائیک مقیاس-کوچک

کاربرد فناوری تولید هم‌زمان برق و حرارت در ساختمان

بررسی تغییرات مصرف انرژی با استفاده از مصالح مختلف ساختمانی در شرایط اقلیمی سمنان

برچسب انرژی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری

شاخص‌های امتیازآور حفاظت محیط‌زیست در صنعتی‌سازی ساختمان



محسن گرامی
دکتری عمران-سازه (زلزله)

میثم وقار
دانشجوی دکتری مهندسی زلزله

چکیده
مطابق مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان، ضوابط صنعتی‌سازی، کل چرخه حیات ساختمان را شامل می‌شود. در این مبحث، بر ارائه ضوابط طراحی و اجرای ساختمان‌ها به روش صنعتی تمرکز شده و سازگاری ضوابط ارائه شده با سایر ارکان چرخه حیات ساختمان موردتوجه قرار گرفته است. هدف اصلی تدوین این مبحث، ارائه ضوابط صنعتی‌سازی ساختمان با رویکرد توسعه پایدار است که در هفت محور اصلی «افزایش ایمنی و بهداشت»، «بهره‌وری منابع»، «افزایش سرعت»، «بهبود کیفیت و دوام»، «پرهیز از آسیب به محیط‌زیست»، «بهبود مصرف انرژی» و «توجه به مطلوبیت و آسایش» پیگیری می‌شود. به‌منظور دستیابی به محورهای «پرهیز از آسیب به محیط‌زیست» و «بهبود مصرف انرژی» ضوابطی با هدف دستیابی به ساختمان سبز، تحت عنوان «حامی محیط‌زیست»، قید و تأمین حداقلی از این ضوابط برای ساختمان‌های صنعتی الزامی شده است. در این یادداشت فنی مطالبی در ارتباط با شاخص‌های الزامی محیط‌زیست در صنعتی‌سازی ساختمان ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص محیط‌زیست، بهبود مصرف انرژی، صنعتی‌سازی، رویکرد توسعه پایدار

مقدمه

استفاده از مصالح نوین در ساخت قطعات ساختمان، مشخصات ساختمان را دچار تغییر خواهد نمود. مشخصاتی مانند کیفیت ساخت، باربری یا مقاومت مصالح، شکل‌پذیری، وزن، گذردهی حرارت، صوت، رطوبت و بسیاری از مشخصات دیگر که مورد بررسی دانشگاه‌ها، مؤسسات علمی – پژوهشی و شرکت‌ها هست و نتیجه آن‌ها در قالب آئین‌نامه‌ها و مصوبات در قوانین ساخت‌وساز منعکس می‌گردند [۱].

شیوه اجرای ساختمان در روش سنتی با انتقال مصالح اولیه به کارگاه و ساخت مرحله‌به‌مرحله اجزاء مختلف ساختمان صورت می‌گرفت که با پیشرفت صنعت، روش‌های جدیدی تحت عنوان صنعتی‌سازی مطرح گردیده است. در صنعتی‌سازی، سعی بر آن است که بخشی از مراحل ساخت اجزاء ساختمان در کارخانه انجام‌شده و بخشی دیگر در کارگاه اجرا گردد. با تغییر روش اجرای ساختمان از سنتی به صنعتی، تغییر ویژگی‌های سازه مانند زمان ساخت، کیفیت مصالح، هزینه تمام‌شده و نظایر آن‌ها دور از تصور نیست. تأثیر صنعتی‌سازی بر هر یک از عوامل مذکور، ابتدا توسط ابداع‌کنندگان روش‌های صنعتی‌سازی و سپس توسط مراکز تحقیقاتی ملی و بین‌المللی مورد بررسی قرار می‌گیرد. تحقق صنعتی‌سازی در ساختمان، فرایندی درازمدت است و نیاز به تفکر منسجم و یکپارچه دارد تا تمام عوامل دخیل در طرح، اجرا و نظارت بر اجرای ساختمان، برنامه‌ریزی و مدیریت، آموزش و ترویج نیروهای انسانی و تأمین منابع اقتصادی برای رسیدن به آن تلاش نمایند [۲].

ارتقای سطح علمی و تخصصی جامعه مهندسی و آشنایی با سیستم‌ها و مصالح جدید و به‌طورکلی فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان، به‌منظور بهینه‌سازی عوامل مؤثر در مثلث کیفیت – سرعت – هزینه و همچنین افزایش عمر مفید ساختمان، سبک‌سازی، مقاومت در برابر حوادث طبیعی و مواردی نظیر آن‌ها، امری ضروری است. رویکرد روزافزون کارفرمایان و مجریان به استفاده از فناوری‌های نوین در ساختمان، به توجه به مزایای آن‌ها، امری طبیعی است و در این راستا، بهتر است عوامل اجرا و نظارت بر ساخت، از ضوابط و استانداردهای مربوطه آگاهی کامل داشته باشند تا مصالح نوین یا سیستم‌های نوین، به نحو صحیح اجرا شده و از ترویج روش‌های غیراصولی در آینده نزدیک، جلوگیری به عمل آید. ازاین‌رو عوامل اجرا و نظارت باید با استانداردها و مستندات ارائه‌شده مرتبط با هر یک از سیستم‌هایی نوین آشنایی داشته باشند تا در صورت لزوم، با مراجعه به آن‌ها، ابهامات احتمالی را برطرف سازند [۱].

ارزیابی سیستم‌های صنعتی نوین در صنعت ساختمان نسبت به سایر صنایع دارای پیچیدگی‌های بیشتری است. به‌عنوان‌مثال تطابق سیستم با سایر سیستم‌های متداول یا نوین ساختمان، دسترسی به مواد و مصالح اولیه تولید، رفتار سیستم در زمان بهره‌برداری، دوام سیستم در شرایط آب‌وهوایی مختلف و سایر عوامل مختلف که لازم است با مطالعات عددی و آزمایشگاهی، توسط مراجع معتبر بررسی شده و نتیجه آن برای کارفرمایان، مصرف‌کنندگان و شرکت‌های مشاور مورد استناد قرار گیرد. همچنین لازم است ارزیابی سیستم‌های نوین به دو صورت ارزیابی اولیه و ارزیابی مستمر انجام گیرد تا حفظ مشخصات تولید در محدوده موردنظر و مطابقت آن‌ها با استانداردهای مرتبط محرز گردد.

در فرایند ارزیابی لازم است ابتدا معیارهای ارزیابی، طرح و مشخص گردند. بدین منظور گروه تخصصی ارزیابی سیستم ساختمانی متشکل از متخصصین در رشته‌های معماری، سازه، تأسیسات مکانیکی و برقی مشخص می‌گردد. فهرست معیارهای ارزیابی برای تعیین معیارهای مورد نظر بر اساس عوامل مرتبط با هزینه، سرعت اجرا و زمان‌بندی، گستره کاربرد سیستم و ویژگی‌های فنی آن ایجاد گردیده و بر اساس درجه اهمیت آن‌ها هر یک از معیارها وزن‌دهی می‌گردد. در مرحله بعد، مستندات معتبر سیستم که حاوی اطلاعاتی برای پاسخگویی به انتظارات فنی – اجرایی است، فهرست معیارهای ارزیابی جمع‌بندی می‌شود.

مطابق مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان ضوابط صنعتی‌سازی، کل چرخه حیات ساختمان را شامل می‌شود. در این مبحث، بر ارائه ضوابط طراحی و اجرای ساختمان‌ها به روش صنعتی تمرکز شده و سازگاری ضوابط ارائه شده با سایر ارکان چرخه حیات ساختمان مورد توجه قرار گرفته است. چرخه حیات ساختمان شامل مراحل «پیش از اجرا»، «اجرا» و «پس از اجرا» است. مرحله پیش از اجرا شامل دو بخش پدیدآوری و طراحی است. اجرا سه بخش تجهیز، تدارک و ساخت را در بر می‌گیرد. پس از اجرا مشتمل بر چهار بخش بهره‌برداری، نگهداری، بازسازی و تخریب است.

برای کاهش انرژی مصرفی ساختمان در دوران بهره‌برداری و استفاده از انرژی تجدیدپذیر تا ۸۴ امتیاز در نظر گرفته شده است. به‌عنوان‌مثال: برای ساختمان‌های متناظر با رده انرژی EC++، EC+،EC مطابق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به ترتیب ۹، ۲۲ و ۵۴ امتیاز در نظر گرفته شده است [۲].

انرژی و صنعتی‌سازی ساختمان

صنعت ساخت‌وساز، مصرف‌کننده مهم منابع طبیعی کره زمین است. بر اساس آمار ارائه شده توسط مؤسسه نظارت جهانی بیش از ۴۰ درصد سنگ و سنگ‌دانه، ۲۵ درصد چوب و ۱۶ درصد آب مصرفی در صنعت ساخت‌وساز استفاده می‌شود از طرف دیگر، ضایعات ساختمانی معمولاً بخش بزرگی از کل زباله را تشکیل می‌دهد. در کشور چین که به‌تنهایی، ۲۹ درصد از زباله‌های شهری دنیا را تولید می‌کند و حدود ۴۰ درصد از این حجم مربوط به زباله‌ها و ضایعات ساختمانی است. این رقم برای حجم زباله‌های ساختمانی در انگلستان، حدود ۲۵ درصد می‌باشد.

تلاش‌های ممکن برای مدیریت زباله را می‌توان در شش دسته کاهش میزان تولید، باز مصرف، بازیافت، تبدیل به کمپوست، سوزاندن و دفن کردن تقسیم‌بندی کرد. پیش‌سازی همواره به‌عنوان یکی از روش‌های ساخت پایدار و دوستدار محیط‌زیست شناخته شده است. یکی از مهم‌ترین دلایل این دیدگاه، تأثیر پیش‌سازی در کاهش تولید ضایعات ساختمانی و قابلیت استفاده دوباره و بازیافت مصالح در مراحل اولیه تولید می‌باشد؛ زیرا در کارخانه یا هر محیط کنترل‌شده دیگر، مصالح با دقت بالاتر و حجم دقیق‌تر مصرف می‌شود و احتمال خطر از بین رفتن مصالح پای‌کار به دلیل شرایط بد و نامساعد جوی به حداقل خواهد

رسید. همچنین، در روش‌های پیشرفته ساخت، میزان تولید ضایعات ساختمانی کاهش قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد.

تحقیقی که در سال ۲۰۰۶ در کشور مالزی انجام شد، نشان می‌دهد که تا ۷۳ درصد از زباله‌های تولید شده در روش‌های صنعتی در محل تولید، باز مصرف و بازیافت می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق، منافع حاصل از کاهش تولید زباله و بازیافت آن چیزی در حدود ۵/۲ درصد بودجهٔ پروژه خواهد بود. در سال ۲۰۰۹ در هنگ‌کنگ نیز، روش‌های ساخت سنتی و پیش‌ساخته از منظر تولید نخاله با یکدیگر مقایسه و مشخص شد که استفاده از پیش‌ساختگی میزان تولید زباله‌های ساختمانی را به طور متوسط تا ۵۲ درصد کاهش می‌دهد. تحقیقی مشابه در سال ۲۰۱۲ در مالزی، نشان‌دهنده کاهش تولید زباله در روش‌های ساخت صنعتی تا یک‌سوم حجم زباله تولید شده در روش‌های سنتی بوده است [۲].

بر اساس تخمین مؤسسه نظارت جهانی، سهم ساختمان‌ها از کل مصرف انرژی سالانه در جهان در حدود ۴۰ درصد است باتوجه‌به محدود بودن منابع انرژی فسیلی، آلودگی ناشی از مصرف آنها، تخریب محیطزیست و گرم‌شدن تدریجی کره زمین، ضروری است تاحدامکان به سمت کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها و همچنین جایگزین‌کردن آن‌ها با انرژی‌های پاک حرکت کرد. امروزه موضوع ساختمان سبز و ساخت خانه‌های صفر انرژی از جمله مهم‌ترین موضوعات در صنعت ساختمان است. بر اساس مطالعه انجام شده در کشور عراق در سال ۲۰۱۵ حدود ۴۸ درصد کل انرژی تولیدی در منازل مسکونی مصرف می‌شود که از این میزان، ۶۹ درصد صرف سرمایش و گرمایش منازل می‌شود. طبق نتایج این مطالعه، روش‌های ساخت صنعتی با عایق‌بندی درست می‌تواند تا ۵۴ درصد در کاهش مصرف انرژی مؤثر باشد [۲].

در ارتباط با درجه‌بندی صنعتی‌سازی ساختمان‌ها، مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان، رعایت ضوابط حمایت از محیطزیست الزامی بوده و بنا به اهمیت زیاد آن، در یک عنوان جداگانه به این موضوع پرداخته است که صرفه‌جویی انرژی یکی از شاخص‌های مهم حمایت از محیطزیست است. در این مبحث امتیازاتی از بابت صرفه‌جویی انرژی در نظر گرفته شده است که مطابق وسعت و نوع پروژه ساختمانی، کسب حداقل امتیازات اجباری است [۲].

در فصل ۵ مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان ضوابط حمایت از محیطزیست در صنعتی‌سازی ساختمان ارائه شده است. در جدول شماره ۱ الزامات کسب شاخص حامی محیطزیست ارائه شده است. حداقل امتیاز کسب‌شده برای پروژه ساختمانی کوچک ۱۰ و برای پروژه ساختمانی متوسط و بزرگ ۱۵ است [۲].

نتایج و بحث روی نتایج

همان‌طور که در ردیف ۳ جدول شماره ۱ نیز اشاره شده است با رعایت ضوابط مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌توان تا ۵۴ امتیاز از الزامات شاخص محیطزیست کسب نمود. تولید انرژی و تولید آب گرم از طریق منابع تجدیدپذیر و رعایت ضوابط صرفه‌جویی انرژی می‌توانند به‌تنهایی تا ۸۴ امتیازآور باشد. اختصاص امتیاز بیشتر برای بخش صرفه‌جویی انرژی حاکی از اهمیت این موضوع در آینده صنعت ساختمان دارد.

نتیجه‌گیری

تدوین الزامات شاخص محیطزیست و صرفه‌جویی انرژی در

ردیف	الزامات کسب شاخص حامی محیطزیست	سقف امتیاز	امتیاز	بند مرتبط
	الزامات صرفه‌جویی در مصرف آب			
۱	نصب شمارنده آب در ورودی هر واحد	۱		۱-۱-۲-۵-۱۱
۲	نصب سیفون دوحالته	۱		۲-۱-۲-۵-۱۱
۳	جمع‌آوری و تصفیه آب باران یا آب خاکستری برای استفاده مجدد در موارد مجاز	۱۴		۳-۱-۲-۵-۱۱
ردیف	**الزامات صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر**			
۱	به ازای تولید ۴۰٪ برق مصرفی سالیانه با منابع انرژی تجدیدپذیر	۲۴		۱-۲-۲-۵-۱۱
۲	به ازای تولید ۳۰٪ آب‌گرم مصرفی سالیانه با منابع انرژی تجدیدپذیر	۶		۲-۲-۲-۵-۱۱
۳	رده انرژی طبق مبحث ۱۹ EC — ۹ امتیاز EC+ — ۲۲ امتیاز EC++ — ۵۴ امتیاز	۵۴		۳-۲-۲-۵-۱۱
	مجموع امتیازات	۱۰۰		—

▲ جدول ۱: الزامات کسب شاخص حامی محیطزیست

صنعتی‌سازی ساختمان در راستای دستیابی به ساختمان سبز بوده و با رعایت این ضوابط امید است گام بلندی در تحقق اهداف توسعه پایدار در بخش صنعتی‌سازی ساختمان برداشت.

منابع

۱. محسن گرامی، "راهنمای نظارت و اجرای فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان"، ۱۳۹۵
۲. مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی، مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان، "طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها"، ویرایش سوم، ۱۴۰۱
۳. مهدی عسگری، محسن گرامی، "شاخص‌های مهم در ارزیابی فناوری‌های نوین"، سومین همایش ملی فناوری‌های نوین در صنعت ساختمان، مشهد شهریور ۱۳۹۳.
۴. حسن مهدی‌زاده، محسن گرامی، نوید باقریان مرندی" فرصت آفرینی، غلبه بر چالشها و جهش تولید صنعتی ساختمان با رویکرد تلفیقی مدیریت ریسک ارزش‌محور"، دوازدهمین همایش بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی، ۲۱ تا ۲۳ تیر ۱۴۰۰

روشنایی مصنوعی و مدیریت مصرف انرژی

وحید قدس
دکتری برق-الکترونیک

روشنایی یکی از عوامل اصلی در مصرف انرژی ساختمان‌ها است. حدود ۳۰ درصد مصرف انرژی برق در حوزه خانگی مربوط به سیستم‌های روشنایی می‌شود. با توجه به موضوع ناترازی انرژی، افزایش هزینه‌های انرژی و تأکید بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های روشنایی اهمیت بسیاری پیدا کرده است. راهکارهای مختلفی برای کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی روشنایی وجود دارد که در ادامه برخی موارد مهم را مطرح می‌کنیم.

عوامل مؤثر در بهینه‌سازی انرژی در روشنایی

استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف و LED

لامپ‌های LED نسبت به لامپ‌های رشته‌ای و فلورسنت، مصرف انرژی بسیار کمتر و عمر طولانی‌تری دارند. این لامپ‌ها غالب انرژی را به نور تبدیل کرده و حرارت کمی تولید می‌کنند. تمام چراغ‌ها و تجهیزات روشنایی باید دارای برچسب انرژی استاندارد باشند.

استفاده از حسگرهای حرکتی و نور

نصب حسگرها باعث می‌شود که چراغ‌ها در مواقع نیاز متناسب با نور محیط و وجود افراد روشن شوند و با تنظیم زمان به‌صورت خودکار خاموش شوند. این روش در فضاهای عمومی مانند پارکینگ‌ها، راهروها و سرویس‌های بهداشتی کاربرد بیشتری دارد.

روشنایی طبیعی

بهره‌گیری از نور طبیعی روز از طریق طراحی مناسب پنجره‌ها و نورگیرها علاوه بر اینکه سالم‌ترین و بهداشتی‌ترین نور است می‌تواند مصرف انرژی روشنایی را به‌شدت کاهش دهد. استفاده از شیشه‌های دوجداره خاص و پرده‌های مناسب نیز به کنترل نور کمک می‌کند.

روشنایی مناسب نه‌تنها باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود، بلکه می‌تواند بهره‌وری کارکنان و سلامت روحی و جسمی افراد را نیز تحت تأثیر قرار دهد. تحقیقات نشان داده‌اند کسانی که به‌طور مرتب زیر لامپ‌های فلورسنت (لامپ مهتابی و لامپ کم‌مصرف) قرار می‌گیرند، دچار خستگی، افسردگی و بی‌قراری می‌شوند. نور طبیعی و نورپردازی مناسب باعث افزایش تمرکز، کاهش خستگی چشم و بهبود کیفیت خواب می‌شود.

سیستم‌های کنترل هوشمند

استفاده از سیستم‌های هوشمند که به‌صورت خودکار میزان روشنایی را بر اساس نور محیط تنظیم می‌کنند، یکی از راهکارهای پیشرفته برای بهینه‌سازی انرژی است.

طراحی مناسب روشنایی

طراحی صحیح و اصولی روشنایی در ساختمان‌ها، شامل انتخاب زاویه تابش، تعداد لامپ‌ها و شدت نور، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی کمک کند. استفاده از سطوح بازتابنده و رنگ‌های روشن نیز به افزایش بازدهی روشنایی کمک می‌کند.

مزایای بهینه‌سازی روشنایی عبارتند از:
۱. کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های برق
۲. افزایش طول عمر تجهیزات روشنایی
۳. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای
۴. بهبود راحتی و آسایش بصری
۵. کاهش نیاز به تعمیر و نگهداری

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و روشنایی

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان «صرفه‌جویی در مصرف انرژی»، بر اصول و ضوابطی تأکید می‌کند که به کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها منجر می‌شود. یکی از مهم‌ترین بخش‌های این مبحث، بهینه‌سازی سیستم‌های روشنایی در جهت کاهش اتلاف انرژی است. در ادامه، جزئیات ارتباط این مبحث با طراحی و محاسبات روشنایی را بررسی می‌کنیم.

اهداف مبحث ۱۹ در رابطه با روشنایی عبارتند از:
۱. کاهش مصرف انرژی الکتریکی در سیستم‌های روشنایی
۲. استفاده بهینه از نور طبیعی روز
۳. استفاده از تجهیزات روشنایی با راندمان بالا
۴. کاهش اتلاف انرژی از طریق کنترل هوشمند روشنایی
۵. تأمین سطح روشنایی استاندارد با حداقل مصرف انرژی
۶. تصحیح ضریب قدرت لامپ

موارد مرتبط با روشنایی در مبحث ۱۹

استفاده از نور طبیعی (Daylighting)

طبق مبحث ۱۹، باید نور طبیعی به‌عنوان یکی از منابع اصلی روشنایی در ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از پنجره‌ها، نورگیرها و طراحی مناسب فضاها می‌تواند نیاز به روشنایی مصنوعی در طول روز را کاهش دهد.

راهکارها:
- طراحی پنجره‌های مناسب در جهت‌های مختلف
- استفاده از شیشه‌های دوجداره و کم‌گسیل (Low-E)
- کنترل تابش مستقیم نور خورشید برای جلوگیری از افزایش دما

استفاده از تجهیزات روشنایی کم‌مصرف

مبحث ۱۹ تأکید می‌کند که تجهیزات روشنایی باید دارای راندمان بالا باشند. لامپ‌های رشته‌ای قدیمی به دلیل مصرف بالای انرژی باید حذف شوند و جای خود را به لامپ‌های LED بدهند.

توصیه‌ها:
- استفاده از لامپ‌های LED به‌جای لامپ‌های قدیمی
- نصب بالاست‌های الکترونیکی در لامپ‌های فلورسنت
- استفاده از چراغ‌هایی با شاخص بهره‌وری نوری (Lumi-nous Efficacy) بالا

کنترل هوشمند روشنایی

مبحث ۱۹ پیشنهاد می‌کند که سیستم‌های کنترل هوشمند روشنایی برای کاهش مصرف انرژی استفاده شود. این سیستم‌ها می‌توانند روشنایی را بر اساس حضور افراد یا شدت نور طبیعی تنظیم کنند.

راهکارها:

- نصب سنسورهای حضور
- استفاده از فتوسل‌ها برای کنترل روشنایی بر اساس نور محیط
- استفاده از دیمرها (Dimmers) برای تنظیم شدت نور

محاسبه سطح روشنایی موردنیاز

مبحث ۱۹ تأکید می‌کند که سطح روشنایی در هر فضا باید مطابق با استانداردهای تعیین‌شده باشد. روشنایی بیش‌ازحد علاوه بر افزایش مصرف انرژی، می‌تواند باعث خیرگی و کاهش راحتی بصری شود. تا جایی که ممکن است هدف از کنترل روشنایی باید تشویق ساکنان به استفاده حداکثر از نور طبیعی باشد و از روشنایی غیرضروری در مواقعی که کسی حضور ندارد جلوگیری شود.

اصطلاحات محاسبات روشنایی

شدت روشنایی (Illuminance)

شدت نور در یک فضا بر اساس واحد لوکس (Lux) اندازه‌گیری می‌شود که به‌صورت مقدار لومن در واحد سطح (lm/m2) تعریف می‌گردد. میزان لوکس استاندارد برای فضاهای مختلف به شرح زیر است:

نوع فضا	شدت روشنایی (لوکس)
اتاق نشیمن	۱۵۰–۳۰۰
آشپزخانه	۳۰۰–۵۰۰
دفتر کار	۳۰۰–۵۰۰
فروشگاه	۵۰۰–۱۰۰۰
راهرو و پله‌ها	۱۰۰–۲۰۰

که مقادیر دقیق آن از پیوست مبحث ۱۳ لحاظ شود.

یکنواختی نور (Uniformity)

برای جلوگیری از ایجاد سایه و نقاط تاریک، یکنواختی روشنایی باید رعایت شود. یکنواختی خوب به راحتی بصری کمک می‌کند.

شاخص خیرگی (UGR)

خیرگی (Glare) زمانی رخ می‌دهد که نور بیش‌ازحد درخشان باشد و چشم را اذیت کند. مقدار UGR باید کمتر از شاخص استاندارد باشد.

بازده نوری (Luminous Efficacy)

بازده نوری بر حسب لومن بر وات (lm/W) نشان‌دهنده کارایی یک منبع نور است. لامپ‌های LED بازده بالاتری نسبت به لامپ‌های قدیمی دارند.

شاخص نمود رنگ یا CRI

چنانچه نمود اشیا در زیر نور خورشید را مبنا قرار دهیم، شاخص CRI (Color Rendering Index) نشان می‌دهد اشیا زیر نور پخش شده توسط لامپ تا چه اندازه به رنگ واقعی نمایش داده می‌شوند. عدد ۱۰۰ معرف رنگ دهی کامل است.

دمای رنگ (CCT)

دمای رنگ یا CCT (Correlated Color Temperature) بر اساس رنگ نور بازتابش شده جسم سخت سیاه در دماهای مختلف اندازه‌گیری می‌شود. جسم سخت سیاه در فیزیک به جسمی گفته می‌شود که هیچ نوری را بازتابش یا منعکس نمی‌کند و همه نور را جذب خود می‌کند. این جسم در اثر حرارت از خود نور ساطع می‌کند (یعنی در حقیقت رنگ می‌گیرد). مقدار حرارتی که هر نور در آن ساطع می‌شود را بر اساس درجه کلوین اندازه می‌گیرند و دمای آن را دمای کلوین آن نور می‌خوانند.

محاسبات روشنایی در ساختمان

محاسبات روشنایی در ساختمان یکی از مهم‌ترین مراحل در طراحی سیستم‌های روشنایی است که به ایجاد یک محیط ایمن، راحت و بهینه کمک می‌کند. در ادامه به روش‌های محاسبه روشنایی، فرمول‌های کاربردی و استانداردهای موردنیاز می‌پردازیم.

روش‌های محاسبه روشنایی در ساختمان

محاسبات روشنایی به دو روش اصلی انجام می‌شود:

۱. روش دستی (محاسبه لوکس با فرمول)

۲. روش نرم‌افزاری (با استفاده از نرم‌افزارهای DIALux و Relux)

روش دستی محاسبه روشنایی:

محاسبه روشنایی به روش دستی با استفاده از فرمول لومن انجام می‌شود:

فرمول لومن (Lumen Method) :

$$E=((N*F)/A)*UF*MF$$

که تعریف متغیرها به‌صورت زیر است:
E شدت روشنایی (لوکس)
N تعداد لامپ‌ها
F شار نوری هر لامپ (لومن)
UF ضریب استفاده (Utilization Factor)
MF ضریب نگهداری (Maintenance Factor)
A مساحت فضا (مترمربع)

توضیح اینکه ضریب استفاده (Utilization Factor – UF) نشان می‌دهد چه میزان از نور تولیدشده توسط چراغ‌ها به سطح موردنظر می‌رسد. این ضریب به نوع چراغ، رنگ دیوارها و ابعاد فضا بستگی دارد. در تعیین UF، ضریب بهره CU (Coefficient of Utilization) نقش اساسی دارد.

همچنین ضریب نگهداری (Maintenance Factor – MF) نشان‌دهنده کاهش شدت نور در طول زمان به دلیل کثیف شدن چراغ‌ها و افت کیفیت تجهیزات است. معمولاً مقدار آن بین ۰,۷ تا ۰,۹ در نظر گرفته می‌شود. در تعیین MF، ضریب افت نور LLF Light Loss Factor نقش اساسی دارد.

–مثال محاسبه دستی روشنایی:

فرض کنید یک اتاق به مساحت ۲۰ مترمربع دارید و می‌خواهید با لامپ‌های LED هر کدام ۸۰۰ لومن آن را روشن کنید. اگر ضریب استفاده ۰,۸ و ضریب نگهداری ۰,۹ باشد، محاسبه به شکل زیر خواهد بود:

E=(800/20)*0.8*0.9=28.8

اگر بخواهید به ۳۰۰ لوکس برسید، تعداد لامپ‌های موردنیاز را می‌توان محاسبه کرد.

N=300/28.8=10.41

به ۱۱ لامپ نیاز است.

–روش نرم‌افزاری محاسبه روشنایی:

استفاده از نرم‌افزارهایی مانند DIALux Evo و Relux باعث می‌شود محاسبات دقیق‌تری انجام دهید. این نرم‌افزارها در موارد زیر به شما کمک می‌کنند:

۱. محاسبه تعداد چراغ‌ها

۲. محاسبه شدت روشنایی (Lux)
۳. بررسی یکنواختی نور
۴. کنترل میزان خیرگی (UGR)
۵. تهیه گزارش‌های حرفه‌ای

معرفی نرم‌افزارهای کاربردی در محاسبات روشنایی

برای طراحی سیستم‌های روشنایی بهینه و استاندارد، استفاده از نرم‌افزارهای محاسبات روشنایی بسیار ضروری است. این نرم‌افزارها به مهندسان کمک می‌کنند تا میزان روشنایی، شدت نور، توزیع یکنواختی و بهره‌وری انرژی را محاسبه و بهینه کنند.

DIALux

یکی از پرکاربردترین نرم‌افزارهای محاسبات روشنایی است که توسط مهندسان برق و معماران برای طراحی سیستم‌های روشنایی داخلی و خارجی استفاده می‌شود.

ویژگی‌ها:
- محاسبه شدت روشنایی بر اساس استانداردهای جهانی
- شبیه‌سازی سه‌بعدی محیط
- امکان واردکردن پلان‌های معماری
- محاسبه مصرف انرژی و بهینه‌سازی سیستم روشنایی
- طراحی روشنایی خیابان، پارکینگ و فضاهای باز

کاربرد:
- طراحی روشنایی ساختمان‌های مسکونی و اداری
- روشنایی شهری و معابر
- فضاهای صنعتی و تجاری

Relux

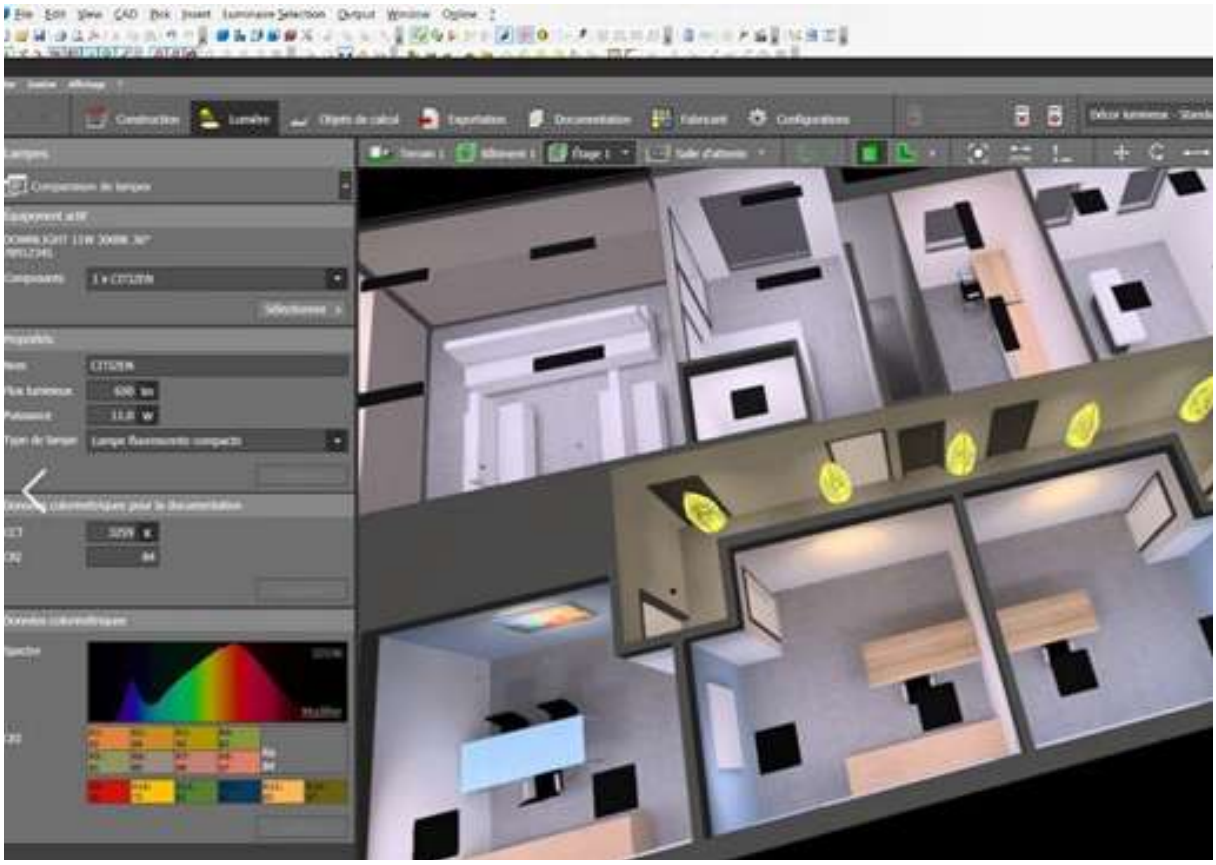
Relux یک نرم‌افزار حرفه‌ای برای طراحی و محاسبات روشنایی است که امکان محاسبه نور داخلی و خارجی را فراهم می‌کند.

ویژگی‌ها:
- محاسبه شدت نور و یکنواختی روشنایی
- شبیه‌سازی روشنایی طبیعی و مصنوعی
- تحلیل و بهینه‌سازی مصرف انرژی
- بانک اطلاعاتی گسترده از تجهیزات روشنایی

کاربرد:
- طراحی سیستم‌های روشنایی صنعتی و تجاری
- نورپردازی محوطه‌ها و خیابان‌ها
- محاسبه روشنایی اضطراری

AGi32

AGi32 یکی از نرم‌افزارهای پیشرفته در زمینه محاسبات روشنایی است که برای پروژه‌های پیچیده و تخصصی به کار می‌رود.



ویژگی‌ها:
- محاسبه دقیق شدت نور
- شبیه‌سازی سه‌بعدی محیط
- تحلیل دقیق یکنواختی و خیرگی نور
- امکان واردکردن مدل‌های سه‌بعدی

کاربرد:
- روشنایی فضاهای ورزشی
- روشنایی شهری و معماری
- طراحی نورپردازی نمای ساختمان

Calculux

نرم‌افزار Calculux توسط شرکت Philips ارائه‌شده و برای محاسبات روشنایی داخلی و خارجی کاربرد دارد.

ویژگی‌ها:
- محاسبه شدت نور بر اساس استانداردهای روز
- شبیه‌سازی روشنایی فضاهای داخلی و بیرونی
- محاسبه مصرف انرژی و بهینه‌سازی سیستم روشنایی

کاربرد:
- طراحی سیستم‌های روشنایی اداری و تجاری
- طراحی روشنایی فضاهای صنعتی

Dialux Evo

نسخه جدیدتر نرم‌افزار DIALux است که امکانات پیشرفته‌تری برای طراحی روشنایی و شبیه‌سازی محیط‌های پیچیده دارد.

ویژگی‌ها:
- طراحی پروژه‌های بزرگ روشنایی
- شبیه‌سازی دقیق نور طبیعی و مصنوعی
- محاسبه مصرف انرژی و ارائه گزارش‌های تحلیلی

کاربرد:
- طراحی روشنایی برای بیمارستان‌ها، مدارس، هتل‌ها
- نورپردازی معماری و نمای ساختمان

Radiance

نرم‌افزار Radiance یک ابزار متن‌باز برای شبیه‌سازی نور و روشنایی است که در تحقیقات علمی و پروژه‌های معماری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ویژگی‌ها:
- شبیه‌سازی دقیق رفتار نور
- محاسبه بازتاب و پراکندگی نور
- تحلیل روشنایی داخلی و خارجی

کاربرد:
- طراحی روشنایی ساختمان‌های مسکونی و اداری و صنعتی
- روشنایی شهری و معابر

درمجموع اگر به دنبال نرم‌افزاری جامع برای محاسبات روشنایی ساختمان هستید، DIALux و Relux از بهترین گزینه‌ها هستند. این نرم‌افزارها دارای رابط کاربری ساده و بانک اطلاعاتی کاملی از تجهیزات روشنایی هستند و برای انواع پروژه‌های روشنایی کاربرد دارند.

آموزش نرم‌افزار DIALux برای طراحی روشنایی

DIALux یک نرم‌افزار حرفه‌ای و رایگان برای محاسبات و طراحی سیستم‌های روشنایی است که توسط مهندسان برق، معماران و طراحان نورپردازی استفاده می‌شود. کلیات آموزش گام‌به‌گام این نرم‌افزار به شرح ذیل است.

گام ۱: دانلود و نصب نرم‌افزار DIALux

می‌توانید نرم‌افزار DIALux Evo را از سایت رسمی آن به‌صورت رایگان دانلود کنید:
www.dialux.com

نکته: نسخه DIALux Evo پیشرفته‌تر و کامل‌تر از نسخه‌های قبلی است.

گام ۲: ایجاد یک پروژه جدید در DIALux

۱. پس از نصب نرم‌افزار، آن را اجرا کنید.
۲. در صفحه اصلی، روی New Project کلیک کنید.
۳. نوع پروژه را انتخاب کنید:
- اتاق داخلی (Interior Room)
- محوطه بیرونی (Outdoor Area)
- نمای ساختمان (Facade)

۴. اندازه و شکل اتاق یا فضا را مشخص کنید.

گام ۳: واردکردن پلان معماری (اختیاری)

می‌توانید پلان پروژه را به‌صورت فایل DWG یا JPEG وارد کنید :
۱. از منوی File، گزینه Import را انتخاب کنید.
۲. فایل پلان را بارگذاری کنید و مقیاس آن را تنظیم کنید.

گام ٤: طراحی محیط سه‌بعدی

۱. در بخش Building Construction، می‌توانید دیوارها، کف، سقف و پنجره‌ها را طراحی کنید.
۲. از ابزار Draw Wall برای کشیدن دیوارها استفاده کنید.
۳. در صورت نیاز، درب و پنجره را از منوی Openings اضافه کنید .

گام ٥: انتخاب تجهیزات روشنایی (Luminaire)

در این مرحله، باید چراغ‌ها و منابع نور را انتخاب و در فضا قرار دهید:

۱. به بخش Luminaire Selection بروید.
۲. از بانک اطلاعاتی نرم‌افزار یا سایت شرکت‌های تولیدکننده، چراغ موردنظر را انتخاب کنید.
۳. چراغ‌ها را به فضا اضافه کرده و موقعیت آن‌ها را تنظیم کنید.

گام ٦: تنظیمات نور و محاسبات روشنایی

برای محاسبه شدت روشنایی، یکنواختی و میزان مصرف انرژی:
۱. به بخش Calculation بروید.
۲. روی Start Calculation کلیک کنید.
۳. نرم‌افزار محاسبات را انجام داده و نتایج را به شما نمایش می‌دهد.

گام ۷: مشاهده و تحلیل نتایج

۱. نتایج محاسبات شامل شدت نور (Lux)، یکنواختی نور و مصرف انرژی است.
۲. در بخش Results، می‌توانید نقشه‌های توزیع نور و تحلیل‌های دقیق را مشاهده کنید.
۳. اگر نتایج مطلوب نبود، می‌توانید تنظیمات چراغ‌ها را تغییر داده و دوباره محاسبه کنید.

گام ۸: خروجی گرفتن از پروژه

برای تهیه گزارش نهایی:
۱. به بخش Documentation بروید.
۲. گزارش پروژه را به‌صورت فایل PDF یا Word خروجی بگیرید.
۳. نقشه‌های سه‌بعدی و پلان روشنایی را نیز می‌توانید خروجی بگیرید.

در کار با DIALux ضمن مطالعه استانداردهای روشنایی مانند IESNA و EN ۱۲۴۶۴ همیشه از چراغ‌های استاندارد با اطلاعات دقیق استفاده کنید و به یکنواختی نور (Uniformity) توجه کنید. این موضوع در استانداردهای روشنایی بسیار مهم است. میزان خیرگی (UGR) را با تنظیم زاویه چراغ کنترل کنید تا نور باعث آزار چشم بهره‌بردار نشود.

در جمع‌بندی، محاسبات روشنایی در ساختمان یکی از اصولی‌ترین مراحل طراحی سیستم‌های نورپردازی است که بر اساس استانداردهای مشخص و فرمول‌های دقیق انجام می‌شود. شما می‌توانید این محاسبات را به روش دستی یا با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی انجام دهید. رعایت استانداردهای روشنایی و بهینه‌سازی و مدیریت انرژی مطابق با مبحث ۱۹ و مبحث ۱۳، به صرفه‌جویی در انرژی و افزایش آسایش و کیفیت زندگی کمک می‌کند.

تأثیر تغییرات اقلیمی بر ایجاد شرایط آسایش حرارتی و عملکرد سیستم‌های تهویه مطبوع ساختمان‌های اداری

نادر رهبر
دکتری مکانیک- تبدیل انرژی

چکیده
تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر شرایط آسایش، یکی از معضلات پیش روی مهندسان تأسیسات و تهویه مطبوع در برآورد بار حرارتی –برودتی ساختمان‌ها و انتخاب تجهیزات تهویه مطبوع می‌باشد؛ زیرا که افزایش دمای هوا باعث افزایش بار برودتی و زمان کار تجهیزات برودتی خواهد شد. در این مقاله به بررسی تغییرات اقلیمی ۲۰ سال آینده و تأثیر آن بر عملکرد سیستم‌های تهویه مطبوع ساختمان‌های اداری شهرستان‌های استان سمنان پرداخته شده است. در این راستا از نرم‌افزارهای متونورم و مشاور اقلیم، برای تهیه و بررسی اطلاعات اقلیمی موردنیاز شهرستان‌های استان سمنان استفاده شده است. نتایج بیانگر افزایش دمای متوسط ماهیانه ۲/۵ درجه سانتی‌گراد و افزایش دمای متوسط ساعتی ۲/۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۴۰، در نتیجه کاهش ساعات آسایش حرارتی (۷ درصد کاهش) و افزایش بار برودتی ساختمان‌ها می‌باشند. همچنین، با توجه به گرم‌تر شدن دمای هوا در سال‌های آینده، در همه شهرهای استان سمنان، ساعات نیاز به سرمایش به‌طور متوسط ۴/۴ درصد افزایش خواهد داشت. علاوه بر آن، ساعات نیاز به سرمایش تبخیری ۱۷ درصد کاهش داشته و به همین دلیل، ساعات نیاز به سرمایش غیر تبخیری نیز در همه شهرهای استان به‌طور متوسط ۲۲۵/۴ درصد افزایش خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: آسایش حرارتی، تغییرات اقلیمی، سیستم‌های برودتی، ساختمان‌های اداری، تهویه مطبوع

مقدمه

در جهان امروز، امنیت ملی کشورها به دسترسی مطمئن به انرژی وابسته است. بر این اساس کاربرد بهینه از آن موردتوجه بسیاری از دولتمردان و محققین بوده است. انرژی لازمه ادامه زندگی و تداوم روند مطلوب حیات اقتصادی، صنعتی، کشاورزی و خدماتی در جوامع بوده و مقدار مصرف سرانه آن شاخصی برای تعیین پیشرفت و توسعه‌یافتگی کشورها می‌باشد. گسترش مصرف در بخش خانگی ـ تجاری و اتلاف انرژی در جامعه شهری، ناکارایی حمل‌ونقل و توسعه صنایع از دلایل بارز رشد سریع شدت مصرف انرژی در اقتصاد ملی به شمار می‌رود. انرژی مصرفی در کشور با هزینه‌های بسیار زیادی تولید و عرضه‌شده و اتلاف آن علاوه بر خسارات مالی جبران‌ناپذیر، زیان‌های غیرقابل‌انکاری را بر محیط‌زیست وارد می‌نماید. مصرف انرژی بالاتر از حد استاندارد جهانی در ایران که از فرهنگ نادرست مصرف انرژی به دلیل وجود منابع فراوان انرژی و همچنین عدم نظارت صحیح بر مصرف آن صورت می‌گیرد، این انگیزه را به وجود می‌آورد که کلیه متصدیان امر برای رهایی از این مشکل بزرگ و بسیار غیرمنطقی تلاش نمایند. لذا شناسایی الگوی رایج مصرف انرژی در کشور خصوصاً در بخش ساختمان‌ها که دربرگیرنده کلیت جامعه مصرف‌کننده انرژی است و همچنین شناخت موانع و غیر ساختاری بهینه‌سازی مصرف انرژی در این بخش، می‌تواند ما را در جستجوی و ارائه راهکارهایی برای دست‌یابی به اهداف بهینه‌سازی مصرف انرژی یاری دهد [۱, ۲].

با توجه به مصرف بالای انرژی در بخش ساختمان، این بخش در دنیا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در ایران نیز همچون اغلب کشورها، بخش ساختمان و مسکن یکی از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در کشور است. بخش اعظم مصرف انرژی ساختمان‌ها در ایران از منابع فسیلی (نفت و گاز) و برق جهت سرمایش، گرمایش، پخت‌وپز و روشنایی تأمین می‌گردد و انرژی‌های تجدید پذیر تنها به‌صورت بسیار محدود و شاید بتوان گفت به‌صورت آزمایشی در این بخش استفاده می‌شوند. طبق گزارش سازمان بهینه‌سازی مصرف انرژی در حال حاضر سهم ساختمان‌های مسکونی، عمومی و تجاری از مصرف برق کل کشور حدود ۴۸ درصد می‌باشد. برآورد می‌شود، بخش ساختمان در کشورمان به دلیل طراحی و ساخت نامناسب، استفاده از مصالح و تجهیزات غیراستاندارد و انتخاب نامناسب تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی در حوزه برق و گاز طبیعی در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی کشور و یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای بوده و ازاین‌رو ارائه راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در این بخش دارای اهمیت بسیار بالایی می‌باشد [۳, ۴].

امروزه ساختمان‌ها در حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی اولیه جهان و حدود ۴۸ درصد از مصرف انرژی در ایران را به خود اختصاص داده و حدود یک‌سوم از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان نیز به خاطر مصارف انرژی در ساختمان‌ها می‌باشد. درواقع هنوز پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی بسیار زیاد بوده و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۰ تنها در اتحادیه اروپا صرفه‌جویی ۲۰% در مصرف انرژی به وجود آید. در کشورهای صنعتی عمدتاً از طریق بهینه‌سازی اتلاف حرارتی می‌توان بین ۱۲ تا ۲۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به ساختمان، کاست. در کشورهای درحال‌توسعه نیز، صرفه‌جویی در مصرف برق از طریق استفاده از لوازم کارآمدتر و بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های روشنایی، نقش بیشتری داشته و سهم ۱۳ تا ۵۲ درصد از بهینه‌سازی انرژی را تا سال ۲۰۲۰ به خود اختصاص می‌دهد. لازم به ذکر است که اگر بهره‌وری انرژی ساختمان تنها ۲۲% بهبود یابد، از انتشار ۴۵ میلیون تن دی‌اکسید کربن جلوگیری خواهد گردید [۵]. به‌عنوان یک راه‌حل در مورد افزایش قیمت برق و انتشار گازهای گلخانه‌ای، اقدامات زیادی توسط مهندسین بر روی بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌های تجاری صورت گرفته است. هدف چنین اقداماتی تولید انرژی در محل و یا مدیریت تقاضا از طریق طراحی‌های کارآمد انرژی می‌باشد. سیستم‌های انرژی به لحاظ مالی به درجه بالایی از بهینه‌سازی می‌پردازند، زیرا مقدار انرژی متغیر بوده و تحت تأثیر عوامل مختلف مانند زمان روز، فصل و منبع انرژی است. ازاین‌رو، تحقیقات قابل‌توجهی در جهت دستیابی به انرژی مطلوب ساختمان‌های تجاری صورت گرفته است. در حالت ایده‌آل، در طول دوره‌هایی که در آن‌ها هزینه انرژی بالا است، مصرف باید حداقل بوده و تولید، در صورت موجود بودن، باید حداکثر شود [۶].

تأمین شرایط آسایش و ایجاد سرمایش در ساختمان‌های اداری و دولتی یکی از بخش‌های پرمصرف انرژی در ایران و جهان است. بر اساس آمار آژانس بین‌المللی انرژی، حدود ۲۰% از مصرف انرژی کل جهان در بخش ساختمان‌ها اتفاق می‌افتد که از این میزان، ۴۰% مربوط به سرمایش و تهویه مطبوع است. از طرف دیگر چگونگی تأمین شرایط آسایش حرارتی در ساختمان‌های اداری نیز همواره یکی از دغدغه‌های موجود بوده است. هرچند در دنیا این مسئله از بعد تحقیقاتی خارج شده و روابط و ضوابط موجود در این زمینه به‌راحتی در استانداردها و منابع علمی یافت می‌شود، اما به علت وجود شرایط خاص فرهنگی، محیطی، اقتصادی و تکنولوژیک، هنوز در ایران به این موضوع به‌عنوان یک چالش مهم نگریسته می‌شود [۷].

وجود فرهنگ غلط مصرف (آب و انرژی) در میان عموم جامعه، همچنین عدم اعتقاد مدیران به اهمیت اعمال دیدگاه زیست‌محیطی در طراحی‌های مهندسی، دسترسی بی‌منطق و ارزان به منابع انرژی، وجود یارانه در آب و انرژی، عقب‌ماندگی تکنولوژیک، تحریم‌ها و مشکلات اقتصادی، همگی دست در دست هم داده است تا اولویت‌های طراحان و مدیران را در انتخاب تجهیزات مناسب حرارتی برودتی، متفاوت از سایر نقاط جهان قرار دهد؛ بنابراین با در نظر گرفتن عوامل فوق، هنوز در کشور ایران نیاز به تحقیق و پژوهش در این زمینه به‌خوبی احساس می‌شود. در ساختمان‌های اداری و تجاری، استفاده از سیستم‌های سرمایش تبخیری، چیلرهای تراکمی، چیلرهای جذبی، داکت اسپلیت و سیستم‌های جریان مبرد متغیر گزینه‌های پیش روی طراحان تأسیسات و تهویه مطبوع در تأمین ایجاد شرایط آسایش حرارتی در تابستان می‌باشند. در سیستم‌های با تناژ تبرید بالاتر هرچند هزینه اولیه چیلرهای تراکمی نسبت به جذبی پایین‌تر است، اما مصرف انرژی ارزان‌تر در چیلرهای جذبی، این دستگاه‌ها را در سال‌های اخیر به‌عنوان یک رقیب جدی برای چیلرهای تراکمی تبدیل

نمـوده اسـت. هرچنـد سیسـتم‌های تبخیـری مصـرف انـرژی پایین‌تـری را نسـبت بـه سیسـتم‌های دیگـر دارنـد، امـا مصـرف آب بـالای ایـن سیسـتم‌ها، مهم‌تریـن چالـش پیـش روی مصرف‌کننـدگان می‌باشـد. از طـرف دیگـر بـه علـت اینکـه سیسـتم‌های تبخیـری به‌شـدت وابسـته بـه دمـای مرطـوب هـوای محیـط می‌باشـند، اسـتفاده از آن‌هـا در اقلیم‌هـای مرطـوب یـا آب‌وهـوای بسـیار گـرم شـرایط آسـایش موردنیـاز سـاکنین سـاختمان را فراهـم نخواهـد نمـود [۸].

معضـل دیگـر پیـش روی طراحـان تأسیسـات تهویـه مطبـوع سـاختمان، تغییـرات اقلیمـی و تأثیـر آن بر شـرایط آسـایش سـاختمان‌های مسـکونی می‌باشـد. بـه علـت افزایـش تولیـد گازهـای گلخانـه‌ای، دمـای کـره زمیـن در سـال‌های اخیـر در حـال افزایـش بـوده و ایـن امـر باعـث افزایـش زمـان موردنیـاز سـرمایش در سـاختمان‌ها شـده اسـت. بـر اسـاس پیش‌بینی‌هـا، دمـای متوسـط کـره زمیـن تـا سـال ۲۱۰۰ حـدود ۱/۵ تـا ۲ درجـه سـانتی‌گراد افزایـش خواهـد یافـت کـه ایـن امـر به‌طـور قابل‌توجهـی نیـاز بـه سـرمایش در سـاختمان‌ها را افزایـش خواهـد داد. از طـرف دیگـر بـه علـت افزایـش دمـای هـوا، اسـتفاده از برخـی تجهیـزات سرمایشـی و تولیـد بـرودت توجیـه اقتصـادی و فنـی را از دسـت خواهـد داد. ازایـن‌رو لازم اسـت یـک طـراح تأسیسـات تهویـه مطبـوع سـاختمان به‌خوبـی بـا تغییـرات اقلیمـی پیـش روی سـاختمان آشـنا بـوده و انتخـاب تجهیـزات تهویـه مطبـوع را بـا در نظـر گرفتـن تغییـرات اقلیمـی سـال‌های آینـده انجـام دهـد.

هـدف از ایـن تحقیـق ارائـه راهـکاری بـرای بررسـی تأثیـر تغییـرات اقلیمـی بـر عملکـرد سیسـتم‌های تهویـه مطبـوع در ایجـاد شـرایط آسـایش حرارتـی سـاختمان‌های اداری بـه همـراه مطالعـه‌ای مـوردی در خصـوص شهرسـتان‌های اسـتان سـمنان خواهـد بـود. سـؤالات اصلـی تحقیـق عبارتنـد از:

- تأثیـر افزایـش دمـای هـوا بـر نیـاز بـه سـرمایش در سـاختمان‌های اداری اسـتان سـمنان چـه خواهـد بود؟
- کـدام سیسـتم سرمایشـی بـا در نظـر گرفتـن تغییـرات اقلیمـی، مناسـب‌ترین گزینـه بـرای سـاختمان‌های اداری اسـتان سـمنان خواهـد بـود؟

بـه دلیـل تنـوع اقلیمـی، وجـود چالش‌هـای مختلـف مرتبـط بـا سـرمایش سـاختمان‌ها و دسترسـی بـه اطلاعـات و داده‌هـای موردنیـاز، مطالعـه مـوردی ایـن تحقیـق در شهرسـتان‌های اسـتان سـمنان انجـام شـده اسـت. بـا انجـام ایـن تحقیـق، می‌تـوان بـه راهکارهـای مناسـب بـرای انتخـاب تجهیـزات تهویـه مطبـوع بـا در نظـر گرفتـن تغییـرات اقلیمـی در سـاختمان‌های اداری دسـت یافـت.

آشنایی با استان سمنان و اقلیم آن

اسـتان سـمنان یکـی از اسـتان‌های مرکـزی کشـور ایـران اسـت. مرکـز و پرجمعیت‌تریـن شـهر ایـن اسـتان، شـهر سـمنان بـوده و مسـاحت ایـن اسـتان برابـر بـا ۹۷۴۹۱ کیلومترمربـع می‌باشـد کـه ۵/۹ درصـد مسـاحت کل کشـور را شـامل می‌شـود. ایـن اسـتان ازنظـر مسـاحت ششـمین اسـتان ایـران اسـت. ایـن اسـتان از جانـب شـمال بـه اسـتان‌های خراسـان شـمالی، گلسـتان و مازنـدران، از جنـوب بـه اسـتان‌های خراسـان جنوبـی و اصفهـان، از مشـرق بـه اسـتان خراسـان رضـوی و از مغـرب بـه اسـتان‌های تهـران و قـم محـدود اسـت. اسـتان سـمنان در دامنه‌هـای جنوبـی سلسـله جبـال البـرز قرارگرفتـه اسـت. ارتفـاع آن از شـمال بـه جنـوب کاهش‌یافتـه و بـه دشـت کویـر ختـم می‌شـود. در یـک تقسـیم‌بندی کلـی می‌تـوان اسـتان سـمنان را بـه دو بخـش کوهسـتانی و دشـت‌های پـای کوهـی تقسـیم نمـود. خصوصیـات جـوّی اسـتان سـمنان نشـانگر تنـوع در اقلیـم آن اسـت. ایـن تنـوع اقلیمـی، بـه دو شـکل اقلیـم نیمـه بیابانـی شـدید و اقلیـم نیمـه بیابانـی خفیـف خـود را نشـان می‌دهـد. در ایـن اسـتان، سـه نـوع آب‌وهـوا را می‌تـوان مشـخص کـرد:

- قسـمت شـمالی شـامل شـاهرود، دامغـان، مهدی‌شـهر و شـهمیرزاد، در زمسـتان هوایـی خشـک و مرطـوب و در تابسـتان وضعیتـی معتـدل دارد.
- قسـمت جنوبـی شـامل گرمسـار و جنـوب شهرسـتان سـمنان، در تابسـتان‌ها هـوای بیابانـی و نسـبتاً گـرم و خشـک و در زمسـتان‌ها هـوای سـرد دارد.
- قسـمت شـمال شـرقی شـامل میامـی و حسـین‌آباد کالپـوش، در تابسـتان هـوای معتـدل و مرطـوب و در زمسـتان هـوای سـرد دارد.

اسـتان سـمنان بـه علـت تنـوع جغرافیایـی، دارای آب‌وهوایـی متفاوت اسـت. بـه ایـن صـورت کـه در نواحـی کوهسـتانی هـوا سـرد، در دامنـه کوه‌هـا معتـدل و در کنـار کویـر گـرم اسـت. در دامغـان بـه علـت وزش بادهـای شـدید شـمالی و بارندگـی در نواحـی گـرگان و مازنـدران، زمسـتان‌ها سـرد و تابسـتان‌ها معتـدل، در سـمنان تابسـتان‌ها گـرم و زمسـتان‌ها معتـدل، در شـاهرود بـا توجـه بـه پسـتی‌وبلندی‌های آن، در قسـمت شـمالی سـرد، در قسـمت مرکـزی معتـدل و در قسـمت جنوبـی گـرم اسـت. در گرمسـار نیـز تغییـرات فصـل خیلـی زیـاد اسـت. تابسـتان‌های ایـن ناحیـه بسـیار گـرم و خشـک و زمسـتان‌های آن نسـبتاً سـرد و بارانـی اسـت [۹].

شـیوه تحلیـل نتایـج اقلیمـی و نرم‌افزارهـای مورداسـتفاده

ازآنجاکـه هـدف از ایـن تحقیـق ارائـه راهـکاری بـرای بررسـی تأثیـر تغییـرات اقلیمـی بـر عملکـرد سیسـتم‌های تهویـه مطبـوع در ایجـاد شـرایط آسـایش حرارتـی سـاختمان‌های اداری اسـتان سـمنان می‌باشـد و از طـرف دیگـر اطلاعـات اقلیمـی بسـیاری از شـهرهای اسـتان سـمنان به‌راحتـی در دسـترس نمی‌باشـد، جهـت بـه دسـت آوردن اطلاعـات موردنیـاز و تحلیـل آن‌هـا از دو نرم‌افـزار متونـورم و مشـاور اقلیـم اسـتفاده شـده اسـت. در ایـن بخـش به‌صـورت خلاصـه بـه مـروری بـر قابلیت‌هـای ایـن دو نرم‌افـزار و نحـوه تحلیـل اطلاعـات در آن‌هـا خواهیـم پرداخـت.

مقدمه‌ای بر نرم‌افزار متونورم

ازآنجاکـه یکـی از مهم‌تریـن اطلاعـات موردنیـاز در ایـن پـروژه اطلاعـات هواشناسـی شهرسـتان‌های اسـتان سـمنان می‌باشـد، لـذا از نرم‌افـزار متونـورم بـرای بـه دسـت آوردن اطلاعـات موردنیـاز نظیـر (دمـای هـوای خشـک، دمـای هـوای مرطـوب، رطوبـت نسـبی و ...) اسـتفاده شـده اسـت. متونـورم نرم‌افـزار قدرتمنـد و معتبـری جهـت سـاخت داده‌هـای اقلیمـی بـرای بسـیاری از شـهرها و نقـاط جهـان می‌باشـد. ایـن نرم‌افـزار به‌راحتـی و بـا دسترسـی آنلایـن بـه داده‌هـای هواشناسـی بیـش از ۸۹۰۰ ایسـتگاه هواشناسـی در سرتاسـر جهـان، ۵ ماهـواره هواشناسـی و همچنیـن داده‌هـای هواشناسـی ۳۰ سـال اخیـر،

مشکل فقدان داده‌های وسیع اقلیمی، خصوصاً روزانه و ساعتی را حل می‌نماید. همچنین این نرم‌افزار می‌تواند با ورود اطلاعات طول و عرض جغرافیایی و با استفاده از روش میانیابی و رگرسیون با دقتی حدود ۵۰ کیلومتر اطلاعات هواشناسی را حتی برای شهرهایی که در بانک اطلاعاتی وجود ندارد، تولید نماید. در این نرم‌افزار می‌توان محل موردنظر خود را به‌سادگی روی نقشه مشخص و حتی از طریق وارد مختصات جغرافیایی محلی نیز آن را به بانک اطلاعاتی نرم‌افزار اضافه نموده و اطلاعات هواشناسی را برای آن منطقه تولید نمود. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم این نرم‌افزار، دادن اطلاعات لازم در بازه‌های زمانی در حد دقیقه است. در این نرم‌افزار می‌توان پارامترهای هواشناسی موردنظر را انتخاب نموده و نتایج را در بازه‌های زمانی ماهانه، ساعتی و یا دقیقه‌ای دریافت نمود که این نشان از دقت بالای برنامه است. نکته بعدی بخش اطلاعات آنلاین برنامه است که در این قسمت جدیدترین اطلاعات هواشناسی اقلیم موردنظر در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. گذشته از این کاربران قادر هستند تاریخچه اطلاعاتی یک منطقه جغرافیایی خاص را درگذر زمان مشاهده کنند. این اطلاعات جهت پیش‌بینی روند تغییرات آب‌وهوایی بسیار کاربرد خواهد داشت. در این نرم‌افزار اطلاعات شهرهای سمنان و شاهرود به‌صورت پیش‌فرض وجود داشته اما اطلاعات سایر شهرهای استان موجود نمی‌باشد. لذا با استفاده از طول و عرض جغرافیایی شهرهای موردنظر، فایل‌های اقلیمی سایر شهرهای مهم استان نیز ساخته شده و نتایج آن‌ها جهت تحلیل و بررسی مورداستفاده قرار گرفته‌اند. یکی دیگر از مهم‌ترین قابلیت‌های این نرم‌افزار امکان پیش‌بینی شرایط اقلیمی آینده منطقه موردنظر بر اساس سناریوهای ارائه‌شده توسط هیئت بین دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC) است. این هیئت در سال ۱۹۸۸ به‌وسیله سازمان ملل متحد، سازمان هواشناسی جهانی و برنامه محیط‌زیستی سازمان ملل ایجاد شد تا خطر تغییر آب‌وهوای کره زمین درنتیجه فعالیت‌های انسانی را ارزیابی کند. یکی از فعالیت‌های اصلی IPCC که مقر اصلی آن در ژنو است، انتشار دادن گزارش‌های ویژه درباره موضوعات مربوط به اعمال چارچوب کنوانسیون سازمان ملل درباره تغییرات اقلیمی است. این کنوانسیون یک معاهده بین‌المللی است که امکان تغییرات آب‌وهوایی زیان‌بار در کره زمین (گرمایش جهانی) را تصدیق کرده و اجرای این معاهده نهایتاً به پروتکل کیوتو دراین‌باره منتهی شده است. گزارش‌های IPCC به‌طور گسترده و تقریباً در هر مباحثه‌ای درباره تغییرات آب‌وهوایی کره زمین مورد استناد قرار می‌گیرند. همچنین مجامع ملی و بین‌المللی برای مقابله با تغییرات آب‌وهوایی، عموماً این هیئت را به‌عنوان مرجع اعتبار تلقی کرده و همه گزارش‌های فنی IPCC مورد توجه گسترده علمی قرار می‌گیرند. خلاصه این گزارش‌ها (تحت عنوان چکیده برای سیاست‌گذاران) است که بیشترین توجه رسانه‌ای را جلب می‌کند. یکی از گزارش‌های که بسیار مورد استناد قرار می‌گیرد، سناریوهای جدیدی است که برای تغییرات اقلیمی آینده جهان توسط IPCC ارائه گردیده است. این سناریوها به‌صورت خلاصه و به شرح جدول ۱ می‌باشند [۱۰]:

	تأکید بیشتر بر جنبه‌های اقتصادی	تأکید بیشتر بر جنبه‌های زیست‌محیطی
دنیای همگرا (جهانی‌سازی)	A1 رشد اقتصادی سریع، A1B و A1FI، A1T افزایش دما (۱/۴ تا ۶/۴ درجه)	B1 توسعه پایدار زیست‌محیطی، افزایش دما (۱/۱ تا ۲/۹ درجه)
دنیای واگرا (منطقه محوری)	A2 توسعه اقتصادی منطقه محور افزایش دما (۲ تا ۵/۴ درجه)	B2 توسعه پایدار زیست‌محیطی محلی افزایش دما (۱/۴ تا ۳/۸ درجه)

▲ جدول ۱- خلاصه سناریوهای ارائه‌شده توسط IPCC

■ مقدمه‌ای بر نرم‌افزار مشاور اقلیم

نرم‌افزار مشاور اقلیم یک برنامه کامپیوتری مبتنی بر گرافیک ساده است که به معماران، سازندگان، پیمانکاران و طراحان تأسیسات مکانیکی جهت تفسیر شرایط اقلیمی یک موقعیت جغرافیایی کمک می‌نماید. این نرم‌افزار با استفاده از داده‌های آب‌وهوایی سالانه که شامل ۸۷۶۰ ساعت اطلاعات هواشناسی یک موقعیت جغرافیایی با فرمت مورداستفاده در نرم‌افزار انرژی پلاس یا EPW بوده، استفاده کرده و این اطلاعات اقلیمی خام را به ده‌ها صورت نمایشگر گرافیکی معنی‌دار تبدیل می‌کند. همچنین این نرم‌افزار تمامی داده‌های موجود نظیر (تشعشع خورشید، دمای هوای خشک و مرطوب، رطوبت نسبی، دمای خاک و ...) را طبقه‌بندی نموده و در حالت‌های مختلف و با توجه به نیاز کاربر به نمایش می‌گذارد. از نکات مفید دیگر این نرم‌افزار تعیین حد آسایش و پیشنهادهای مربوط به صرفه‌جویی انرژی در آن منطقه آب‌وهوایی می‌باشد.

■ نحوه پیش‌بینی اقلیم شهرهای استان سمنان در سال ۲۰۴۰

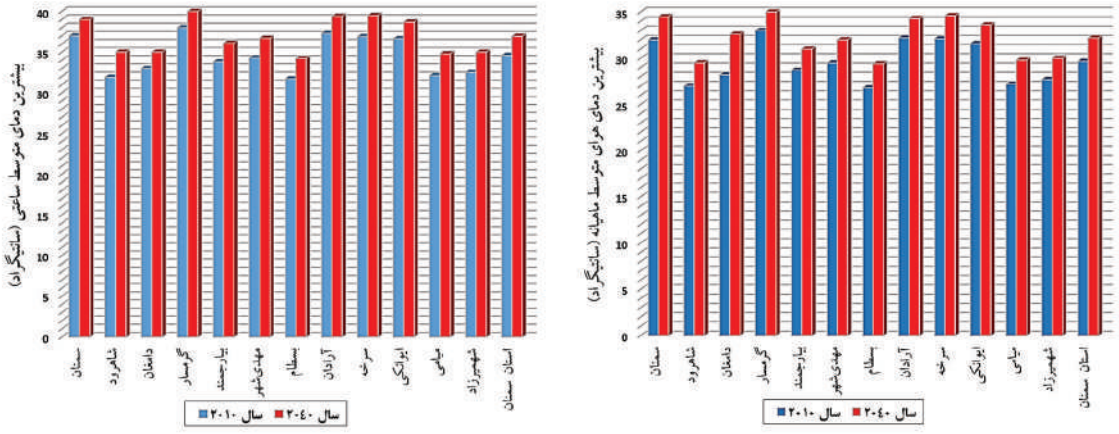
همان‌طور که در قسمت‌های قبل شرح داده شد، یکی از قابلیت‌های نرم‌افزار متونورم امکان ارائه پیش‌بینی شرایط اقلیمی یک منطقه در سال‌های آینده است. لازم به ذکر است که یک مهندس طراح تأسیسات مکانیکی به‌صورت معمول از شرایط

آب‌وهوایی متوسط سال‌های قبل برای محاسبات بارهای سرمایش و گرمایش ساختمان استفاده می‌نماید. بااین‌حال ازآنجاکه ساختمان قرار است در سال‌های آینده مورداستفاده قرار گیرد، لازم است که یک طراح همواره شرایط اقلیمی سال‌های آینده یک منطقه را در نظر داشته و در محاسبات تهویه مطبوع تغییرات آب‌وهوایی را منظور نماید. در این تحقیق برای پیش‌بینی اقلیم مناطق استان سمنان در سال ۲۰۴۰ از سناریوی A1B (جدول ۱) استفاده شده است. همان‌طور که در بخش‌های قبل شرح داده شد در این سناریو فرض می‌شود در سال ۲۰۴۰ جهان همگرا با رشد اقتصادی سریع و در حال استفاده متعادل از منابع فسیلی و غیر فسیلی است.

تحلیل نتایج

همان‌طور که در بخش‌های قبل شرح داده شد، ساختمان‌های اداری یکی از مهم‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی بوده و بیشترین تجهیزات سرمایشی نظیر چیلرهای تراکمی، چیلرهای جذبی، برج‌های خنک‌کن، اسپلیت و داکت اسپلیتها و ایرواشرها را به خود اختصاص می‌دهند. از طرف دیگر در ساعات پیک مصرف انرژی در تابستان، به علت حضور کارکنان و مراجعه‌کنندگان به محیط‌های اداری، بیشترین نیاز سرمایشی نیز در این‌گونه ساختمان‌ها وجود خواهد داشت. از طرف دیگر، تغییرات اقلیمی سال‌های اخیر مشکلات زیادی را متوجه مصرف‌کنندگان تجهیزات سرمایشی نموده است تا جایی که در بسیاری از ساختمان‌های موجود اداری، سیستم‌های سرمایشی فعلی دیگر جوابگوی ایجاد شرایط آسایش محیطی نبوده، در نتیجه مصرف‌کنندگان ناچار به استفاده هم‌زمان از سیستم‌های سرمایشی نظیر اسپلیت و داکت اسپلیت شده‌اند. هدف از انجام این تحقیق، ارائه راهکارهای مناسب برای انتخاب تجهیزات تهویه مطبوع با در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی در ساختمان‌های اداری استان سمنان می‌باشد.

شکل ۱ نتایج داده‌های دمایی شهرهای استان سمنان در اقلیم سال ۲۰۱۰ (مورداستفاده طراحان تأسیسات در محاسبه بارهای ساختمان و انتخاب تجهیزات) و اقلیم سال ۲۰۴۰ (پیش‌بینی‌شده توسط نرم‌افزار متونورم با سناریوی A1B ارائه‌شده در جدول ۱) را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر افزایش قابل‌ملاحظه دمای متوسط ماهیانه و دمای متوسط ساعتی در سال ۲۰۴۰ می‌باشند. این امر بیانگر افزایش بار برودتی ساختمان‌ها در سال ۲۰۴۰ بوده و اهمیت توجه طراحان تأسیسات تهویه مطبوع را به در نظر گرفتن این امر در محاسبات بار و انتخاب تجهیزات سرمایشی ساختمان نشان می‌دهد. افزایش بیشترین دمای متوسط ماهیانه و بیشترین دمای متوسط ساعتی به ترتیب در شهرهای دامغان و شاهرود به مقدار ۴/۴ و ۳/۱ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی می‌شود. همچنین متوسط افزایش بیشترین دمای ماهیانه و بیشترین دمای ساعتی استان سمنان به ترتیب ۲/۵ و ۲/۴ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی می‌شود.



(الف) (ب)

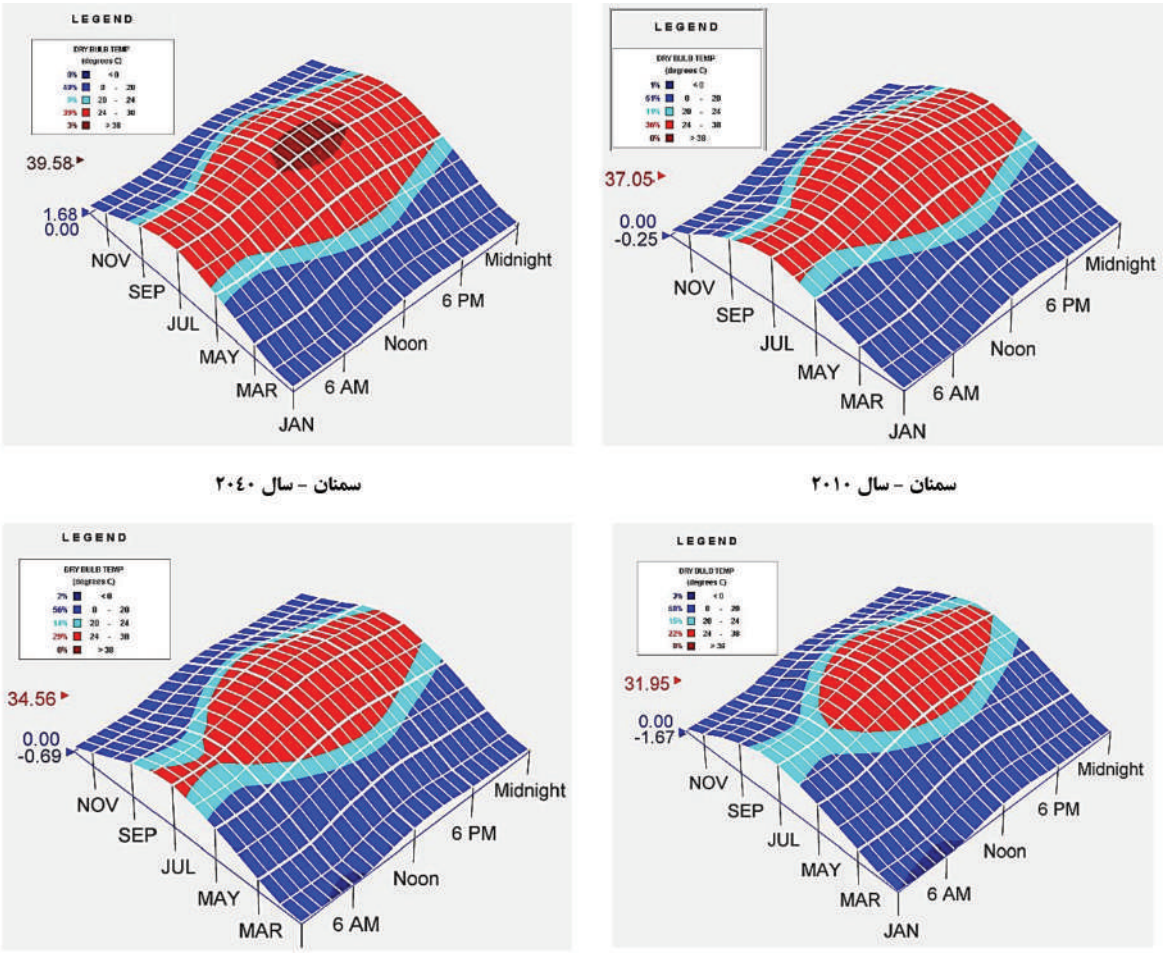
▲ شکل ۱ – مقایسه دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) در شهرهای استان سمنان بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰
(الف) بیشترین دمای هوای متوسط ماهیانه (ب) بیشترین دمای متوسط ساعتی

شکل ۲ مقایسه و نمایش سه‌بعدی داده‌های دمایی سال ۲۰۱۰ و سال ۲۰۴۰ را در نرم‌افزار مشاور اقلیم برای پرجمعیت‌ترین شهرهای استان (سمنان و شاهرود) که بیشترین ساختمان‌های اداری را در خود جای داده‌اند، ارائه می‌دهد. نتایج به‌وضوح نشانگر بیشتر شدن دمای هوا در سال ۲۰۴۰ می‌باشند. به‌طوری‌که از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۴۰، ساعاتی که در آن دمای هوا بیش از ۲۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، برای سمنان و شاهرود به ترتیب ۶ درصد و ۷ درصد افزایش را نشان می‌دهد. این در حالی است که در سال ۲۰۴۰ و برای شهر سمنان پیش‌بینی می‌شود که ۳ درصد ساعات سال دما بالاتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد باشد.

شکل ۳ مقایسه ساعات آسایش حرارتی در سال را برای شهرهای استان سمنان بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰ نشان می‌دهد. ساعات آسایش حرارتی به زمان‌هایی گفته می‌شود که در آن دمای هوای محیط شرایط آسایش حرارتی را داشته و در آن ساعات، مصرف انرژی سیستم‌های برودتی ساختمان به حداقل مقدار خود خواهد رسید. نتایج نشان می‌دهند که با توجه به گرم‌تر شدن دمای هوا در سال‌های آینده، ساعاتی که در آن شرایط آسایش

حرارتی وجود دارد در اکثر شهرهای استان سمنان کمتر خواهد شد. بااین‌حال، در شهرهای شاهرود، مهدیشهر و سرخه ساعات آسایش حرارتی در سال‌های آینده بیشتر می‌شود. به‌طورکلی و به‌صورت متوسط در استان سمنان این مقدار کاهشی بوده و از ۴۹۳ ساعت در سال ۲۰۱۰ به ۴۵۳ ساعت در سال ۲۰۴۰ کاهش خواهد داشت (۷ درصد کاهش ساعات آسایش حرارتی).

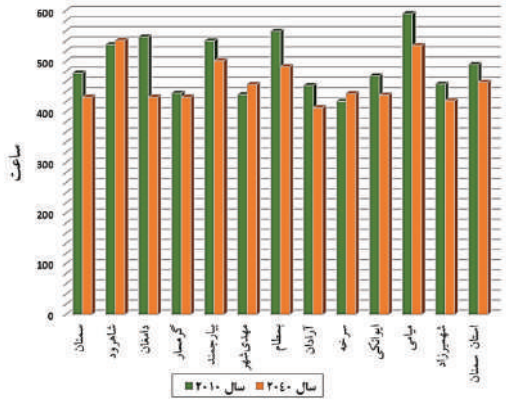
شکل ۴ مقایسه ساعات نیاز به سرمایش در سال را برای شهرهای استان سمنان بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰ نشان می‌دهد. ساعات نیاز به سرمایش ساعاتی است که دمای هوای محیط بالاتر از دمای آسایش بوده و سیستم‌های سرمایشی ساختمان شروع به کار نموده و نیاز به مصرف انرژی (بخصوص انرژی الکتریکی) خواهند داشت. نتایج نشان می‌دهند که در سال‌های آینده و با توجه به گرم‌تر شدن دمای هوا در استان سمنان، ساعات نیاز به سرمایش بیشتر خواهد شد. بیشترین و کمترین افزایش در استان سمنان مربوط به شهرهای دامغان و شهمیرزاد به ترتیب ۹/۶ درصد و ۲/۵ درصد خواهند بود. به‌طورکلی و به‌صورت متوسط در استان سمنان ساعات نیاز به سرمایش از ۳۸/۴ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۴۲/۸ درصد در سال ۲۰۴۰ افزایش خواهد داشت (۴/۴ درصد افزایش ساعات نیاز به سرمایش). شکل ۵ ساعات نیاز به سرمایش تبخیری و غیرتبخیری در سال را برای شهرهای استان سمنان بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰ نشان می‌دهد. ساعات نیاز به سرمایش تبخیری ساعاتی است که در آن سیستم‌های تبخیری نظیر کولر آبی و یا ایرواشر قادر به جبران بار برودتی موردنیاز ساختمان بوده و برای این کار نسبت به سیستم‌های تبرید تراکمی (مانند چیلر، VRF، کولر گازی، اسپلیت یا داکت اسپلیت) نیاز به مصرف انرژی (بخصوص انرژی الکتریکی) کمتری خواهند داشت. نتایج نشان می‌دهند که با توجه به گرم‌تر شدن دمای هوا در سال‌های آینده، به غیر از شهر شهمیرزاد، بقیه شهرهای استان سمنان، ساعات نیاز به سرمایش تبخیری کاهش خواهد داشت. به همین دلیل، ساعات نیاز به سرمایش غیرتبخیری نیز در همه شهرهای استان افزایش خواهد داشت. به‌طور متوسط در استان سمنان در سال ۲۰۴۰ نسبت به سال ۲۰۱۰، ساعات نیاز به سرمایش تبخیری ۱۷ درصد کاهش (از ۱۶۱۰ به ۱۳۲۲ ساعت) و ساعات نیاز به سرمایش غیر تبخیری ۲۲۵/۴ درصد (از ۲۲۰ ساعت به ۷۱۵ ساعت) افزایش خواهد داشت.



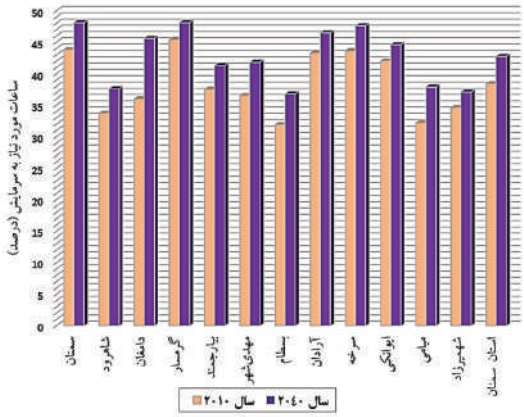
سمنان - سال ۲۰۴۰ | سمنان - سال ۲۰۱۰

شاهرود - سال ۲۰۴۰ | شاهرود - سال ۲۰۱۰

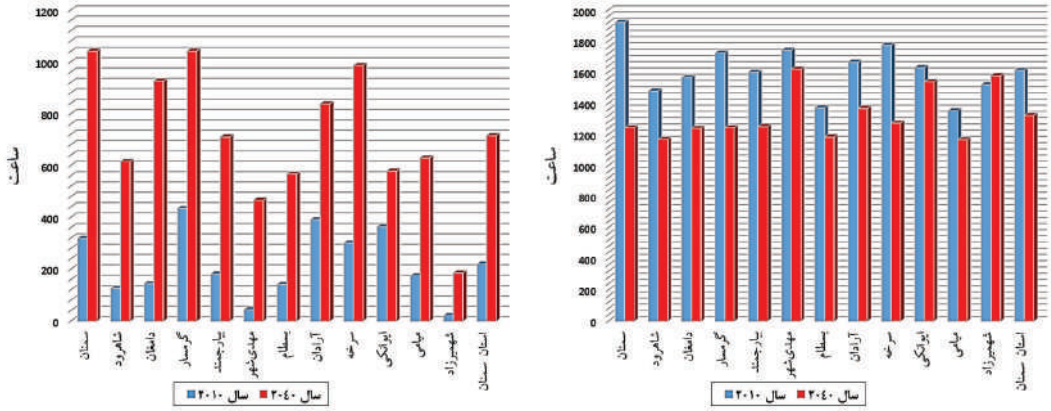
▲ شکل ۲ – مقایسه و نمایش سه‌بعدی داده‌های دمایی سال ۲۰۱۰ و سال ۲۰۴۰ در نرم‌افزار مشاور اقلیم برای پرجمعیت‌ترین شهرهای استان



▲ شکل ۳ – مقایسه ساعات آسایش حرارتی در سال در شهرهای استان سمنان بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰



▲ شکل ۴ – مقایسه ساعات نیاز به سرمایش در سال در شهرهای استان سمنان بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰



(الف) (ب)

▲ شکل ۵ – تعداد ساعات موردنیاز به سرمایش در ساعات اداری سال در استان سمنان بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰
(الف) ساعات نیاز به سیستم سرمایش تبخیری (ب) ساعات نیاز به سیستم سرمایش غیرتبخیری

نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر شرایط آسایش ساختمان‌های مسکونی یکی از معضلات پیش روی مهندسان تأسیسات تهویه مطبوع ساختمان در برآورد بار حرارتی – برودتی و انتخاب تجهیزات تهویه مطبوع می‌باشد؛ زیرا که افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای و دمای هوا باعث افزایش بار برودتی و زمان کار تجهیزات سرمایشی در ساختمان‌ها شده، همچنین، استفاده از برخی تجهیزات سرمایشی و تولید برودت توجیه اقتصادی و فنی خود را از دست خواهد داد. ازاین‌رو لازم است یک طراح تأسیسات تهویه مطبوع ساختمان به‌خوبی با تغییرات اقلیمی پیش روی ساختمان آشنا بوده و انتخاب تجهیزات تهویه مطبوع را با در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی سال‌های آینده انجام دهد. در این مقاله به بررسی تغییرات اقلیمی ۲۰ سال آینده و تأثیر آن بر عملکرد سیستم‌های تهویه مطبوع در ایجاد شرایط آسایش حرارتی ساختمان‌های اداری به همراه مطالعه‌ای موردی در خصوص شهرستان‌های استان سمنان پرداخته شده است. در این راستا با استفاده از نرم‌افزارهای متورم و مشاور اقلیم اطلاعات اقلیمی موردنیاز (دما و رطوبت نسبی) برای شهرستان‌های استان سمنان به‌دست‌آمده و مورد تحلیل قرار گرفته است. مهم‌ترین نتایج این تحقیق عبارتند از:

- نتایج بیانگر افزایش قابل‌ملاحظه دمای متوسط ماهیانه و دمای متوسط ساعتی (در نتیجه افزایش بار برودتی ساختمان‌ها) در سال ۲۰۴۰ با متوسط افزایش بیشترین دمای ماهیانه و بیشترین دمای ساعتی استان سمنان به ترتیب ۲/۵ و ۲/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشند.
- نتایج بررسی برای شهرهای استان سمنان بین سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۴۰ نشان می‌دهند که به‌طورکلی و به‌صورت متوسط ساعات آسایش حرارتی در سال در استان سمنان ۷ درصد کاهش خواهد داشت.
- نتایج نشان می‌دهند که با توجه به گرم‌تر شدن دمای هوا در سال‌های آینده، در همه شهرهای استان سمنان، ساعات نیاز به سرمایش بیشتر شده و به‌طورکلی و به‌صورت متوسط در استان سمنان ۴/۴ درصد افزایش خواهد داشت.
- نتایج نشان می‌دهند که با توجه به گرم‌تر شدن دمای هوا در سال‌های آینده، ساعات نیاز به سرمایش تبخیری کاهش

داشته و به همین دلیل ساعات نیاز به سرمایش غیر تبخیری نیز در همه شهرهای استان افزایش خواهد داشت. به‌طور متوسط در سال ۲۰۴۰ در استان سمنان نسبت به سال ۲۰۱۰، ساعات نیاز به سرمایش تبخیری ۱۷ درصد کاهش و ساعات نیاز به سرمایش غیر تبخیری ۲۲۵/۴ درصد افزایش خواهد داشت.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی شرکت توزیع نیروی برق استان سمنان و در چارچوب قرارداد پژوهشی شماره ۶۲۰/۲۸۳۸۳ مورخ ۹۵/۱۱/۱۴ و همچنین حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان در چارچوب قرارداد پژوهشی شماره ۱۹۸۶ مورخ ۹۶/۲/۱۸ انجام شده است. نویسندگان مقاله بدین‌وسیله از هر دو نهاد که با حمایت مالی خود در تحقق این پژوهش نقش بسزایی داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مراجع

1. Stephan, A., R.H. Crawford, and K. De Myttenaere, Towards a more holistic approach to reducing the energy demand of dwellings. Procedia engineering, 2011. 21: p. 1033-1041.

2. Andarini, R., The role of building thermal simulation for energy efficient building design. Energy procedia, 2014. 47: p. 217-226.

3. Energy balance sheet 2014, Power and Energy Affairs, The Office of planning large-scale power and energy: Iranian Ministry of Energy, Department of Power and Energy,.

4. Sadati, S.E., et al., Low thermal conductivity measurement using thermoelectric technology - Mathematical modeling and experimental analysis. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2021. 127: p. 105534.

5. Eicker, U., Low energy cooling for sustainable buildings. 2009: John Wiley & Sons.

6. Lazos, D., A.B. Sproul, and M. Kay, Optimisation of energy management in commercial buildings with weather forecasting inputs: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014. 39: p. 587-603.

7. Sadati, S.E., N. Rahbar, and H. Kargarsharifabad, Energy assessment, economic analysis, and environmental study of an Iranian building: The effect of wall materials and climatic conditions. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2023. 56: p. 103093.

8. Nader Rahbar and Esmail Sadati, Technical and Economical comparison between absorption and compression chillers in office buildings, located in Semnan Province, with regard to Energy management and environmental perspective. 2017, Semnan Province Electrical Distibution Company: Semnan, Iran.

9. Climate of Semnan province. 2017; Available from: http://www.irimo.ir.

10. About Intergovernmental Panel on Climate Change. 2017; Available from: http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml.

نکات کاربردی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

رضا فرمهینی فراهانی
دکتری معماری

چکیده
بر اساس مستندات انکارناپذیر، از عمده‌ترین چالش‌های پیش رو در تمامی زیستگاه‌های بشری، مشکل تأمین انرژی و مشکل تأمین آب آشامیدنی است. انرژی که بیشترین شکل به کار بردن آن گرما می‌باشد علاوه بر افزایش میانگین دمای کره زمین، باعث کاهش ذخایر یخ‌های دو قطب شمال و جنوب و مهم‌تر از آن آلایندگی‌های فاجعه‌بار زیست‌محیطی، به‌ویژه آلودگی هوا از راه سوزاندن سوخت‌های فسیلی شده است. ساختمان‌ها به‌منظور تأمین گرمایش و سرمایش در فصل‌های مختلف سال، تقریباً ۴۰ درصد از مصرف کل انرژی یک جامعه را به خود اختصاص داده‌اند که در بیشتر موارد فاقد بازگشت اقتصادی هستند. در دنیای امروز تمامی حاکمیت‌ها چه از دیدگاه اقتصادی و یا از منظر زیست‌محیطی تمایل شدید و حتی اجبارگونه‌ای به کاهش سهم مصرف انرژی در ساختمان‌ها و اختصاص آن به بخش‌های مولد اقتصادی دارند و برای رسیدن به این هدف قوانین و مقررات سخت‌گیرانه‌ای وضع کرده‌اند.
ویرایش چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان دربرگیرنده نکات ارزشمندی برای مهندسین معمار در طراحی پوسته خارجی ساختمان‌ها است تا به‌صورت قانونمند و هدفمند با یک‌بار عایق‌کاری حرارتی در ساختمان، بتوان دست‌کم چهل سال از هدر رفتن انرژی جلوگیری کرد و این زمانی ارزشمندتر است که در وضعیت موجود میزان مصرف انرژی در ایران ۵ برابر بیشتر از میانگین جهانی است. در این یادداشت با بیانی ساده و علمی سعی شد مهم‌ترین موضوعات و مفاهیم موردنیاز مهندسین معمار از مبحث ۱۹ مقررات ملی فراهم گردد.

واژه‌های کلیدی: صرفه‌جویی در مصرف انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، مقاومت حرارتی، پوسته خارجی ساختمان، عایق حرارتی

مقدمه

با توجه به این مهم که بخش قابل‌توجهی از تمام مناسبات جهان امروز وابستگی بنیادین به اقتصاد دارد، این موضوع قابل‌درک است که جوامعی می‌توانند ادعای برتری داشته باشند که با کمترین امکانات به بیشترین بازدهی برسند و از این دیدگاه تأمین انرژی فراوان و ارزان و بدون آلایندگی به‌عنوان نیروی محرکه اقتصاد برای تمامی کشورها به یک اولویت مهم تبدیل شده است. هرچقدر دولت‌ها و متولیان بتوانند انرژی را در بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل بیشتر استفاده کنند و از استفاده از آن به‌عنوان نیروی تأمین سرمایش یا گرمایش ساختمان‌ها بکاهند به سوددهی و رشد اقتصادی بالاتری دست می‌یابند؛ بنابراین جای تعجب نیست که در بخش قابل‌توجهی از کشورهایی که دسترسی‌شان به انرژی محدودتر است و هم‌زمان از پیشگامان رشد اقتصادی هستند، مصرف انرژی در بخش ساختمان بسیار محدود است و شهروندان مجبورند در هنگام سرما با پوشیدن لباس اضافی در منازل یا در فصل گرما با کاهش لباس و افزایش نوشیدن آب خود را با محیط هماهنگ کنند.

وضعیت مصرف انرژی در کشور ایران به‌طور میانگین حدود پنج برابر میانگین مصرف جهانی و بین هشت تا بیش از بیست

برابـر مصـرف در کشـورهای اتحادیـه اروپـا اسـت؛ به‌عبارت‌دیگـر بـا انـرژی کـه در ایـران مصـرف می‌شـود بـا اسـتانداردهای جهانـی پنـج و بـا اسـتانداردهای اتحادیـه اروپـا دسـت‌کم پانـزده کشـور ایـران را می‌تـوان اداره کـرد.

اهمیـت موضـوع آنجـا افزایـش می‌یابـد کـه آشـکار شـود ایـن اضافـه مصـرف، پیامدهـای جـدی زیسـت‌محیطی ماننـد آلودگـی هـوا و کاهـش بارندگی‌هـا بـه دلیـل ایجـاد یـک جزیـره حرارتـی را بـا خـود بـه همـراه دارد.

مهندسـین فعـال در صنعـت سـاختمان بـا مسـئولیت طـراح، ناظـر یـا مجـری بـه دلیـل نقشـی کـه می‌تواننـد در کاهـش مصـرف انـرژی از طریـق طراحـی درسـت، نظـارت دقیـق و اجـرای هماهنـگ بـا قانـون ایفـا کننـد اثربخشـی فراوانـی در کاهـش مصـرف انـرژی خواهنـد داشـت.

قانون‌گـذاران در هـر جامعـه‌ای وظیفـه دارنـد قانـون را بـه گونـه‌ای تدویـن کننـد کـه بهانـه‌ای بـه نـام نبـود قانـون مانـع از بـه نتیجـه رسـیدن اهـداف متعالـی جامعـه نشـود. از ایـن دیـدگاه می‌تـوان ویرایـش چهـارم مبحـث ۱۹ مقـررات ملـی را گام مؤثـری در جهـت رسـیدن بـه ایـن اهـداف معرفـی کـرد کـه بـا فراهـم کـردن زمینـه‌ای وسـیع، انـواع روش‌هـا را معرفـی کـرده تـا هـر مهندسـی بـا هـر مقـدار از دانـش فنـی یـا وقـت و زمـان یـا بودجـه یـا نظایـر آن بتوانـد راهـکار مناسـب و اسـتانداردی را بـرای کاهـش مصـرف انـرژی معرفـی کنـد.

در ایـن یادداشـت تـلاش شـده تـا بـا بیانـی سـاده، مهم‌تریـن و کاربردی‌تریـن نکاتـی از مبحـث ۱۹ مقـررات ملـی کـه مهندسـین بایـد در طراحـی پوسـته خارجـی سـاختمان به‌صـورت اصولـی رعایـت کننـد ارائـه شـود. بدیهـی اسـت عـدم مراعـات ایـن قوانیـن چـه از دیـدگاه قانونـی و چـه از دیـدگاه اخلاقـی نتیجـه‌ای جـز خسـارت محـض بـرای نسـل حاضـر و نسـل‌های آینـده نـدارد.

آنچـه در ادامـه ارائـه خواهـد شـد نتیجـه علاقه‌منـدی و تعهـد فـردی، مطالعـه مسـتمر متـن مبحـث و برگـزاری بیـش از پنجـاه دوره آموزشـی در چارچـوب دوره‌هـای ۳۲ سـاعته ارتقـا پایـه سـازمان‌های نظام‌مهندسـی و کنتـرل سـاختمان در بیـش از هفـت اسـتان کشـور طـی ۱۸ مـاه از مـرداد ۱۴۰۲ تـا بهمـن ۱۴۰۳ می‌باشـد.

شرح مسئله

بعـد از طـی انقـلاب کشـاورزی، انقـلاب صنعتـی و انقـلاب اطلاعاتی و بعـد از گـذر از دوره‌هـای مختلـف ارتبـاط بـا طبیعـت از چیرگـی طبیعـت بـر انسـان تـا تعامـل انسـان و محیـط و سـپس چیرگـی انسـان بـر طبیعـت، فرهیختـگان و متفکریـن بشـری ایـن هشـدار را ارائـه کردنـد کـه تـداوم چیرگـی انسـان بـر طبیعـت بـه نابـودی و نیسـتی انسـان می‌انجامـد. یکـی از مهم‌تریـن دلایـل بـرای ایـن هشـدار، مصـرف بی‌انـدازه منابعـی از انـرژی ماننـد نفـت و سـایر فرآورده‌هـای آن بـرای رشـد و توسـعه صنعـت و به‌مـوازات آن رشـد اقتصـاد و توسـعه‌طلبی بـود.

در حـال حاضـر و در بهتریـن شـرایط به‌طـور میانگیـن ۷۵ درصـد از انـرژی موردنیـاز انسـان‌ها در کل دنیـا از منابـع فسـیلی و ۲۵ درصـد از منابـع تجدیدپذیـر بـه دسـت می‌آیـد.

منابـع تجدیدپذیـر کـه اسـامی دیگـری ماننـد انرژی‌هـای نـو، پایـدار، سـبز، پـاک بـرای آن‌هـا به‌کاربـرده می‌شـود، راهکارهـای مناسـبی بـرای تأمیـن نیـاز رو بـه گسـترش بشـر فراهـم کرده‌انـد. در تعریـف ایـن منابـع می‌تـوان گفـت انرژی‌هایـی کـه کمتریـن آسـیب بـه محیط‌زیسـت را فراهـم می‌کننـد و نکتـه مهـم ایـن اسـت کـه ایـن آسـیب معـادل صفـر نیست .

مسـابقه، تـلاش یـا رقابـت کشـورها در حیطـه دسترسـی و تأمیـن انـرژی از منابـع پـاک وابسـته بـه ایـن مهـم اسـت کـه کدام‌یـک می‌تواننـد بیشـترین سـهم از مصـرف انرژی‌هـای نـو و کمتریـن سـهم از مصـرف انرژی‌هـای فسـیلی را داشـته باشـند.

کاهـش مصـرف انـرژی به‌ویـژه در زمینه‌هایـی کـه بازگشـت یـا بهـره مسـتقیم اقتصـادی نـدارد، ماننـد انـرژی موردنیـاز بـرای سـرمایش و گرمایـش سـاختمان‌ها، بشـر را به‌سـوی رده‌بنـدی و رتبه‌بنـدی مصـرف انـرژی هدایـت کـرده اسـت و رده‌هایـی بـا عناویـن ECNZ،EC++،EC+،EC بـرای مصـرف انـرژی در سـاختمان ایجاد شـده اسـت. بـر اسـاس ویرایـش چهـارم مبحـث ۱۹ رده EC اجبـاری و سـایر رده‌هـا اختیـاری می‌باشـند.

همچنیـن به‌منظـور کاهـش مصـرف انـرژی در سـاختمان‌ها، اسـتفاده از راهکارهـای کاهشـی ماننـد عایـق‌کاری حرارتـی در پوسـته خارجـی سـاختمان موردتوجـه قـرار گرفتـه اسـت. ایـن پوسـته‌ها شـامل دیوارهـا، بـام، کـف در ارتبـاط بـا هـوای آزاد، کـف در ارتبـاط بـا خـاک و سـطوح نورگـذر هسـتند کـه بایسـتی بـرای آن‌هـا حداقـل اسـتانداردهایی مراعـات شـود.

مهم‌تریـن ویژگـی در ایـن زمینـه، جنـس مصالـح می‌باشـد. در یـک بیـان کلـی می‌تـوان گفـت مصالـح بـا تراکـم کمتـر و سـبک‌تر تبـادل حرارتـی کمتـری دارنـد و بـرای اسـتفاده به‌عنـوان عایـق حرارتـی مناسـب‌تر هسـتند. ایـن ویژگـی مصالـح بـا عنـوان دقیـق و علمـی ضریـب هدایـت حرارتـی در پیوسـت هفـت مبحـث ۱۹ بـرای مصالـح پرکاربـرد معرفـی شـده اسـت.

هرچقـدر ضریـب هدایـت حرارتـی مصالـح کمتـر باشـد مقاومـت یـا R در تبـادل حـرارت افزایـش می‌یابـد؛ امـا همـواره از تـک مصالـح در صنعـت سـاختمان اسـتفاده نمی‌شـود، بلکـه مجموعـی از مصالـح به‌صـورت جـداره مـورد کاربـرد قـرار می‌گیرنـد و در ایـن صـورت پدیـده مربوطـه، ضریـب انتقـال حـرارت نـام دارد و بـا U نمایـش داده می‌شـود.

ضریـب انتقـال حـرارت و مقاومـت حرارتـی بـا یکدیگـر نسـبت معکـوس دارنـد و در پیوسـت هشـت کتـاب مقاومـت حرارتـی جداره‌هـای متـداول سـاختمانی و همچنیـن مقاومـت لایـه هـوا ارائـه شـده اسـت. ذکـر ایـن نکتـه دارای اهمیـت اسـت کـه هـوا در هـر حالتـی شـامل هـوای آزاد و هـوای حبـس شـده دارای مقاومـت می‌باشـد امـا افزایـش چنـد برابـری ضخامـت هـوا تأثیـر چنـد برابـری در افزایـش مقاومـت نـدارد.

به‌منظـور هدفمنـد بـودن راهکارهـای پیشـنهادی بـرای کاهـش مصـرف انـرژی در سـاختمان‌ها، دسـته‌بندی و گروه‌بنـدی و تعییـن اولویـت بـرای آن‌هـا ضـروری بـه نظـر می‌رسـد؛ بنابرایـن بـا در نظـر گرفتـن میـزان درجـه نیـاز بـه سـرمایش یـا گرمایـش (از پیوسـت سـه قابل‌دسـتیابی اسـت)، کاربـری سـاختمان (از پیوسـت چهـار قابل‌دسـتیابی اسـت)، مسـاحت مفیـد سـاختمان و تعـداد طبقـات به‌غیـراز پارکینگ‌هـا و انباری‌هـا (هـر دو از پروانـه سـاختمان قابل‌دسـتیابی اسـت) چهـار اولویـت بـه ترتیـب زیـر بـرای سـاختمان‌ها ارائـه شـده اسـت:

الف) ساختمان‌های گروه یک با اولویت بالا

ب) ساختمان‌های گروه دو با اولویت متوسط

ج) ساختمان‌های گروه سه با اولویت پایین
د) ساختمان‌های گروه چهار با اولویت بسیار پایین

برای این ساختمان‌ها به فراخور دانش فنی مهندسین، امکانات اجرایی، ارزش هزینه و فایده، نوع نمای ساختمان و دیگر ویژگی‌ها، چهار روش برای محاسبه پوسته خارجی ساختمان ارائه شده است:

۱- روش تجویزی ۲- روش موازنه‌ای ۳- روش نیاز انرژی ٤- روش کارایی انرژی.

دو روش اول مبتنی بر محاسبات دستی و بدون بکار بردن نرم‌افزارهای شبیه‌ساز مصرف انرژی و دو روش آخر مبتنی بر استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز و تحلیل انرژی تدوین شده‌اند.

نکته مهم در ویرایش چهارم مبحث ۱۹ الزام قانونی برای همه ساختمان‌ها به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین تولید انرژی از طریق سامانه‌های تجدیدپذیر است. در طراحی هر ساختمان باید تدابیری در نظر گرفته شود تا بر اساس مساحت مفید بام، مساحت معینی به استقرار سامانه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر اختصاص یابد.

برای رده EC به ازای هر مترمربع بام در ساختمان‌های یک طبقه سالیانه بایستی ۱۴ کیلووات ساعت و برای ساختمان‌های بیش از یک طبقه بایستی به ازای هر مترمربع بام سالیانه ۲۲/۴ کیلووات ساعت انرژی تولید شود.

در روش تجویزی با محاسبه مقاومت حرارتی دیوار، بام، کف در ارتباط با هوای آزاد و کف در ارتباط با خاک و ضریب انتقال حرارت سطوح نورگذر، صرف‌نظر از مساحت هرکدام و مقایسه آن با مقادیر ارائه شده توسط کتاب برای گروه‌های یک تا سه، پذیرش یا عدم پذیرش جداره موردنظر آشکار می‌گردد. در این روش اجزای پوسته خارجی ساختمان مستقل از یکدیگر سنجیده می‌شوند و برتری یکی و ضعف دیگری به‌صورت معدل محاسبه نشده و کمکی به یکدیگر ندارند. در این روش محاسبات در ساده‌ترین و درعین‌حال دست بالاترین حالتِ ممکن انجام خواهد شد و بدیهی است که نتایج به‌دست‌آمده از این روش باعث افزایش هزینه‌های اجرایی خواهد شد. در این روش باید تولید انرژی از سامانه‌های تجدیدپذیر مدنظر قرار گیرد و چنانچه بر اساس مستندات ارائه شده به مرجع صدور پروانه این امکان فراهم نباشد، افزایش مقاومت حرارتی بام بر اساس جدول ارائه شده به‌عنوان راهکار قانونی مجاز دانسته شده است. در حال حاضر دیوارهای متداول بین دو و نیم تا پنج برابر، بام‌های متداول و کف‌های بر روی هوای آزاد متداول بین دو تا سه برابر حداقل استانداردها عایق نیستند و این عایق نبودن را با مصرف انرژی جبران می‌کنند. در این روش مهندسین مکانیک و برق امکان بهره‌مندی از نتایج کار مهندس معمار را ندارند و به‌عبارت‌دیگر بیش طراحی معمار، جایی لحاظ و مورداستفاده نخواهد بود.

در روش موازنه‌ای (کارکردی) برای تمام اجزای پوسته خارجی ساختمان، ضریب انتقال حرارتی موردمحاسبه قرار می‌گیرد و با لحاظ کردن مساحت هریک، ائتلاف اختصاص‌یافته به آن جز محاسبه و مجموع آن‌ها به‌عنوان انرژی ازدست‌رفته ساختمان محاسبه می‌گردد. این مقدار با مجموع حاصل‌ضرب مساحت اجزا پوسته خارجی ساختمان در ضریب انتقال ارائه شده در کتاب مقایسه می‌شود و چنانچه از آن کمتر یا مساوی باشد، محاسبات قابل‌پذیرش و در صورت بیشتر بودن محاسبات مردود می‌باشد.

نکته حائز اهمیت آنکه اجزای پوسته خارجی ساختمان در یک معدل یا میانگین سنجیده می‌شوند و مستقل از هم نیستند. به‌عبارت‌دیگر ضعف یک جز به لحاظ عایق حرارتی می‌تواند با قوت جز دیگر پوشش داده شود و این موضوع باعث کاهش هزینه‌های اجرایی می‌شود. در این روش باید تولید انرژی از سامانه‌های تجدیدپذیر مدنظر قرار گیرد و چنانچه بر اساس مستندات ارائه شده به مرجع صدور پروانه این امکان فراهم نباشد، کاهش ضریب انتقال حرارتی بام بر اساس جدول ارائه شده به‌عنوان راهکار قانونی مجاز دانسته شده است. در حال حاضر دیوارهای متداول بین دو و نیم تا پنج برابر، بام‌های متداول و کف‌های بر روی هوای آزاد متداول بین دو تا سه برابر حداقل استانداردها عایق نیستند و این عایق نبودن را با مصرف انرژی جبران می‌کنند. در این روش مهندسین مکانیک و برق امکان بهره‌مندی از نتایج کار مهندس معمار را ندارند و به‌عبارت‌دیگر بیش طراحی معمار، جایی لحاظ نمی‌شود و مورداستفاده نخواهد بود.

در روش نیاز انرژی از طریق نرم‌افزارهای شبیه‌ساز (به‌عنوان نمونه دیزاین بیلدر) نیاز سالیانه انرژی ساختمان با لحاظ کردن این شش ویژگی شامل شبیه‌سازی حجمی، محل دقیق ساختمان، کاربری ساختمان، برنامه زمان‌بندی استفاده و تجهیزات مورد کاربرد، اطلاعات اقلیمی سال‌های قبل و مهم‌تر از همه جزییات مصالح اجزای پوسته خارجی ساختمان، محاسبه می‌گردد و این مقدار با پیش فرضی که نرم‌افزار برای این منظور در آرشیو خود دارد سنجیده می‌شود. چنانچه نیاز سالیانه به انرژی در ساختمان طرح از نیاز سالیانه به انرژی در ساختمان پیش‌فرض نرم‌افزار کمتر باشد این محاسبات قبول است. در این روش باید تولید انرژی از سامانه‌های تجدیدپذیر مدنظر قرار گیرد و چنانچه بر اساس مستندات ارائه شده به مرجع صدور پروانه این امکان فراهم نباشد، راهکاری از سوی مبحث ارائه نشده است. در این روش مهندسین مکانیک و برق امکان بهره‌مندی از نتایج کار مهندس معمار را ندارند و به‌عبارت‌دیگر بیش طراحی معمار جایی لحاظ نمی‌شود و مورداستفاده نخواهد بود.

در روش کارایی انرژی از طریق نرم‌افزارهای شبیه‌ساز (به‌عنوان نمونه دیزاین بیلدر) مصرف سالیانه انرژی ساختمان با لحاظ کردن این شش ویژگی شامل شبیه‌سازی حجمی، محل دقیق ساختمان، کاربری ساختمان، برنامه زمان‌بندی استفاده و تجهیزات مورد کاربرد، اطلاعات اقلیمی سال‌های قبل و مهم‌تر از همه جزییات مصالح اجزای پوسته خارجی ساختمان، محاسبه می‌گردد و این مقدار با پیش فرضی که نرم‌افزار برای این منظور در آرشیو خود دارد سنجیده می‌شود. چنانچه مصرف سالیانه به انرژی در ساختمان طرح از مصرف سالیانه انرژی در ساختمان پیش‌فرض نرم‌افزار کمتر باشد این محاسبات قبول است. در این روش باید تولید انرژی از سامانه‌های تجدیدپذیر مدنظر قرار گیرد و چنانچه بر اساس مستندات ارائه شده به مرجع صدور پروانه این امکان فراهم نباشد، راهکاری از سوی مبحث ارائه نشده است. در این روش مهندسین مکانیک و برق امکان بهره‌مندی از نتایج کار مهندس معمار را دارند و به‌عبارت‌دیگر هر سه از طریق نرم‌افزار به تبادل اطلاعات ساختمان و بهینه کردن آن از دیدگاه مصرف

انرژی و کاهش هزینه اقدام می‌کنند. پدیده‌ای که در دنیای امروز به‌اختصار BIM نامیده می‌شود و به مفهوم اطلاعات مدل‌سازی ساختمان معنا می‌شود.

پیوست‌های ارائه شده در مبحث بخش لازم و تکمیلی در استفاده از کتاب هستند و بدون استفاده از آن‌ها امکان بهره‌مندی از مطالب کتاب تقریباً امکان‌پذیر نیست.

لازم به ذکر است بر اساس اشاره صریح کتاب در صفحه پنجاه، مسئولیت ارائه جزییات فنی و اجرایی بر عهده مبحث نیست و نهادهای دارای صلاحیت قانونی در این زمینه دارای مسئولیت هستند.

نکته حائز اهمیت دیگری که در صفحه ۲۶۷ کتاب آمده است، به‌طورکلی می‌توان از محاسبه پل‌های حرارتی در زمان استفاده از روش‌های تجویزی و موازنه‌ای چشم‌پوشی کرد، زیرا مقادیر مربوطه در محاسبات لحاظ شده است و محاسبات عایق حرارتی ساختمان دست بالا انجام شده است.

نتیجه‌گیری

با عنایت به آنچه ارائه شد می‌توان ادعا کرد مصرف سه تا پنج برابری انرژی در کشور، نتیجه مجموعه اقداماتی است که مهندسین ساختمان در حیطه طراحی درست، نظارت دقیق و اجرای منطبق بر قانون، می‌توانند و باید بخشی از الگوی اصلاح آن باشند. می‌توان گوشه‌ای نشست و مسئولیت این کار را به مالکین و کارفرمایان نسبت داد. می‌توان تحرکی نداشت و عدم حساسیت به این موضوعات را با عدم نظارت دقیق و عدم اقدامات قانونی مراجع ذیصلاح در این حیطه توجیه کرد؛ اما با هر روشی به این موضوع نگریسته شود این سه موضوع مهم را نمی‌توان انکار کرد:

۱- تقریباً به‌صورت میانگین تمامی دیوارهای متداول در صنعت ساختمان در گروه‌های یک تا سه حدوداً معادل پنج سانتیمتر عایق حرارتی متداول کم دارند. تقریباً تمام بام‌ها و کف‌های در ارتباط با هوای آزاد در سراسر کشور در گروه‌های یک تا سه به‌طور میانگین دست‌کم هفت سانتیمتر عایق حرارتی متداول کم دارند و این کمبود و نقص در حال حاضر با مصرف انرژی جبران می‌شود. به عبارت ساده‌تر یکبار عایق‌کاری حرارتی انجام نشده و تاوان آن در طول چهل سال عمر مفید ساختمان این نسل و نسل‌های آینده پرداخت خواهند کرد.

۲- هزینه اجرایی برای رسیدن به حداقل استانداردها در حال حاضر بین مترمربعی سیصد تا پانصد هزار تومان برآورد می‌شود و این مقدار به‌طور میانگین دو تا سه و نیم درصد از هزینه کل را در برمی‌گیرد که با عدم پرداخت آن هزینه‌اش به‌صورت مستمر در دست‌کم به مدت چهل سال (معادل عمر مفید ساختمان) به گونه فجیعی پرداخت می‌شود.

۳- هریک از افرادی که در قید حیاتند و در صنعت ساختمان فعال هستند، در برابر این نسل، نسل آینده و منابع کشور مسئولیت دارند. نمی‌توان این مسئولیت را بر عهده عواملی خارج از دایره پیرامون خود تصور کرد. اگر برای آینده فرزندان این سرزمین و برای آینده منابع این خاک ارزش و احترامی وجود دارد (که صد البته دارد و باید داشته باشد) یکی از بهترین و لازم‌ترین راهکارها، کاهش مصرف انرژی می‌باشد.

مرجع

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان- ویرایش چهارم

بررسی استان سمنان ازنقطه‌نظر انرژی خورشیدی و پتانسیل‌های سرمایه‌گذاری در حوزه نیروگاه‌های فتوولتائیک مقیاس-کوچک

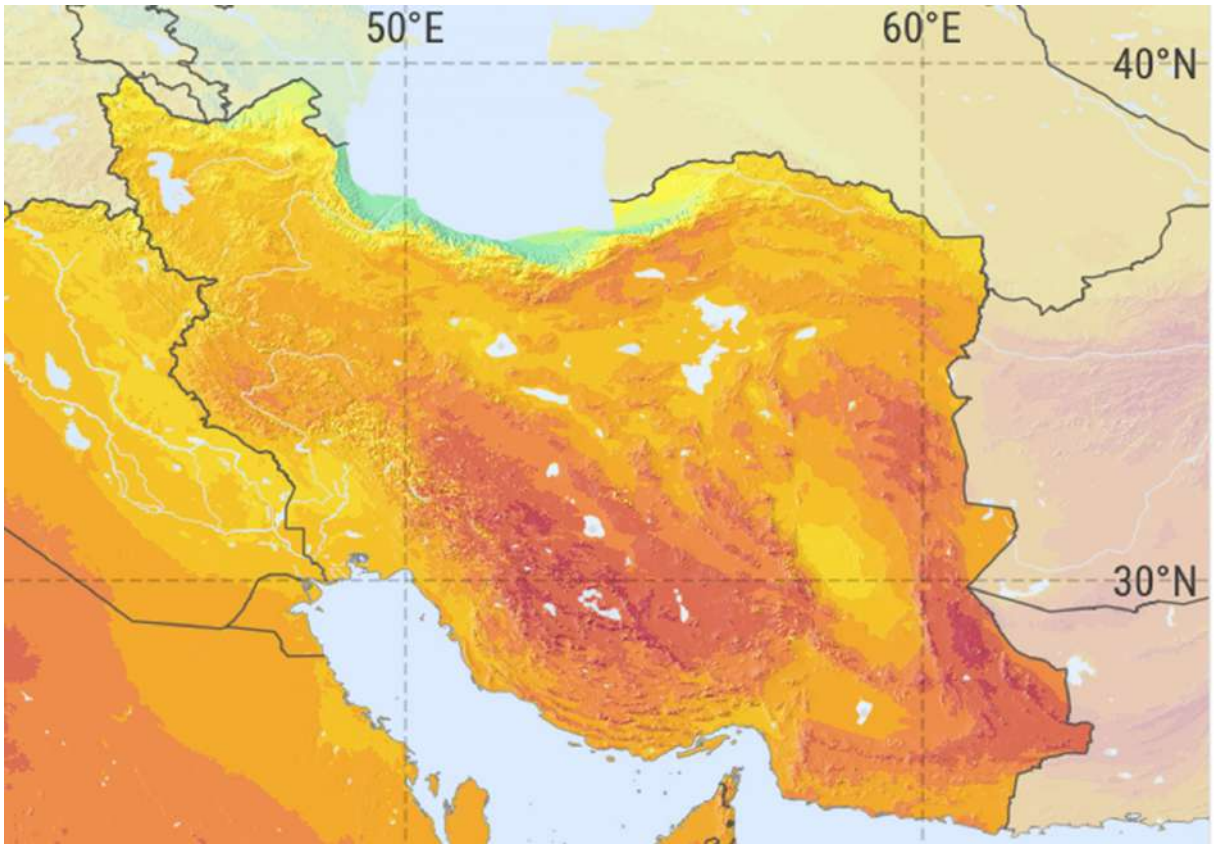
میثم امیراحمدی
دکتری برق- قدرت

مقدمه

انرژی خورشید یکی از منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست‌محیطی است که از دیرباز به روش‌های گوناگون مورداستفاده بشر قرارگرفته است. بحران انرژی در سال‌های اخیر، کشور ما را بر آن داشته که با مسائل مربوط به انرژی، برخوردی متفاوت نماید که در این میان جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر و ازجمله انرژی خورشیدی به‌منظور کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی و کاهش انتشار گازهای آلاینده با استقبال قابل‌قبولی روبرو شده است. از کل انرژی منتشرشده توسط خورشید، تنها در حدود ۴۷% آن به سطح زمین می‌رسد. این بدان معنی است که زمین در هر ساعت تابشی در حدود ۶۰ میلیون Btu دریافت می‌کند؛ یعنی انرژی ناشی از سه روز تابش خورشید به زمین برابر با تمام انرژی ناشی از احتراق کل سوخت‌های فسیلی در دل زمین است و بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در اثر تابش خورشید به مدت چهل روز، می‌توان انرژی موردنیاز یک قرن را ذخیره نمود؛ بنابراین با به‌کارگیری نیروگاه‌های خورشیدی می‌توان تا حدودی از این منبع انرژی بی‌پایان، پاک و رایگان استفاده کرد و تا حد بسیار زیادی در مصرف سوخت‌های فسیلی صرفه‌جویی نمود. یکی از انواع نیروگاه‌های خورشیدی، نیروگاه‌های فتوولتائیک می‌باشند که هدف این مقاله، بررسی نیروگاه‌های فتوولتائیک کوچک-مقیاس می‌باشد.

بررسی استان سمنان ازنقطه‌نظر انرژی خورشیدی

کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرارگرفته است و در منطقه‌ای واقع‌شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان انرژی قبل استحصال از نیروگاه‌های خورشیدی در ایران بین ۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت/کیلووات/سال در سال متغیر است که البته بالاتر از میزان متوسط جهانی است. در ایران به‌طور متوسط سالیانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده است که بسیار قابل‌توجه است. این مقدار در استان سمنان، به حدود ۳۰۰ روز آفتابی در سال می‌رسد. میزان تولید ویژه نیروگاه‌های خورشیدی در استان سمنان در نقاط مختلف (با توجه به تغییر در ارتفاع و میزان دما) از ۱۷۵۰ تا ۱۸۵۰ کیلووات‌ساعت/کیلووات/سال متغیر است. در این استان در مناطق مرتفع‌تر به دلیل کاهش دما، میزان تولید نیروگاه‌های خورشیدی افزایش می‌یابد. این موضوع با توجه به شکل (۱) قابل مشاهده می‌باشد. در این شکل با تغییر رنگ ناحیه از زرد به قرمز، میزان انرژی قابل استحصال افزایش می‌یابد. باید توجه داشت که میزان تولید ذکرشده در شرایطی است که از پنل‌های Monofacial و سازه‌های ثابت در احداث نیروگاه استفاده شود. در صورت استفاده از پنل‌های Bifacial و سازه‌های ترکردار، این میزان تا ۲۰ درصد قابل‌افزایش خواهد بود.



▲ شکل ۱- میزان تولید ویژه نیروگاه‌های خورشیدی در نقاط مختلف ایران

انواع سیستم‌های فتوولتائیک کوچک- مقیاس

انواع متفاوتی از سیستم‌های فتوولتائیک کوچک-مقیاس وجود دارند که انتخاب هریک از آن‌ها بستگی به اهداف مدنظر متقاضی داشته که در ذیل مختصراً به هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود:

أ. سیستم‌های فتوولتائیک آنگرید (On-grid): تجهیزات مورداستفاده در این سیستم‌ها در شرایطی قادر به تولید توان هستند که به شبکه برق متصل باشند. در صورت قطع برق شبکه، این سیستم نیز خاموش شده و قادر به تولید توان نخواهد بود. در مقیاس‌های کوچک، این سیستم‌ها برای متقاضیانی مناسب می‌باشند که قصد سرمایه‌گذاری و فروش برق به وزارت نیرو را دارند. در این سیستم‌ها، نیاز به باطری وجود ندارد. هزینه احداث این سیستم‌ها (در مقیاس‌های کوچک بین ۵ تا ۲۰۰ کیلووات) در زمان تحریر این مقاله (۲۴ دی‌ماه ۱۴۰۳) بین ۲۴ تا ۳۳ میلیون تومان به ازای هر کیلووات (بسته به ظرفیت نیروگاه و برند تجهیزات) متغیر می‌باشد.

ب. سیستم‌های فتوولتائیک آفگرید (off-grid): این سیستم‌ها قادر هستند به‌صورت مستقل از شبکه، برق تولید نمایند. به‌منظور دستیابی به منحنی توان هموار و مناسب (برای استفاده در کل شبانه‌روز)، این سیستم‌ها نیاز به باطری دارند. هزینه احداث این سیستم‌ها به دلیل استفاده از باطری بیشتر از سیستم‌های آنگرید بوده (بین ۱,۴ تا ۲,۵ برابر) و هزینه واقعی احداث پس از طراحی و تعیین نیاز مصرف مشتری، مشخص خواهد شد. به دلیل

هزینـه بـالا و عـدم امـکان فـروش بـرق بـه شـبکه، ایـن سیسـتم‌ها بـرای متقاضیانـی مناسـب می‌باشـند کـه دسترسـی بـه شـبکه بـرق نداشـته و یـا هزینـه احـداث شـبکه بـرق جهـت تأمیـن انـرژی مصرفـی، بسـیار بیشـتر از هزینـه احـداث ایـن نـوع سیسـتم‌ها باشـد.

ت. سیسـتم‌های هایبریـد (Hybrid): ایـن سیسـتم‌ها هـر دو قابلیـت مربـوط بـه سیسـتم‌های آنگریـد و آفگریـد را دارا می‌باشـند. بدیـن معنـا کـه هـم قابلیـت اتصـال بـه شـبکه جهـت فـروش بـرق به شـبکه را داشـته و هـم قادرنـد در زمـان بی‌برقـی شـبکه، انـرژی مصرفـی موردنیـاز متقاضـی را تأمیـن نماینـد. بـه دلیـل ناشـناخته بـودن ایـن سیسـتم‌ها، تنهـا در برخـی از شـرکت‌های توزیـع (ازجملـه شـرکت توزیـع نیـروی بـرق یـزد) مجـوز احـداث ایـن نیروگاه‌هـا صـادر می‌شـوند. بـا توجـه بـه پیش‌بینـی قطعـی بـرق در سال‌های آینـده، درصورتی‌کـه شـرکت توزیـع نیـروی بـرق اسـتان سـمنان مجـوز احـداث ایـن نیروگاه‌هـا را صـادر نمایـد، بـه نظـر می‌رسـد بـا اسـتقبال مناسـبی از سـوی متقاضیـان روبـرو گـردد. هزینـه احـداث ایـن نیروگاه‌هـا، (بـا توجـه بـه تعـداد باطری‌هـا) می‌توانـد در محـدوده قیمـت سیسـتم‌های آفگریـد باشـد.

بررسـی پتانسـیل سـرمایه‌گذاری در نیروگاه‌هـای فتوولتائیـک کوچک-مقیـاس

در کشـور ایـران بـا توجـه بـه ارزان بـودن حامل‌هـای انـرژی (ازجملـه انـرژی الکتریکـی)، بـرق تولیدشـده توسـط نیروگاه‌هـای فتوولتائیـک بـه نسـبت بـرق تأمین‌شـده توسـط شـبکه، گران‌تـر اسـت. بـه همیـن علـت، در صـورت عدم‌حمایـت دولـت از سـرمایه‌گذاران، عمـلاً سـرمایه‌گذاری در ایـن بخـش صـورت نخواهـد گرفـت.

در ایـن راسـتا، سـازمان انرژی‌هـای تجدیدپذیـر و بهـره‌وری انـرژی (سـاتبا) طرح‌هایـی حمایتـی و تکلیفـی جهـت افزایـش احـداث نیروگاه‌هـای فتوولتائیـک کـرده اسـت. بدین‌ترتیـب در طـرح حمایتـی، در خصـوص نیروگاه‌هـای کوچک-مقیـاس (۵ الـی ۲۰۰ کیلـووات)، امـکان اسـتفاده از ظرفیت‌هـای مـاده ۶۱ فراهـم آمـده اسـت. بـر اسـاس ایـن قانـون، متقاضیـان احـداث نیـروگاه در ایـن مقیـاس بـه دو دسـته تقسیم شـده‌اند:

۱. متقاضیانـی کـه دارای انشـعاب بـرق (کنتـور بـرق) می‌باشـند (انشـعابی)؛ ایـن دسـته از متقاضیـان درصورتی‌کـه دارای فضـای کافـی بـرای احـداث نیـروگاه باشـند، می‌تواننـد نیروگاهـی تـا دو برابـر ظرفیـت انشـعاب خـود، نصـب نماینـد. به‌عنوان‌مثـال یـک مشـتری بـا انشـعاب بـرق ۲۵ آمپـر تکفـاز، می‌توانـد تـا ۱۰ کیلـووات نیـروگاه فتوولتائیـک نصـب نمایـد. بااین‌حـال حداکثـر ظرفیـت قابل‌نصـب بـرای یـک متقاضـی در ایـن مـدل، بیشـتر از ۲۰۰ کیلـووات نخواهـد بـود. ثبت‌نـام ایـن دسـته از متقاضیـان از طریـق سـامانه مهرسـان شـرکت توزیـع نیـروی بـرق اسـتان سـمنان انجـام می‌شـود.

۲. متقاضیانـی کـه دارای انشـعاب بـرق (کنتـور بـرق) نمی‌باشـند (غیرانشـعابی)؛ ایـن دسـته از متقاضیـان معمـولاً دارای زمیـن کافـی بـرای احـداث نیـروگاه می‌باشـند، امـا دارای کنتـور نمی‌باشـند. حداکثـر ظرفیـت قابل‌نصـب در ایـن مـدل، بـر اسـاس آخریـن اصلاحـات ایـن قانـون، ۳ مـگاوات (۳۰۰۰ کیلـووات) می‌باشـد. ثبت‌نـام ایـن دسـته از متقاضیـان از طریـق درگاه ملـی مجوزهـا انجام‌شـده و دارای پیچیدگی‌هـای بیشـتری نسـبت بـه مـدل اول می‌باشـد.

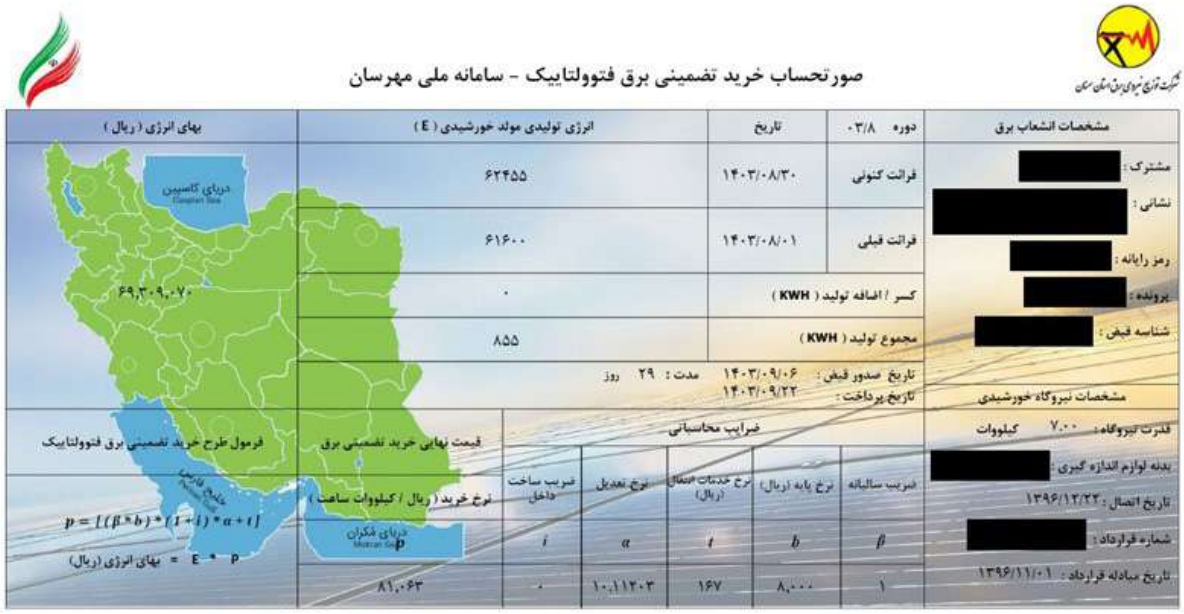
سایر نکات در خصوص ماده ٦١ به شرح ذیل می‌باشد:

- عنـوان کامـل ایـن طـرح «خریـد تضمینـی بـرق تجدیدپذیـر بـا اسـتفاده از ظرفیـت مـاده ۶۱ قانـون اصـلاح الگـوی مصـرف» می‌باشـد.
- بـر اسـاس ایـن قانـون، وزارت نیـرو قـراردادی را بـا متقاضـی منعقـد نمـوده و به‌صـورت تضمینـی بـرق تولیدشـده توسـط نیـروگاه متقاضـی را بـه مـدت ۲۰ سـال خریـداری می‌نمایـد.
- قیمـت خریـد تضمینـی بـرای نیروگاه‌هـای کوچک‌تـر مسـاوی ۲۰ کیلـووات، ۲۴۰۰ تومان/کیلووات‌سـاعت و بـرای نیروگاه‌هـای بزرگ‌تـر از ۲۰ کیلـووات و کوچک‌تـر از ۳۰۰۰ کیلـووات، ۲۲۰۰ تومـان/کیلووات‌سـاعت می‌باشـد.
- به‌منظـور حفـظ ارزش دارایـی سـرمایه‌گذاران، در صورت‌وضعیـت ماهانـه سـرمایه‌گذاران، نـرخ تعدیـل لحـاظ می‌گـردد. بـر اسـاس تجـارب موجـود، نـرخ تعدیـل تقریباً معـادل نـرخ تـورم سـالانه می‌باشـد. نمونـه‌ای از صورت‌حسـاب صادرشـده توسـط شـرکت توزیـع نیـروی بـرق اسـتان سـمنان، بـرای یکـی از سـرمایه‌گذاران در شـکل (۲) قابـل مشـاهده اسـت. همان‌طـور کـه مشـاهده می‌شـود، نـرخ پایـه خریـد بـرق از ایـن مشـترک در ابتـدای سـال ۱۳۹۷، ۸۰۰ تومان/کیلووات‌ساعت بـوده اسـت. حال‌آنکـه نـرخ لحـاظ شـده بـرای ایـن مشـترک در انتهـای آبان‌مـاه ۱۴۰۳ در حـدود ۸۱۰۰ تومان/کیلووات‌سـاعت می‌باشـد کـه بیانگـر افزایـش بیـش از ۱۰ برابـری قیمـت در ایـن بـازه زمانـی می‌باشـد. هزینـه سـرمایه‌گذاری ایـن مشـترک در سـال ۹۷ در حـدود ۱۷ میلیـون تومـان بـوده اسـت. مبلـغ دریافتـی ایـن مشـترک بـرای تولیـد بـرق خورشـیدی در آبان‌مـاه ۱۴۰۳، در حـدود ۷ میلیـون تومـان می‌باشـد.

عـلاوه بـر ظرفیت‌هـای مـاده ۶۱، سـاتبا بـا اسـتفاده از طرح‌هـای تکلیفـی، برخـی مشـترکین صنعـت بـرق را مکلـف بـه احـداث سیسـتم‌های آنگریـد کـرده اسـت. ازجملـه ایـن قوانیـن، الـزام ادارات دولتـی (بـرای تأمیـن ۲۰ درصـد انـرژی مصرفـی سـالانه) و یـا چاه‌هـای کشـاورزی (به‌منظـور معافیـت از برنامه‌هـای مدیریـت مصـرف) بـه احـداث نیروگاه‌هـای تجدیدپذیـر می‌باشـد. بدیهـی اسـت کـه در ازای اجـرای چنیـن طرح‌هایـی، پولـی بابـت تولیـد بـرق بـه مشـترکین پرداخـت نخواهـد شـد.

تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های فتوولتائیک

تجهیـزات اصلـی در نیروگاه‌هـای فتوولتائیـک کوچک-مقیـاس شـامل پنل‌هـای خورشـیدی، اینورترهـا، اسـتراکچر و تابلوهـا می‌باشـند. پنل‌هـای فتوولتائیـک به‌طورمعمـول دارای ۱۰ سـال گارانتـی و ۲۰ سـال گارانتـی عملکـرد می‌باشـند. همچنیـن اینورترهـا به‌طورمعمـول دارای ۵ سـال گارانتـی می‌باشـند. از سـوی دیگـر بـا توجـه بـه اینکـه هیـچ جـزء متحرکـی در ایـن نیروگاه‌هـا وجـود نـدارد، بنابرایـن هزینه‌هـای تعمیـر و نگهـداری بسـیار پاییـنی دارنـد. تمیـز کـردن دوره‌ای پنل‌هـای خورشـیدی، بررسـی ظاهـری پنل‌هـا ازنقطه‌نظـر شکسـتگی و یـا وجـود هات‌اسـپات در آن‌هـا، بررسـی اتصـالات اسـتراکچرها و فوندانسـیون آن‌هـا پـس از وقـوع بادهـای شـدید و بررسـی پارامترهـای الکتریکـی اینورترهـا (بـا توجـه بـه وجـود LCD بـر روی آن‌هـا کار ساده‌ای اسـت) تنهـا موضوعـات مرتبـط بـا نیروگاه‌هـای فتوولتائیـک کوچک-مقیـاس می‌باشـد.


صورتحساب خرید تضمینی برق فتوولتاییک - سامانه ملی مهرسان

مشخصات انشعاب برق		دوره ۰۳/۸	تاریخ	انرژی تولیدی مولد خورشیدی (E)	بهای انرژی (ریال)
مشترک :	[redacted]	قرائت کنونی	۱۴۰۳/۰۸/۳۰	۶۲۴۵۵	
نشانی :	[redacted]	قرائت قبلی	۱۴۰۳/۰۸/۰۱	۶۱۶۰۰	
رمز رایانه :	[redacted]	کسر / اضافه تولید (KWH)		۰	
پرونده :	[redacted]	مجموع تولید (KWH)		۸۵۵	
شناسه قبض :	[redacted]	تاریخ صدور قبض : ۱۴۰۳/۰۹/۰۶	مدت : ۲۹ روز		
مشخصات نیروگاه خورشیدی		تاریخ پرداخت : ۱۴۰۳/۰۹/۲۲			
قدرت نیروگاه : ۷.۰۰ کیلووات		ضرایب محاسباتی			
بدنه لوازم اندازه گیری :	[redacted]	ضریب سالیانه β	نرخ پایه (ریال) b	نرخ خدمات متصل (ریال) t	نرخ تعدیل α	ضریب ساخت داخل i	قیمت نهایی خرید تضمینی برق / نرخ خرید (ریال / کیلووات ساعت)	فرمول طرح خرید تضمینی برق فتوولتاییک
تاریخ اتصال : ۱۳۹۶/۱۲/۲۲		۱	۸,۰۰۰	۱۶۷	۱۰.۱۲۰۳	۰	۸۱,۰۶۳	$p = [(\beta * b) * (1 + i) * \alpha + t]$
شماره قرارداد :	[redacted]							بهای انرژی (ریال) = E * p
تاریخ معادله قرارداد : ۱۳۹۶/۱۱/۰۱								

▲ شکل ۲- نمونه‌ای از صورت‌حساب صادرشده برای یکی از سرمایه‌گذاران نیروگاه فتوولتائیک

نتیجه‌گیری

با توجه به روند توسعه فناوری انرژی در کشورهای پیشرفته و پیروی شبکه برق ایران از این فناوری‌ها، نیروگاه‌های فتوولتائیک جزء لاینفک شبکه برق ایران در آینده خواهند بود. از سوی دیگر با توجه به ناترازی قابل‌توجه انرژی الکتریکی در کشور، کمبود گاز، عدم سرمایه‌گذاری در حوزه استخراج آن، عدم توسعه فناوری‌های مرتبط با نیروگاه‌های حرارتی و مشکلات و معضلات زیست‌محیطی، احداث نیروگاه‌های فتوولتائیک می‌بایست با سرعت بیشتری انجام پذیرد. با این هدف، در این مقاله، پتانسیل سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های فتوولتائیک کوچک-مقیاس در استان سمنان موردبررسی قرارگرفته است.

مراجع

۱. دستورالعمل فنی نصب سامانه‌های فتوولتائیک بامی مختص مشترکین محدود به دو برابر ظرفیت انشعاب تا سقف ظرفیت ۲۰۰ کیلووات- سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی- خرداد ۱۴۰۰
۲. راهنمای طراحی سیستمهای فتوولتاییک به‌منظور تأمین انرژی الکتریکی به تفکیک اقلیم و کاربری، ضابطه شماره ۶۶۷- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- ۱۳۹۳

کاربرد فناوری تولید هم‌زمان برق و حرارت در ساختمان

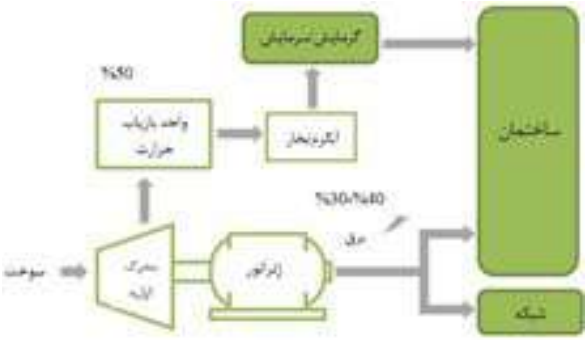
عبدالله خالصی دوست
دکتری مکانیک

چکیده
امروزه به دلیل اهمیت انرژی سیستم‌های مختلف ذخیره و بازیافت شامل سیستم‌های بازچرخانی، چرخ‌های حرارتی، رکوپراتورها، پکیج‌های چگالشی، انواع مبدل‌های بازیافت انرژی، دودکش‌های دوجداره، دیوار ترومپ، سیستم‌های فعال و غیرفعال خورشیدی، سیستم‌های با PCM و بانک یخی در چیلرها و موارد دیگر در صنعت تأسیسات اهمیت ویژه‌ای دارند. همچنین با توجه به بحران انرژی و بحران‌های زیست‌محیطی استفاده از سیستم‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت نیز گسترش یافته و این امر در تأسیسات ساختمان جایگاه ویژه‌ای پیدا نموده است. مزایای زیاد استفاده از این فناوری مانند کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی و همچنین راندمان بالا و کاهش بار پیک شبکه‌های برق باعث شده تا استفاده از این روش در تأسیسات ساختمان‌ها متداول شده و سیستم‌های تولید هم‌زمان خانگی کوچک MINI CHP به‌عنوان تولیدکننده بخشی از انرژی موردنیاز یک واحد مسکونی تک خانوار نیز در سراسر دنیا گسترش یافته و قوانین مرتبط با حوزه مذکور به‌عنوان بخشی از کدها و استانداردهای انرژی و همچنین صنعت ساختمان تدوین گردد. سیستم‌های MINI CHP و MICRO CHP می‌توانند تمام یا بخشی از نیازهای انرژی واحدهای اداری، تجاری و یا مسکونی را تأمین نموده و باعث بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی گردند. همچنین هوش مصنوعی با توانایی در پردازش و تحلیل حجم زیادی از داده‌ها و پیش‌بینی رفتارهای سیستم، می‌تواند عملکرد سیستم‌های CHP را بهینه کند.

واژه‌های کلیدی: تولید هم‌زمان، تأسیسات مکانیکی، بازیافت انرژی، بهینه‌سازی انرژی، CCHP، CHP، HVAC

مقدمه

به‌طورکلی به فرآیند تولید توأمان برق و حرارت، تولید همزمان (CHP) اطلاق می‌شود. درحالی‌که مفهوم تولید همزمان جدید نمی‌باشد، امروزه فناوری تولید همزمان در گستره وسیعی از صنایع، ساختمان‌های اداری، تجاری و مجتمع‌های مسکونی بکار می‌رود. تا دهه ۱۹۸۰، سیستم‌های تولید همزمان تنها در صنایع بزرگ یا مجتمع‌های تأسیساتی با تقاضای انرژی بالا بکار می‌رفت؛ اما به دلیل بحران انرژی سال ۱۹۷۳ که طی آن قیمت سوخت و برق شدیداً افزایش یافت، کاربرد این فناوری در سایر ساختمان‌ها نیز گسترش یافت؛ به‌طوری‌که هم‌اکنون در بعضی از کشورها، پکیج‌های کوچک تولید همزمان آپارتمانی نیز در حال گسترش می‌باشند. امروزه سیستم‌های تولید همزمان با اندازه‌های مختلفی از Kw ۵۰ تا بیش از Mw ۱۰۰ در دسترس هستند. شکل ۱ طرحواره یک سیستم تولید همزمان را نمایش می‌دهد.



▲ شکل ۱ – نمایش یک سیستم تولید همزمان برق و حرارت برای واحد مسکونی

سامانه‌های کنترل و پایش انرژی و سیستم‌های اندازه‌گیری و کنترل، نقش بسیار مؤثری در بهینه‌سازی مصرف انرژی دارند. توسعه سیستم‌های کنترل، به توسعه بهتر روش‌های بهره‌برداری و تکمیل هماهنگی اجزای مختلف سیستم تولید همزمان یاری رسانده و باعث امکان استفاده بیشتر این فناوری را فراهم نموده است.

در سیستم‌های تولید همزمان از گرمای اتلافی بازیافتی می‌توان برای مصارف گرمایشی و سایر فرایندها استفاده کرد. تولید همزمان برق و گرما، می‌تواند علاوه بر افزایش بازده سیستم‌ها و کاهش مصرف سوخت، باعث کاهش انتشار گازهای آلاینده محیط‌زیست شود.

سابقه استفاده از سیستم‌های همزمان در ایران و جهان

سال‌های قبل از دهه ۸۰ میلادی این فناوری برای اولین بار در کشور آمریکا و در نیروگاه‌های بخار بکار رفت و از بخار استخراج‌شده از سیکل برای مصارف گرمایشی واحدهای موجود در نیروگاه استفاده گردیده است. این عمل گرچه باعث کاهش اندک راندمان نیروگاه می‌شد اما به دلیل تأمین گرمای موردنیاز سایر واحدها باعث کاهش مصرف سوخت کلی و به‌تبع آن کاهش آلودگی نهایی مجموعه می‌گردید. در ادامه این ایده به نیروگاه بخار محدود نگردیده و طی سال‌های بعد و به‌ویژه در سال‌های اخیر فناوری تولید مشترک برق و حرارت که بهره‌وری بالایی در مصرف انرژی دارد به سایر صنایع و تأسیسات مکانیکی و ساختمان‌های تجاری، اداری و مجتمع‌های مسکونی و آپارتمان‌ها نیز گسترش پیدا کرد.

کشورهای آلمان، آمریکا، بریتانیا، ژاپن و هلند از کشورهای پیشرو در استفاده از این فناوری در صنایع مختلف و سیستم‌های تأسیساتی مسکونی بوده و کشور ایران نیز در سال‌های اخیر استفاده از این فناوری را در صنایع مختلف استفاده نموده و همچنین این امر در تأسیسات ساختمان‌های بزرگ اداری و تجاری مورد کاربرد واقع شده؛ ولی در آپارتمان‌های مسکونی کوچک به دلایل مختلفی این امر هنوز فراگیر نشده است. در کشور ایران به علت ارزان بودن انرژی و پایین بودن سهم هزینه‌های انرژی نسبت به سایر هزینه‌ها در سبد هزینه خانوار، تاکنون در خصوص چگونگی مصرف انرژی و راه‌های کاهش مصرف آن اقدامات اساسی انجام‌نشده است؛ اما به‌تدریج که قیمت انرژی مصرفی با توجه به جهانی‌شدن اقتصاد و تجارت، خود را به سمت قیمت‌های بین‌المللی می‌رساند و نسبت بالاتری را در هزینه خانواده پیدا می‌کند، مصرف و اتلاف بی‌رویه آن به سرمایه‌های ملی و چرخه اقتصادی کشور لطمه زده و محیط‌زیست را در معرض خطر قرار می‌دهد. لذا یافتن راهکارهایی همانند استفاده از تولید همزمان برق و حرارت برای بهینه‌سازی مصرف انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. [۱]

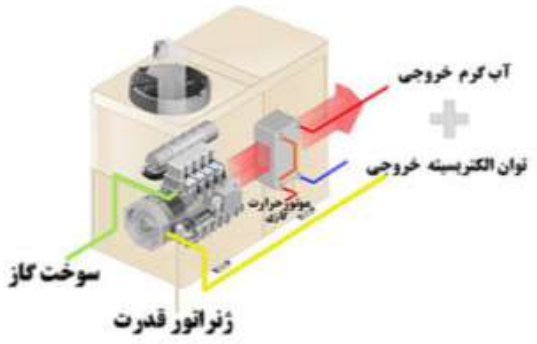
انواع سیستم‌های تولید همزمان

امروزه چندین نوع از سیستم‌های تولید همزمان بسته به اندازه و فنّاوری مورداستفاده، موجود هستند. عموماً، سیستم‌های تولید همزمان در سه گروه اصلی دسته‌بندی می‌گردند.

الف) سیستم‌های تولید همزمان متداول که این سیستم‌ها از واحدهای تولید همزمان عظیم تشکیل می‌شوند و بالای ۱۰۰۰ کیلووات ظرفیت داشته و تمام تجهیزات و اجزای سیستم، اعم از عامل محرک، ژنراتورهای برق و سیستم‌های بازیافت انرژی آن از طریق فرآیند طراحی صورت می‌پذیرد.

ب) سیستم‌های تولید همزمان پکیج که این سیستم‌ها زیر ۱۰۰۰ کیلووات بوده و طراحی و نصب آن‌ها به خاطر داشتن واحدهای پیش مونتاژ و پیش مهندسی ساده بوده و در ساختمان‌های مسکونی و آپارتمان‌ها نیز کاربرد فراوان داشته و در جهان متداول و به‌سرعت در حال رشد و توسعه می‌باشند. شکل ۲ نمونه خانگی سیستم CHP را نمایش می‌دهد. سیستم‌های مینی و میکرو پکیج تولید همزمان دارای تنوع زیاد از لحاظ کاربرد و شرکت‌های سازنده و ارائه‌دهنده خدمات پس از فروش می‌باشند. سیستم‌های تولید همزمان پیش مهندسی و پیش مونتاژ شده با هزینه‌های کاهش‌یافته و تجهیزات دارای کنترل‌های پیشرفته نیز در دسترس هستند که این سیستم‌های پکیج در اندازه‌های مختلفی از ۳۰ کیلووات تا ۵۰۰ کیلووات و حتی اندازه‌های کوچک‌تر از ۵ کیلووات (سیستم‌های تولید همزمان خرد) موجود می‌باشند. سیستم‌های تولید همزمان پکیج برای ساختمان‌های کوچک نظیر ساختمان‌های اداری، مدارس و تأسیسات مکانیکی خانگی بسیار مناسب هستند.

ج) فناوری‌هـای تولیـد توزیعـی کـه اخیـراً در بـازار تأسیسـات مکانیکـی حضـور پیـدا نمـوده و از فناوری‌هـای خـاص ماننـد پیل‌هـای سـوختی اسـتفاده می‌کننـد و باعـث گسـترش صنایـع تولیـد همزمـان بـرق و حـرارت شـده‌اند. [۲]



▲ شکل ۲- مولد برق و حرارت مقیاس کوچک MINI CHP

اجزای سیستم‌های تولید همزمان

یـک سیسـتم تولیـد همزمـان بـرق و حـرارت دارای چهـار عنصـر و مؤلفـه اساسـی شـامل اجـزای زیـر می‌باشـد. [۳]

۱- مولـد نیـروی محرکـه کـه مکانیسـم تولیدکننـده نیـروی مکانیکی سیسـتم بـا فناوری‌هـای توربین‌هـای صنعتـی، میکـرو توربین‌هـا، موتورهـای احتـراق داخلـی، پیل‌هـای سـوختی، موتورهـای اسـترلینگ و سـایر مـوارد می‌باشـد.

۲- ژنراتـور الکتریکـی کـه مکانیسـم تولیدکننـده الکتریسـیته در سیسـتم تولیـد همزمـان بـرق و قـدرت اسـت.

۳- انـواع سیسـتم بازیافـت حـرارت کـه باعـث بازیابـی گرمـای تلف‌شـده از منابـع مختلـف گرمایـی و اتـلاف حـرارت می‌باشـند.

۴- سیسـتم کنترلـی کـه مکانیسـم مدیریـت و کنترل کلیه سنسـورها و عملگرهـا را جهـت هماهنگـی و اندازه‌گیـری و پایـش پارامترهـا بـه عهـده دارد.

سیستم CCHP و تفاوت آن با سیستم CHP

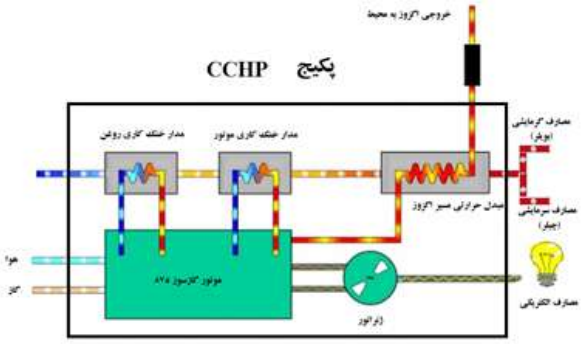
سیسـتم‌های CCHP کـه مخفـف Combined Cooling Heat and Power می‌باشـد بـه معنـای تولیـد همزمـان بـرق، سـرما و حـرارت می‌باشـد. بـه ایـن قبیـل سیسـتم‌ها کـه به‌طـور همزمـان بـرق، گرمـا و سـرما تولیـد می‌شـود، اصطلاحـاً Trigeneration یـا CCHP نیـز گفتـه می‌شـود. همان‌گونـه کـه در شـکل ۳ ملاحظـه می‌گـردد اصـول کار سیسـتم‌های CHP و سیسـتم‌های CCHP تقریبـاً مشـابه بـوده بـا ایـن تفـاوت کـه در سیسـتم‌های CCHP سـرما نیـز تولیـد می‌گـردد. [۴]

مزایای سیستم‌های CHP

سیسـتم‌های تولیـد همزمـان دارای مزایـای زیـادی می‌باشـند کـه ازجملـه آن‌هـا می‌تـوان بـه مـوارد زیـر اشـاره نمـود.

۱- مصـرف انـرژی اولیـه کمتـر و کاهـش هزینه‌هـای انـرژی مصرفـی

۲- عـدم نیـاز بـه سیسـتم انتقـال و توزیـع انـرژی الکتریکی گسـترده



▲ شکل ۳- سیستم تولید همزمان برق، حرارت و سرما CCHP و یا سیستم Trigeneration

و درنتیجـه کاهـش هزینه‌هـای خطـوط انتقـال و توزیـع

۳- کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی

۴-کاهش بار شبکه در هنگام پیک مصرف انرژی الکتریکی

۵- استقلال واحدهای دورافتاده از شبکه‌های برق سراسری

۶- کاهـش هزینه‌هـای دولـت بـه دلیـل کاهـش نیـاز بـه انـرژی الکتریکـی شـبکه بـرق سراسـری

۷- فـروش بـرق بـه شـبکه و کسـب درآمـد بـر اسـاس قراردادهـای تضمینی

۸- زمـان بازگشـت سـرمایه کـم و همچنیـن نـرخ بازگشـت سـرمایه پاییـن و به‌صرفـه بـودن از لحـاظ اقتصـادی

۹- راندمان بالا و تلفات بهره‌برداری کم

۱۰- سیستم چابک و مناسب در بحث پدافند غیرعامل

ارزیابـی فنـی اقتصـادی سیسـتم‌های CHP در ایـران

ارزیابـی فنـی اقتصـادی انـواع سیسـتم‌های CHP و CCHP نشـان از زمـان بازگشـت سـرمایه کـم و به‌صرفـه بـودن اسـتفاده از ایـن سیسـتم‌ها در حـال حاضـر در تمامـی کشـورها و حتـی در ایـران بـا توجـه بـه قیمـت پاییـن انـرژی می‌باشـد و ایـن امـر بـا گذشـت زمـان و افزایـش قیمـت حامل‌هـای انـرژی و پیشـرفت فناوری‌هـای جدیـد توجیـه بیشـتر و منطقی‌تـری خواهـد داشـت. در ایـن مجـال به‌عنـوان یـک مثـال عینـی یـک سیسـتم تولیـد همزمـان بـرق و حـرارت در یـک سـاختمان مسـکونی ۵ طبقـه بـا زیربنـای ۱۳۱۳۱ مترمربـع در شـهر اهـواز کـه دارای سـه دیـگ بخـار لولـه آتشـی بـا مشـعل‌های گازی می‌باشـد و تأمیـن بـرق و حـرارت در ایـن سـاختمان بـر اسـاس نیمـی از بـرق مصرفـی پیـک زمسـتانی توسـط سیسـتم تولیـد همزمـان صـورت گرفتـه نشـان می‌دهـد کـه در صـورت اسـتفاده از تـوان حرارتـی تلفاتـی جهـت پیش‌گرمایـش آب تغذیـه بویلرهـا، دارای بهـره مناسـبی از لحـاظ صرفه‌جویـی در مصـرف انـرژی بـوده و هزینه‌هـای انـرژی پـروژه مذکـور را کاهـش قابـل قبولـی داده اسـت. نتایج حاصـل از ممیزی انـرژی در سـاختمان مسـکونی مذکـور کـه ناشـی از انرژی‌هـای مصرفـی گرمایشـی و سرمایشـی و انـرژی الکتریکـی در طـول سـال می‌باشـد نشـان می‌دهـد کـه کاهـش ۵ درصـدی گاز مصرفـی در ایـن سـاختمان کـه ناشـی از پیش‌گرمایـش آب بویلـر از دمـای ۶۰ درجـه سـانتی‌گراد بـه دمـای ۹۰ درجـه سـانتی‌گراد می‌باشـد حـدود ۶۰۰۰۰ مترمکعـب بـوده و ایـن صرفه‌جویـی گاز مصرفـی باعـث صرفه‌جویـی حـدود ۱/۲ میلیـارد ریـال در سـال شـده اسـت. بـا توجـه بـه هزینه‌هـای اولیـه نصب سیسـتم

همزمان برق و حرارت و همچنین صرفه‌جویی خالص سالیانه، زمان بازگشت سرمایه در این سرمایه‌گذاری برابر ۳ سال می‌باشد. لذا علاوه بر مقرون‌به‌صرفه بودن چنین سرمایه‌گذاری، موارد کاهش آلودگی زیست‌محیطی و سایر مزایای اشاره‌شده برای سیستم‌های تولید همزمان برق و حرارت را نیز در بر خواهد داشت. [۵۶]

ترکیب هوش مصنوعی و سیستم‌های CHP در راستای بهینه‌سازی انرژی

ترکیب فناوری CHP و هوش مصنوعی (AI) در تأسیسات ساختمانی می‌تواند بهره‌وری انرژی و پایداری محیطزیستی را به میزان قابل‌توجهی بهبود بخشد. سیستم‌های CHP به‌عنوان راهکاری کارآمد برای کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شوند. بااین‌حال، بهره‌برداری بهینه از این سیستم‌ها نیازمند مدیریت هوشمند و تحلیل دقیق داده‌های عملکردی است. هوش مصنوعی با توانایی در پردازش و تحلیل حجم زیادی از داده‌ها و پیش‌بینی رفتارهای سیستم، می‌تواند عملکرد سیستم‌های CHP را بهینه کند. به‌عنوان‌مثال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند پیش‌بینی تقاضای حرارت و برق در ساختمان را بر اساس الگوهای مصرف قبلی و شرایط آب‌وهوایی انجام داده و تولید انرژی را به شکلی پویا تنظیم کنند.

همچنین، ترکیب AI با سیستم‌های CHP می‌تواند به ایجاد سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند در ساختمان‌ها منجر شود. با استفاده از داده‌های حسگرها و تحلیل بلادرنگ، هوش مصنوعی می‌تواند تصمیمات خودکار در زمان واقعی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی بگیرد. این موضوع نه‌تنها بهره‌وری انرژی را افزایش می‌دهد بلکه هزینه‌های انرژی را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر این، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند مشکلات یا نقص‌های احتمالی در عملکرد CHP را شناسایی کرده و پیش از وقوع خرابی، اقدامات پیشگیرانه را پیشنهاد دهند. این رویکرد ترکیبی، تأسیسات ساختمانی را به‌سوی پایداری بیشتر و کاهش هزینه‌های عملیاتی سوق می‌دهد و درعین‌حال نقش مهمی در کاهش آلاینده‌های محیطزیست ایفا می‌کند.

تأمین برق برج میلاد از طریق سیستم CHP

به‌عنوان نمونه شاخص در کشورمان مشاهده می‌گردد که روشنایی برج میلاد و تأمین برق و حرارت موردنیاز بخش‌های مختلف سیستم‌های تأسیساتی برج با سازه‌های عظیم آن، از طریق نیروگاه برق مجزایی به نام نیروگاه مقیاس کوچک گازی CHP صورت می‌پذیرد. این سیستم قابلیت تولید همزمان برق و حرارت موردنیاز برج را داشته و نه‌تنها هزینه برق مصرفی را به‌شدت پایین می‌آورد، بلکه نگرانی مسئولین و شهروندان را نسبت به قطعی برق برج و همچنین نورپردازی و زیبایی آن را برطرف می‌کند. طراحی و اجرای این فناوری کارآمد در برج میلاد، توسط مهندسان ایرانی انجام شده و بخشی از توان خروجی ۴ مگاواتی سیستم CHP موجود در برج صرف تأمین برق مصرفی برج و مابقی آن به شبکه تزریق می‌گردد. در حقیقت برج میلاد نه‌تنها برق شهری را مصرف نمی‌کند، بلکه به تأمین برق پایدار شبکه در شهر تهران نیز کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نوع طراحی و کاربرد مدل‌های مختلف دستگاه‌ها، استفاده از انواع سیستم‌های MINI CHP، CCHP، CHP و MI-CRO CHP در تأسیسات مکانیکی ساختمان می‌تواند تمام یا بخشی از بار حرارتی و الکتریکی موردنیاز ساختمان‌های اداری، تجاری مسکونی، بیمارستان‌ها و یا سایر ساختمان‌ها را تأمین نموده و درعین‌حال باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بارهای سرمایشی و گرمایشی و یا بهینه‌سازی مصرف انرژی گردیده و به‌تبع آن هزینه‌های مرتبط با انرژی را همزمان با کاهش آلایندگی کم نماید. همچنین ترکیب این فناوری در ساختمان با هوش مصنوعی می‌تواند بهره‌وری انرژی و پایداری محیطزیستی را به میزان قابل‌توجهی بهبود بخشد. هوش مصنوعی با توانایی در پردازش و تحلیل حجم زیادی از داده‌ها و پیش‌بینی رفتارهای سیستم، می‌تواند عملکرد سیستم‌های CHP را بهینه کرده و به ایجاد سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی در ساختمان‌ها کمک نماید. علاوه بر این، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند مشکلات یا نقص‌های احتمالی در عملکرد CHP را شناسایی کرده و پیش از وقوع خرابی، اقدامات پیشگیرانه را پیشنهاد داده و هزینه‌های تعمیراتی تأسیسات مکانیکی را تقلیل دهد.

مراجع

1. J. Sirchis, 2005, Combined production if heat and power (cogeneration), Elsevier Applied Science London

2. Dave Parker, 2009, Microgeneration Low Energy Strategies for Larger Buildings, Architectural Press of Elsevier

3. M. Pehnt, M. Cames, C. Fischer, 2005, Micro Cogeneration Towards Decentralized Energy System, Springer, Berlin, New York

۴. مطلب میری، غلامرضا بیانی، محمد حسن زربخش، ۱۳۸۳، مقدمه‌ای بر سیستم‌های تولید مشترک برق و حرارت، وزارت نیرو، سازمان بهره‌وری انرژی ایران

۵. علی خواجه مبارکه، علیرضا مولایی، خرداد ۱۳۸۹، ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های تولید همزمان برق و قدرت، دومین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع، تهران، ایران

۶. میلاد فولادی، فرشید یحیایی، ۱۳۹۵، امکان‌سنجی اقتصادی نصب سامانه تولید همزمان برق و حرارت در شرکت برق منطقه‌ای سمنان، سی و یکمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، ایران

بررسی تغییرات مصرف انرژی با استفاده از مصالح مختلف ساختمانی در شرایط اقلیمی سمنان

سید اسماعیل ساداتی
دکتری مکانیک-تبدیل انرژی

چکیده
صرفه‌جویی در مصرف انرژی یکی از چالش‌های مهم جهان امروز می‌باشد. در سال‌های اخیر افزایش نگرانی‌ها در خصوص تبعات زیست‌محیطی و گرم شدن کره زمین اهمیت این موضوع را دوچندان کرده است. از سوی دیگر سهم بخش ساختمان در مصرف انرژی کشورها قابل‌توجه بوده و به همین دلیل در چند دهه اخیر اقدامات اساسی درزمینه اصلاح الگوی مصرف با استفاده از ابزارهای مختلف ازجمله تدوین مقررات و ضوابط با توجه به شرایط اقلیمی هر شهر صورت گرفته است. در این مقاله با به‌کارگیری مصالح مختلفی که در جداره‌های ساختمان‌های شهر سمنان استفاده می‌گردد، به تحلیل بار سرمایش و گرمایش ساختمان پرداخته گردید. همچنین مقایسه ضریب انتقال حرارت هر یک از مصالح استفاده‌شده بر روی دیوارهای خارجی ساختمان مدل‌سازی شده و مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان با توجه به شرایط اقلیمی شهر سمنان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. درنهایت استفاده از دیوار خارجی با استفاده از سفال ۱۵ سانتیمتری که بیشترین استفاده را دارد، منجر به افزایش مصرف انرژی به میزان ۱۶/۲ درصد در سال و استفاده از دیوار خارجی با استفاده از ۱۰ سانتیمتر سفال، ۷ سانتیمتر فوم و ۱۰ سانتیمتر سفال منجر به کاهش مصرف انرژی سالیانه به میزان ۶/۵ درصد در سال، نسبت به مقایسه مصالح با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان با توجه به شرایط اقلیمی، شده است.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی مصرف انرژی، مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، دیزاین بیلدر، شرایط اقلیمی

مقدمه

مصرف انرژی در بخش ساختمان‌ها حدود ۴۰% از کل مصرف انرژی اکثر کشورهای جهان را به خود اختصاص داده است و با توجه به هزینه‌های زیاد مالی و عوارض زیست‌محیطی، کاهش این نسبت در مقایسه با مصرف صنعتی و حمل‌ونقل و کشاورزی ضرورت عمده دارد.

اینک با توجه به سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ در مورخ ۱۳۸۲/۰۹/۲۰ توسط مقام معظم رهبری، تعیین و ابلاغ سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف توسط ایشان در مورخ ۱۳۸۹/۰۴/۱۵ در خصوص تدوین برنامه ملی بهره‌وری انرژی و اعمال سیاست‌های تشویقی نظیر حمایت مالی و فراهم کردن تسهیلات بانکی برای اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف و عرضه انرژی و شکل‌گیری نهادهای مردمی و خصوصی برای ارتقاء کارایی انرژی و انجام مطالعات جامع و یکپارچه سامانه انرژی کشور به‌منظور بهینه‌سازی عرضه و مصرف انرژی، برنامه‌ریزی دقیق در زمینه مذکور دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد.

هدف اصلی در این تحقیق، مدل‌سازی یک ساختمان با مصرف انرژی پایین، توسط نرم‌افزار دیزاین بیلدر می‌باشد. در اکثر ساختمان‌های ساخته‌شده و در حال ساخت شهر سمنان، قوانین و مقررات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در خصوص بهینه‌سازی مصرف انرژی با توجه به شرایط اقلیمی شهر سمنان، رعایت نمی‌گردد. متأسفانه این مبحث در اکثر ساختمان‌های مسکونی و تجاری خدماتی که توسط مردم ساخته می‌شود اجرا نمی‌گردد و در مواردی مردم به‌راحتی به اجرای این قانون و بکار بردن برخی امکانات و ابزار در ساخت‌وساز تن نمی‌دهند. لذا در این تحقیق نشان داده‌شده است که استفاده از مصالح دیوار با ضرایب انتقال حرارت مناسب در ساختمان‌های شهر سمنان نقش بسیار مهمی در بهینه‌سازی مصرف انرژی ایفا خواهد نمود. با توجه به راهکارهای به‌دست‌آمده در این تحقیق، می‌توان از این راهکارها جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های شهر سمنان استفاده نمود.

تئوری حاکم

اقلیم شهر سمنان

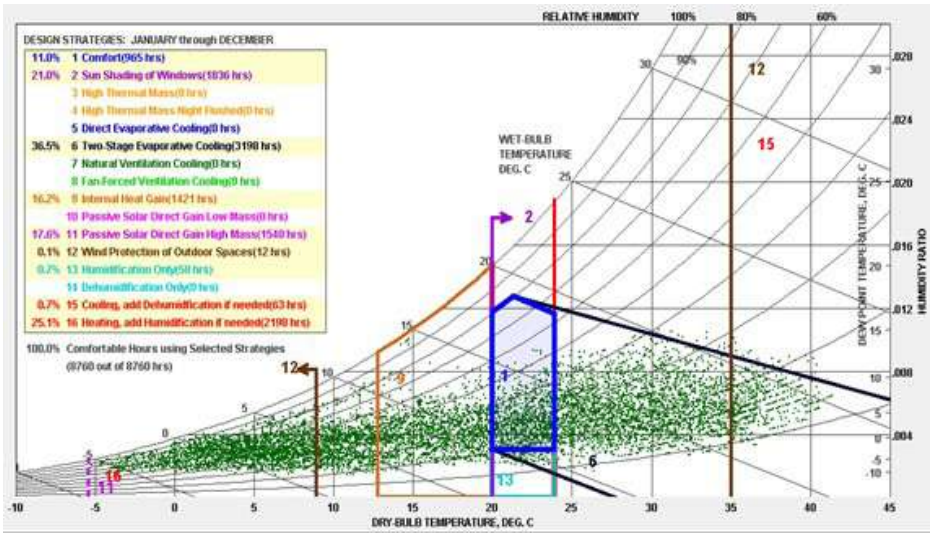
استان سمنان دارای مساحت ۹۵۸۱۵ مترمربع می‌باشد که از شمال به استان مازندران و گلستان، از جنوب به استان اصفهان، از شرق به استان خراسان و از غرب به استان تهران و قم محدودشده است. شهر سمنان در ۳۵/۳۳ درجه عرض شمالی و ۵۳/۲۳ درجه طول شرقی و در ناحیه مرکزی ایران قرارگرفته است و مرکز استان سمنان می‌باشد. شهر سمنان دارای شرایط اقلیمی گرم و خشک می‌باشد.

به‌منظور تحلیل اقلیم آب و هوایی شهر سمنان از نرم‌افزار مشاور اقلیم استفاده‌شده است. این نرم‌افزار یک برنامه کامپیوتری گرافیکی ساده می‌باشد که با داده‌های آب و هوایی محلی که از کاربر دریافت می‌کند، راه‌کارهایی را با توجه به شرایط اقلیمی آن منطقه، جهت ساخت یک ساختمان پایدار ارائه می‌کند (DAU). نرم‌افزار موردنظر با دریافت فایل آب و هوایی شهر سمنان علاوه بر ارائه راهکارهای به‌منظور طراحی یک ساختمان پایدار، اطلاعات آب و هوایی را به‌صورت نمودار سایکرومتریک نمایش می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، شرایط اقلیمی شهر سمنان به‌صورت زیر می‌باشد:

۱- حدود ۱۱% از کل ساعات سال، بدون نیاز به سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و دارای دمای آسایش می‌باشد. در صورت استفاده از سایه‌بان‌های مناسب می‌توان دمای آسایش را به میزان ۲۱% از کل ساعات سال افزایش داد.

۲- حدود ۱۷/۶% از کل ساعات سال، گرمایش موردنیاز را می‌توان از طریق جذب حرارت خورشید که توسط مصالح ساختمان ازجمله سقف، دیوارها و پنجره‌ها صورت می‌پذیرد، به‌طور طبیعی تأمین کرد که حرارت جذب‌شده پس از گذشت چند ساعت به داخل ساختمان انتقال می‌یابد.

۳- حدود ۱۶/۲% از کل ساعات سال گرمایش موردنیاز می‌تواند توسط روشنایی مانند لامپ‌ها، وسایل الکتریکی مانند کامپیوتر، فرایند پخت‌وپز، گرمای ناشی از بدن انسان و موارد دیگر تأمین گردد.

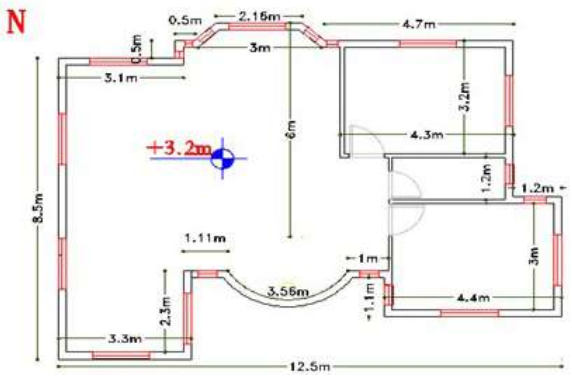


▲ شکل (۱): نمودار سایکرومتریک

۴- حدود ۲۵/۱% از کل ساعات سال، برای رسیدن به دمای آسایش نیاز به سیستم گرمایشی می‌باشد.
۵- حدود ۳۶/۵% از کل ساعات سال، برای رسیدن به دمای آسایش نیاز به سیستم سرمایشی دومرحله‌ای می‌باشد.
۶- حدود ۰/۷% از کل ساعات سال، برای رسیدن به دمای آسایش نیاز به رطوبت زنی می‌باشد.

مشخصات ساختمان مدل‌سازی شده

در این بخش مشخصات ساختمان مدل‌سازی شده که در این تحقیق بررسی گردیده، نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، ساختمان مدل‌سازی شده دارای مساحت تقریباً ۹۰ مترمربع و ارتفاع آن هم‌تراز با محوطه به ارتفاع ۳/۲ متر می‌باشد و از چهار جهت دارای نسبت پنجره به دیوار ۲۰% و دارای سایه‌بان می‌باشد.



شکل (۲): پلان معماری ساختمان مدل‌سازی

مصالح پیشنهادی	مصالح	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضریب هدایت حرارت $\frac{w}{mk}$	ضخامت m	مقاومت حرارتی $\frac{m^2.k}{w}$
پوسته خارجی	آجرنسوز	۱۸۵۰	۰.۷۴	۰.۰۳	۰.۰۴
	دوغاب سیمان	۲۱۰۰	۱.۸	۰.۰۲	۰.۰۱۱
	فوم پلی استایرن (۸ سانتی‌متر)	۱۰۵۰	۰.۱۴	۰.۰۵۵	۰.۳۹
	سفال ۱۵	۱۳۰۰	۰.۴۶	۰.۱۰	۰.۲۱۷
	گچ‌خاک	۱۶۰۰	۱.۱	۰.۰۲	۰.۰۱۸
	گچ	۱۳۰۰	۰.۵۷	۰.۰۱	۰.۰۱۸
سقف	ورق پیش‌ساخته قیر اصلاح‌شده	۱۰۰۰	۰.۲۳	۰.۰۱	۰.۰۴۳
	ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰	۱.۸	۰.۰۲	۰.۰۱۱
	خرده آجر	۱۵۰۰	۰.۵۵	۰.۰۷	۰.۱۲۷
	پشم سنگ	۱۵۰	۰.۰۳۵	۰.۰۷	۲
	بتن مسلح	۲۴۰۰	۲.۵	۰.۲	۰.۰۸
	گچ‌خاک	۱۶۰۰	۱.۱	۰.۰۲	۰.۰۱۸۲
	گچ	۱۳۰۰	۰.۵۷	۰.۰۱	۰.۰۱۸

جدول ۱: مصالح استفاده‌شده در ساختمان مدل‌سازی شده، در حالت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

مشخصات حرارتی اجزای ساختمان

با توجه به اینکه بخش قابل‌توجهی از تبادل حرارت ساختمان از طریق پوسته خارجی آن صورت می‌گیرد، لذا استفاده از مصالح مورداستفاده با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. ساختمان مدل‌سازی شده ازلحاظ میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی جز گروه سه می‌باشد. مقدار ضریب انتقال حرارت مرجع عناصر ساختمانی پوسته خارجی، $(w/m^2 k)$ ۱/۰۲ با توجه به شرایط اقلیمی شهر سمنان در نظر گرفته است. همچنین مشخصات حرارتی اجزای ساختمان که شامل سقف و جداره‌های ساختمان می‌باشد و در اکثر ساختمان‌های شهر سمنان مورداستفاده قرار می‌گیرد در جداول ۱ تا ۷ (مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان -۱۳۸۹ و مبحث ۵ مقررات ملی ساختمان -۱۳۹۲) آورده شده است.

مصالح پیشنهادی	مصالح	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضریب هدایت حرارت $\frac{w}{mk}$	ضخامت m	مقاومت حرارتی $\frac{m^2.k}{w}$
پوسته خارجی	آجرنسوز	۱۸۵۰	۰.۷۴	۰.۰۳	۰.۰۴
	دوغاب سیمان	۲۱۰۰	۱.۸	۰.۰۲	۰.۰۱۱
	سفال ۱۰	۱۳۰۰	۰.۴۶	۰.۱۰	۰.۲۱۷
	فوم پلی استایرن (۷ سانتی‌متر)	۱۰۵۰	۰.۱۴	۰.۰۷	۰.۵
	سفال ۱۰	۱۳۰۰	۰.۴۶	۰.۱۰	۰.۲۱۷
	گچ‌خاک	۱۶۰۰	۱.۱	۰.۰۲	۰.۰۱۸
	گچ	۱۳۰۰	۰.۵۷	۰.۰۱	۰.۰۱۸

جدول ۳: مصالح استفاده‌شده در دیوار شماره ۲

مصالح پیشنهادی	مصالح	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضریب هدایت حرارت $\frac{w}{mk}$	ضخامت m	مقاومت حرارتی $\frac{m^2.k}{w}$
پوسته خارجی	آجرنسوز	۱۸۵۰	۰.۷۴	۰.۰۳	۰.۰۴
	دوغاب سیمان	۲۱۰۰	۱.۸	۰.۰۲	۰.۰۱۱
	سفال ۱۵	۱۳۰۰	۰.۴۶	۰.۱۵	۰.۳۲
	گچ‌خاک	۱۶۰۰	۱.۱	۰.۰۲	۰.۰۱۸
	گچ	۱۳۰۰	۰.۵۷	۰.۰۱	۰.۰۱۸

جدول ۲: مصالح استفاده‌شده در دیوار شماره ۱

مصالح پیشنهادی	مصالح	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضریب هدایت حرارت $\frac{w}{mk}$	ضخامت m	مقاومت حرارتی $\frac{m^2.k}{w}$
پوسته خارجی	آجرنسوز	۱۸۵۰	۰.۷۴	۰.۰۳	۰.۰۴
	دوغاب سیمان	۲۱۰۰	۱.۸	۰.۰۲	۰.۰۱۱
	سفال ۱۵	۱۳۰۰	۰.۴۶	۰.۱۵	۰.۳۲
	گچ‌خاک	۱۶۰۰	۱.۱	۰.۰۲	۰.۰۱۸
	گچ	۱۳۰۰	۰.۵۷	۰.۰۱	۰.۰۱۸

جدول ۴: مصالح استفاده‌شده در دیوار شماره ۳

مصالح پیشنهادی	مصالح	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضریب هدایت حرارت $\frac{w}{mk}$	ضخامت m	مقاومت حرارتی $\frac{m^2.k}{w}$
پوسته خارجی	آجرنسوز	۱۸۵۰	۰.۷۴	۰.۰۳	۰.۰۴
	دوغاب سیمان	۲۱۰۰	۱.۸	۰.۰۲	۰.۰۱۱
	بتن مسلح ۲۰	۲۴۰۰	۲.۵	۰.۲	۰.۰۸
	گچ‌خاک	۱۶۰۰	۱.۱	۰.۰۲	۰.۰۱۸
	گچ	۱۳۰۰	۰.۵۷	۰.۰۱	۰.۰۱۸

جدول ۵: مصالح استفاده‌شده در دیوار شماره ۴

مصالح پیشنهادی	مصالح	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضریب هدایت حرارت $\frac{w}{mk}$	ضخامت m	مقاومت حرارتی $\frac{m^2.k}{w}$
	آجرنسوز	۱۸۵۰	۰.۷۴	۰.۰۳	۰.۰۴
	دوغاب سیمان	۲۱۰۰	۱.۸	۰.۰۲	۰.۰۱۱
پوسته خارجی	لیکا ۱۵	۹۰۰	۰.۲۳	۰.۱۵	۰.۶۵۲
	گچ‌خاک	۱۶۰۰	۱.۱	۰.۰۲	۰.۰۱۸
	گچ	۱۳۰۰	۰.۵۷	۰.۰۱	۰.۰۱۸

▲ جدول ۶: مصالح استفاده‌شده در دیوار شماره ۵

مصالح پیشنهادی	مصالح	وزن مخصوص $\frac{kg}{m^3}$	ضریب هدایت حرارت $\frac{w}{mk}$	ضخامت m	مقاومت حرارتی $\frac{m^2.k}{w}$
	آجرنسوز	۱۸۵۰	۰.۷۴	۰.۰۳	۰.۰۴
	دوغاب سیمان	۲۱۰۰	۱.۸	۰.۰۲	۰.۰۱۱
پوسته خارجی	بلوک اتوکلاو	۷۰۰	۰.۱۷	۰.۱۵	۰.۸۸۲
	گچ‌خاک	۱۶۰۰	۱.۱	۰.۰۲	۰.۰۱۸
	گچ	۱۳۰۰	۰.۵۷	۰.۰۱	۰.۰۱۸

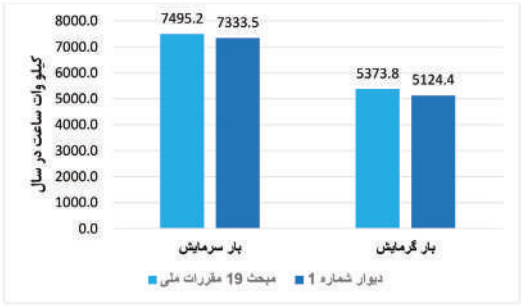
▲ جدول ۷: مصالح استفاده‌شده در دیوار شماره ۶

تشریح روند مدل‌سازی

استفاده از مصالح با ضریب مقاومت حرارتی مناسب با توجه به شرایط اقلیمی برای جداره‌ها در ابتدا منجر به افزایش هزینه اولیه ساختمان شده، ولی درنهایت منجر به بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و صرفه‌جویی اقتصادی به‌طور عمده‌ای خواهد گردید و بازگشت سرمایه اولیه را طی مدت کوتاهی به همراه خواهد داشت. در این بخش با بکار گیری انواع مصالح ارائه‌شده در جداول فصل قبل در ساختمان مدل‌سازی شده، به تحلیل بار سرمایش و گرمایش ساختمان پرداخته خواهد شد.

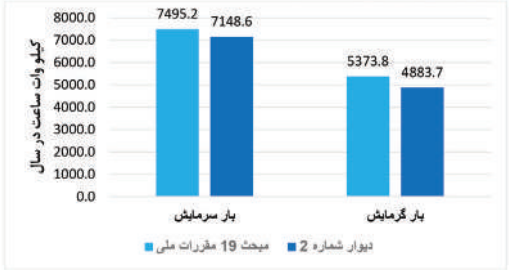
مقایسه استفاده از مصالح دیوار شماره ۱ و مصالح دیوار طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی

میزان بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان مدل‌سازی شده در حالت استفاده از ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی و مصالح دیوار شماره ۱ به‌صورت سالیانه در شکل (۳) نشان داده‌شده است.



▲ شکل (۳): بار سرمایش و گرمایش سالیانه در حالت دیوار شماره ۱ و مبحث ۱۹

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، استفاده از مصالح با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان منجر به افزایش مصرف بار سرمایشی و گرمایشی در سال به ترتیب به میزان ۲/۱۶ و ۰/۸۴ درصد و همچنین منجر به افزایش مجموع بارکل سرمایش و گرمایش به میزان ۳/۲ درصد در سال، نسبت به



▲ شکل (۴): بار سرمایش و گرمایش سالیانه در حالت دیوار شماره ۲ و مبحث ۱۹

استفاده از مصالح دیوار شماره ۱ شده است.

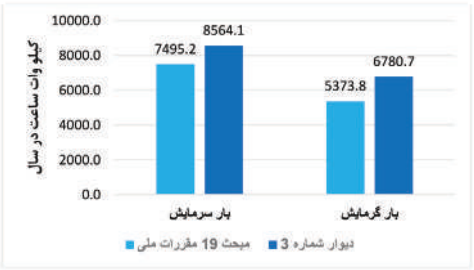
مقایسه استفاده از مصالح دیوار شماره ۲ و مصالح دیوار طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی

میزان بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان مدل‌سازی شده در حالت استفاده از ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی و مصالح دیوار شماره ۲ به‌صورت سالیانه در شکل (۳) نشان داده‌شده است.

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، استفاده از مصالح با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان منجر به افزایش مصرف بار سرمایشی و گرمایشی در سال به ترتیب به میزان ۴/۸ و ۹ درصد و همچنین منجر به افزایش مجموع بارکل سرمایش و گرمایش به میزان ۶/۵ درصد در سال، نسبت به استفاده از مصالح دیوار شماره ۲ شده است.

مقایسه استفاده از مصالح دیوار شماره ۳ و مصالح دیوار طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی

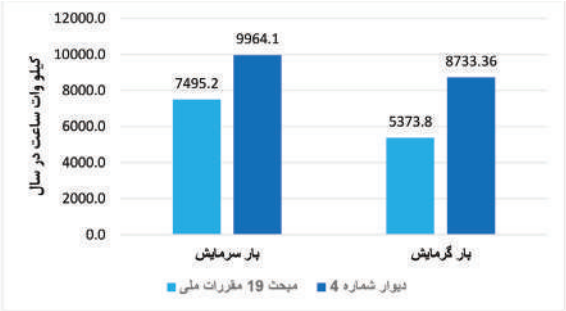
میزان بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان مدل‌سازی شده در حالت استفاده از ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی و مصالح دیوار شماره ۳ به‌صورت سالیانه در شکل (۵) نشان داده‌شده است.



▲ شکل (۵): بار سرمایش و گرمایش سالیانه در حالت دیوار شماره ۳ و مبحث ۱۹

همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، استفاده از مصالح با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان منجر به کاهش مصرف بار سرمایشی و گرمایشی در سال به ترتیب به میزان ۱۲/۵ و ۲۰/۷ درصد و همچنین منجر به کاهش مجموع بارکل سرمایش و گرمایش به میزان ۱۶/۲ درصد در سال، نسبت به استفاده از مصالح دیوار شماره ۳ شده است.

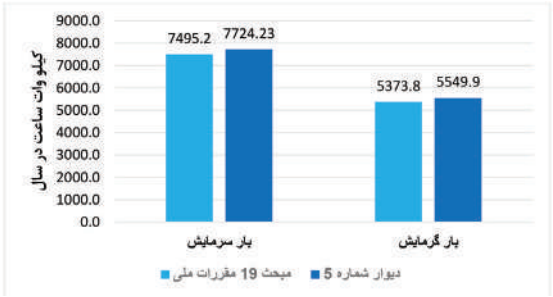
مقایسه استفاده از مصالح دیوار شماره ٤ و مصالح دیوار طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی



▲ شکل (۶): بار سرمایش و گرمایش سالیانه در حالت دیوار شماره ۴ و مبحث ۱۹

میزان بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان مدل‌سازی شده در حالت استفاده از ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی و مصالح دیوار شماره ۴ به‌صورت سالیانه در شکل (۶) نشان داده‌شده است.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، استفاده از مصالح با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان منجر به کاهش مصرف بار سرمایشی و گرمایشی در سال به ترتیب به میزان ۲۴/۸ و ۳۸/۵ درصد و همچنین منجر به کاهش مجموع بارکل سرمایش و گرمایش به میزان ۳۱/۲ درصد در سال، نسبت به استفاده از مصالح دیوار شماره ۴ شده است.

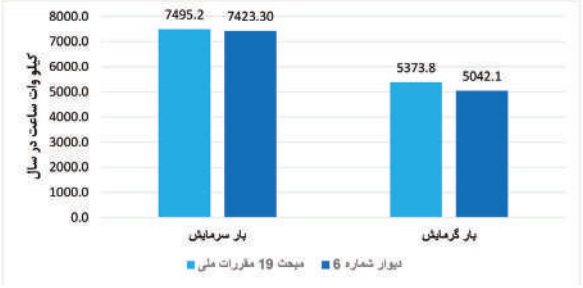


▲ شکل (۶): بار سرمایش و گرمایش سالیانه در حالت دیوار شماره ۵ و مبحث ۱۹

مقایسه استفاده از مصالح دیوار شماره ۵ و مصالح دیوار طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی

میزان بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان مدل‌سازی شده در حالت استفاده از ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی و مصالح دیوار شماره ۵ به‌صورت سالیانه در شکل (۶) نشان داده‌شده است.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، استفاده از مصالح با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان منجر به کاهش مصرف بار سرمایشی و گرمایشی در سال به ترتیب به میزان ۳ و ۳/۲ درصد و همچنین منجر به کاهش مجموع بارکل سرمایش و گرمایش به میزان ۳ درصد در سال، نسبت به استفاده از مصالح دیوار شماره ۵ شده است.



▲ شکل (۷): بار سرمایش و گرمایش سالیانه در حالت دیوار شماره ۶ و مبحث ۱۹

مقایسه استفاده از مصالح دیوار شماره ٦ و مصالح دیوار طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی

میزان بار سرمایشی و گرمایشی ساختمان مدل‌سازی شده در حالت استفاده از ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی و مصالح دیوار شماره ۶ به‌صورت سالیانه در شکل (۷) نشان داده‌شده است.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، استفاده از مصالح با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان منجر به افزایش مصرف بار سرمایشی و گرمایشی در سال به ترتیب به میزان ۱ و ۶/۲ درصد و همچنین منجر به افزایش مجموع بارکل سرمایش و گرمایش به میزان ۳/۱ درصد در سال، نسبت به استفاده از مصالح دیوار شماره ۶ شده است.

نتایج

استفاده از مصالح با ضریب مقاومت حرارتی مناسب با توجه به شرایط اقلیمی برای جداره‌های خارجی جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها، در ابتدا باعث افزایش هزینه اولیه ساختمان خواهد شد؛ ولی درنهایت منجر به بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌طور عمده‌ای خواهد گردید و بازگشت سرمایه اولیه را طی مدت کوتاهی به همراه خواهد داشت. در این تحقیق هر یک از مصالح استفاده‌شده و کاربردی که در ساختمان‌های شهر سمنان مورداستفاده قرار می‌گیرد، بر روی ساختمان مدل‌سازی شده و مورد ارزیابی قرار گرفت و تأثیر هریک از این مصالح بر روی میزان مصرف انرژی سالیانه و ماهیانه ساختمان مدل‌سازی شده نشان داده شد و در آخر بهینه‌ترین حالت ساختمان، ازلحاظ میزان مصرف انرژی ارائه گردید. با توجه به ساختمان مدل‌سازی شده در این مقاله، گزیده‌ای از نتایج به‌دست‌آمده در زیر ارائه‌شده است:

بهینه‌سازی مصرف انرژی سالیانه به میزان ۶/۵ درصد، توسط استفاده از ۱۰ سانتی‌متر سفال، ۷ سانتی‌متر عایق پلی استایرن و ۱۰ سانتی‌متر سفال در دیوارهای خارجی در مقایسه با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

بهینه‌سازی مصرف انرژی سالیانه به میزان ۳/۲ درصد، توسط استفاده از ۱۵ سانتی‌متر سفال و ۷ سانتی‌متر عایق پلی استایرن در دیوارهای خارجی در مقایسه با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

بهینه‌سازی مصرف انرژی سالیانه به میزان ۳/۱ درصد،

توسط استفاده از ۱۵ سانتی‌متر بلوک اتوکلاو شده در دیوارهای خارجی در مقایسه با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

افزایش مصرف انرژی سالیانه به میزان ۱۶/۲ درصد، توسط استفاده از ۱۵ سانتی‌متر سفال در دیوارهای خارجی در مقایسه با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

افزایش مصرف انرژی سالیانه به میزان ۳۱/۲ درصد، توسط استفاده از ۲۰ سانتی‌متر دال بتنی مسلح در دیوارهای خارجی در مقایسه با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

افزایش مصرف انرژی سالیانه به میزان ۳ درصد، توسط استفاده از ۱۵ سانتی‌متر بلوک بتنی لیکا در دیوارهای خارجی در مقایسه با ضرایب انتقال حرارت طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

با توجه به نتایج ارائه‌شده مشخص می‌گردد که استفاده از دیوارهای خارجی فقط با استفاده از سفال ۱۵ که شامل ۹۰ درصد از ساختمان‌های شهر سمنان می‌شود، دارای هدر رفت انرژی زیادی در ساختمان‌ها می‌گردد. درنهایت با توجه به نتایج ارائه‌شده، به ترتیب استفاده از مصالح دیوارهای شماره ۲، ۱ و ۶ در دیوارهای خارجی ساختمان‌های شهر سمنان، پیشنهاد می‌گردد.

مراجع

۱. مبحث نوزدهم مقررات ملّی ساختمان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، دفتر امور مقررات ملّی ساختمان -۱۳۹۹

۲. مبحث پنجم مقررات ملّی ساختمان، مصالح و فراورده‌های ساختمانی، دفتر امور مقررات ملّی ساختمان -۱۳۹۲

3. Department of Architecture and Urban Design University of California) http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu(

4. Software, Design Builder. "Document help." In.: The US Department of Energy.

5. Software, Energyplus. 2011. "Energyplus Engineering Document help." In.: The US Department of Energy.

6. Stephan, André, Robert H. Crawford, and Kristel de Myttenaere. 2011. 'Towards a more holistic

7. approach to reducing the energy demand of dwellings', Procedia Engineering, 21: 1033-41.

برچسب انرژی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری

جمشید نعمتی
دکتری مکانیک

چکیده
برچسب انرژی در ساختمان، ابزار و معیاری است که اطلاعات دقیقی را درباره مصرف انرژی در ساختمان ارائه می‌نماید و روشی مؤثر برای فهم و انتقال سطح بهره‌وری انرژی ساختمان برای مالکان است. در این مقاله ضرورت و اهمیت اعطای برچسب انرژی در ساختمان‌ها و ضرورت استفاده از آن و مزایای ناشی از رده‌بندی انرژی به همراه تاریخچه مختصر آن مورد بررسی قرار گرفته است. روش محاسبه انرژی کل مصرفی در ساختمان، شامل انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی و الکتریکی به تفکیک ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی و مقایسه آن با انرژی مصرفی ساختمان ایده‌آل از منظر مصرف انرژی بر اساس استانداردهای ملی شماره‌های ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ تشریح گردیده است. مراحل ارزیابی ساختمان‌ها و عوامل مؤثر در تعیین رده انرژی مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: برچسب انرژی، ساختمان ایده‌آل، نظام رتبه‌بندی، شاخص مصرف انرژی، استاندارد ملی

مقدمه

منابع انرژی مورداستفاده در ساختمان‌ها در دنیا عمدتاً سوخت‌های فسیلی هستند که علاوه بر محدودیت و رو به اتمام بودن منابع آن‌ها در روی کره زمین، مصرف آن‌ها باعث انتشار گازهای آلاینده و اثرات مخرب زیست‌محیطی است. درصد سهم ساختمان‌های مسکونی و تجاری از کل انرژی مصرفی در بخش‌های مختلف به‌صورت پیوسته در حال افزایش است [۱] و [۲]. برچسب انرژی ساختمان ابزار کلیدی برای کاهش مصرف انرژی و بهبود عملکرد انرژی در ساختمان‌های موجود و در حال ساخت است.

طی سالیان اخیر تقریباً در تمامی کشورهای پیشرفته جهان، استانداردها و برچسب‌های مصرف انرژی برای بسیاری از تجهیزات انرژی‌بر و ساختمان‌های با کاربردهای مختلف تدوین و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. باوجوداینکه در دنیا رتبه‌بندی مصرف انرژی برای تجهیزات مختلف از سابقه زیادی برخوردار است ولی تهیه آن برای ساختمان در اکثر کشورها جزو مباحث بسیار جدید محسوب می‌شود [۲] و [۳]. هرچند طی این مدت کوتاه، فعالیت‌های زیادی روی رتبه‌بندی انرژی ساختمان صورت گرفته است لیکن اجباری نمودن آن در بسیاری از کشورهای دنیا به‌تازگی روال قانونی خود را پشت سر گذاشته است. اجباری سازی ارائه برچسب انرژی در ساختمان در جهان از کشور دانمارک و در سال ۲۰۰۲ در اروپا و با افزایش آگاهی مردم نسبت به تغییرات اقلیمی شکل گرفته است [۱] و [۳].

بر اساس بررسی صورت گرفته توسط آژانس اطلاعات انرژی امریکا (EIA) در سال ۲۰۱۸ حدود یک‌سوم کشورهای جهان دارای گواهی انرژی برای ساختمان هستند. این بررسی نشان از یک حرکت اصلاحی در سطح جهانی در دو حوزه تدوین کدها و اجباری نمودن آن‌ها در جهان دارد این مطالعات پیش‌بینی می‌کند که کدهای مربوطه به ساختمان‌های کم‌مصرف و ساختمان‌های سبز پیشرفت چشمگیری داشته باشد. بر اساس قوانین اروپا، از سال ۲۰۱۸ به بعد تمامی ساختمان‌های دولتی عمومی باید ساختمان سبز باشند و از سال ۲۰۲۰ نیز تمام ساختمان‌های کشورهای عضو اتحادیه اروپا می‌بایست شرایط لازم برای اجرای ساختمان‌های سبز را تأمین کنند [۲].

روش رتبه‌بندی و برچسب انرژی در ساختمان‌ها

برچسب انرژی ساختمان ابزار کلیدی برای کاهش مصرف انرژی و بهبود عملکرد انرژی در ساختمان‌های موجود و در حال ساخت است. برچسب انرژی ساختمان روشی برای رده‌بندی بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها اعم از مسکونی، تجاری و یا عمومی، با توجه به مقدار انرژی لازم برای تأمین شرایط آسایش و کارایی کاربران است. میزان بهره‌وری، بستگی به پارامترهایی ازجمله اقلیم، معماری، تکنولوژی ساخت، مصالح، سیستم‌های سرمایش، گرمایش، تهویه مطبوع، آب گرم و تجهیزات موردنیاز کاربران دارد.

۱. برچسب انرژی در کشورهای مختلف

طرح‌های رتبه‌بندی و برچسب معیار مصرف انرژی در ساختمان با آنکه دارای اهداف مشترکی از قبیل کاهش آلاینده‌های جوی، کاهش میزان مصرف انرژی و افزایش رفاه کاربران ساختمان‌ها هستند اما به دلیل آن که شرایط مختلف در هر کشوری برای طراحی و پیاده‌سازی وجود دارد، می‌توانند متفاوت باشد. به‌علاوه سیاست‌های کلی هر کشور در مواجهه با موضوع بهینه‌سازی انرژی و محیطزیست، میزان اطلاعات از وضعیت صنعت ساختمان، توانایی صنعت، استانداردهای موجود برای مصالح ساختمانی و توانایی تولیدکنندگان به همراه آگاهی و آموزش در هر کشوری بر نحوه انتخاب روش رتبه‌بندی و شیوه‌های تدوین رده و برچسب تأثیرگذار می‌باشد.

بررسی رویه تدوین برچسب انرژی در کشورهای مختلف جهان نشان می‌دهد که مناسب‌ترین و مرسوم‌ترین متدولوژی جهت بررسی شاخص‌های مصرف انرژی استفاده از جامعه نمونه آماری است و با کمک این اطلاعات و بهره‌گیری از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز مصرف انرژی به‌عنوان ابزاری دقیق و مؤثر (که قالب ملی نیز داشته باشد) می‌تواند ساختار علمی و اجرایی بهتری داشته باشد. از طرفی این رتبه‌بندی با توجه به نیاز کشور باید شامل ساختمان‌های نو- بازنو و موجود باشد.

در روش تدوین، همچنین نوع انرژی موردمطالعه (اولیه، نهایی) نیز باید تفکیک شود. این تفکیک بر اساس انرژی اولیه، انرژی نهایی و نیاز انرژی مطرح می‌شود. لازم به ذکر است که مصرف انرژی واقعی معمولاً از طریق انرژی نهایی در ساختمان‌ها و از طریق قبوض تعیین تکلیف می‌شود.

۲. نظام رتبه دهی و برچسب انرژی در ایران

بر اساس ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف، وزارت راه و شهرسازی در ویرایش چهارم مبحث ۱۹ مقررات ملی با مطالعه و بررسی نظام رتبه‌بندی و برچسب انرژی چند کشور ازجمله امریکا، انگلستان، اتحادیه اروپا، استرالیا، هند و... نظام رتبه‌بندی را با سه حد کیفیت رده انرژی:

۱) ساختمان منطبق بر مبحث ۱۹ یا سازگار با الزامات حداقلی بهینه‌سازی مصرف انرژی (EC)

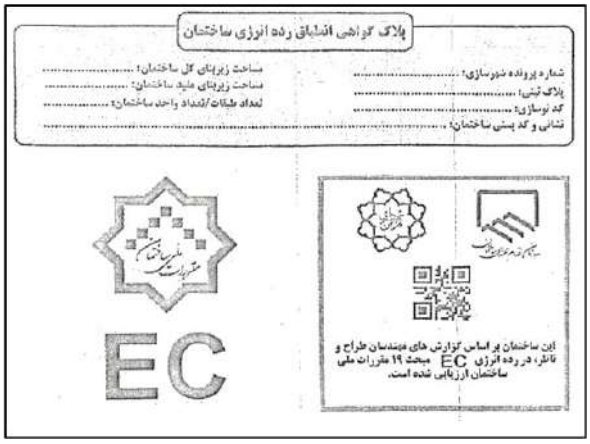
۲) ساختمان کم انرژی (EC+)

۳) ساختمان بسیار کم انرژی (EC++)

تدوین نموده و الزامات دستیابی به هر یک از رده‌های انرژی فوق‌الذکر را در بخش‌های مختلف ساختمان شامل پوسته، تجهیزات و تأسیسات مکانیکی و الکتریکی و روشنایی را مشخص کرده است. رعایت الزامات بهینه‌سازی مصرف انرژی برای دریافت رده EC در همه ساختمان‌ها الزامی است و رده‌های بالاتر در حال حاضر اجباری نیست. لازم به ذکر است که دستیابی به رده‌های انرژی EC+ و EC++ اختیاری است، به‌استثنای مواردی که در دستورالعمل‌ها و بخشنامه‌های صادرشده توسط وزارت راه و شهرسازی در این زمینه، بسته به محل قرارگیری ساختمان (استان، شهر و...) و مشخصات آن (تعداد طبقات، متراژ، کاربری و ...)، تعیین می‌گردد [۵]. درصورتی‌که علاوه بر پاسخگویی به انتظارات تعیین‌شده در سه رده کیفیت انرژی ذکرشده، الزامات مربوطه که در روش کارایی انرژی بیان شده است رعایت و اجرا گردد، جهت‌گیری به سمت ساختمان سبز یا ساختمان با مصرف انرژی نزدیک به صفر (ECnZ) نیز امکان‌پذیر است.

تعیین رده کیفیت انرژی برای ساختمان‌های در حال طراحی و

ساخت بر اساس الزامات مبحث ۱۹ و برای ساختمان‌های موجود بر اساس الزامات استانداردهای ملی ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ است. با توجه به تداخل روش‌های محاسباتی در استانداردهای برچسب معیار مصرف در ساختمان با روش‌های طراحی تعیین‌شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان مقرر شد تا تفکیک لازم این زمینه صورت گیرد؛ به‌نحوی‌که طراحی اجرا و کنترل ساخت ساختمان‌های نو و بهسازی ساختمان‌های موجود بر مبنای ضوابط مبحث ۱۹ مقررات ملی انجام و رده‌بندی انرژی صورت گیرد و تعیین وضعیت مصرف انرژی در دوره بهره‌برداری از ساختمان و اعطای برچسب الگوی مصرف انرژی بر مبنای قبوض مصارف سال‌های اخیر و با استفاده از استانداردهای ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ انجام شود. با توجه به اینکه متولی ساختمان های موجود در حال بهره برداری در کشور شرکت بهینه سازی مصرف سوخت و سازمان انرژی های تجدید پذیر و بهره‌بری انرژی برق (ساتبا) هستند لذا با هماهنگی و نظارت سازمان ملی استاندارد هر دو استاندارد فوق در حال بازبینی و ویرایش می‌باشند.



شکل شماره ۱: نمونه پلاک گواهی انطباق انرژی ساختمان بر اساس الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

برای تعیین رده انرژی ساختمان‌های موجود بر اساس استانداردهای ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ ابتدا بایستی اقلیم مربوط به محل قرارگیری ساختمان مشخص شود. بر اساس استاندارد ملی کشور ایران با توجه به میانگین شرایط دمایی و رطوبت نسبی به ۸ اقلیم تقسیم‌بندی شده است. این تقسیم‌بندی در جدول شماره ۱ آمده است. شاخص مصرف انرژی اولیه ساختمان با استفاده از قبوض مربوطه در سه سال گذشته و رابطه شماره ۱ محاسبه گردیده و انرژی مصرفی واقعی ساختمان به این ترتیب به دست می‌آید.

$$E_{actual} = \frac{(\sum Q_{Fi} \times HV_i \times 0.278) + Q_E \times F_C}{A_F}$$

میزان مصرف انرژی سالیانه ساختمان موجود برحسب واحد زیربنای مفید (kWh/m²/year):	E_{actual}
مجموع مصرف حامل انرژی i‌ام:	Q_{Fi}
ارزش حرارتی حامل انرژی i‌ام	HV_i
مجموع میزان مصرف برق:	Q_E
ضریب تبدیل برق به انرژی اولیه	F_C
مساحت زیربنای مفید برحسب (m^2):	A_F

رابطه شماره ۱: محاسبه انرژی واقعی مصرفی ساختمان

شاخص مصرف انرژی ایده آل ساختمان در اقلیم‌های مختلف بر حسب year kwh/m2 در جداول ۲ و ۳ به ترتیب برای ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی در اقلیم‌های مختلف داده شده است. نسبت انرژی ساختمان (R) با تقسیم نمودن انرژی واقعی به انرژی ایده‌آل محاسبه‌شده و با استفاده جداول ۴ و ۵ رده مصرف انرژی ساختمان تعیین می‌شود.

اقلیم	ساختمان	
	مسکونی کوچک	مسکونی بزرگ
۲ ،۱	۱۱۱	۱۰۲
۴ ،۳	۱۵۶	۱۰۶
۵	۸۳	۸۷
۶	۸۶	۷۵
۷	۱۵۰	۱۳۸
۸	۱۳۰	۱۱۸

جدول شماره ۲: شاخص مصرف انرژی ایده آل ساختمان مسکونی

اقلیم	شاخص	
	ساختمان دولتی	ساختمان خصوصی
۲ ،۱	۸۰	۱۲۰
۴ ،۳	۶۴	۱۵۴
۵	۷۴	۱۲۴
۶	۶۴	۱۱۷
۷	۸۶	۱۲۱
۸	۹۱	۱۹۷

جدول شماره ۳: شاخص مصرف انرژی ایده آل ساختمان غیرمسکونی

جدول شماره ۱: گونه‌بندی اقلیمی کشور ایران

ردیف	نوع اقلیم	میانگین حداکثر دما در تابستان ℃	میانگین رطوبت نسبی در تابستان ٪	میانگین حداقل دما در زمستان ℃	میانگین رطوبت نسبی در زمستان ٪	نمونه شهر
۱	بسیار سرد	۳۰ -۲۵	۵۵ -۴۵	-۱۰ تا -۵	۷۵ -۶۵	سراب
۲	سرد	۴۰ -۳۵	۴۰ -۲۵	-۱۰ تا -۵	۷۵ -۶۵	تبریز
۳	معتدل و بارانی	۳۰ -۲۵	بیشتر از ۶۰	۰ -۵	بیشتر از ۶۰	رشت
۴	نیمه معتدل و بارانی	۳۵ -۳۰	بیشتر از ۵۰	۰ -۵	بیشتر از ۶۰	مهران
۵	نیمه خشک	۴۰ -۳۵	۴۵ -۲۰	۰ -۵	۶۰ -۴۰	تهران
۶	گرم و خشک	۴۵ -۳۵	۲۰ -۱۵	۰ -۵	۵۰ -۳۵	زاهدان
۷	بسیار گرم و خشک	۵۰ -۴۵	۳۰ -۲۰	۱۰ -۵	۷۰ -۶۰	اهواز
۸	بسیارگرم و مرطوب	۴۰-۳۵	بیشتر از ۶۰	۲۰ -۱۰	بیشتر از ۶۰	بندر عباس

رده مصرف انرژی	ساختمان اداری خصوصی	ساختمان اداری دولتی
A	R < 1	R < 1
B	1.0 ≤ R < 2.2	1.0 ≤ R < 2.0
C	2.2 ≤ R < 3.2	2.0 ≤ R < 3.0
D	3.2 ≤ R < 4.6	3.0 ≤ R < 4.0
E	4.6 ≤ R < 5.2	4.0 ≤ R < 5.0
F	5.2 ≤ R < 5.5	5.0 ≤ R < 6.0
G برچسب تعلق نمی گیرد	5.5 ≤ R	6.0 ≤ R < 7.0 7.0 ≤ R

▲ جدول شماره ۴: تعیین رده مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی

رده مصرف انرژی	کاربری	
	مسکونی کوچک	مسکونی بزرگ
A	R < 1	R < 1
B	1.0 ≤ R < 1.9	1.0 ≤ R < 2.0
C	1.9 ≤ R < 2.7	2.0 ≤ R < 2.9
D	2.7 ≤ R < 3.4	2.9 ≤ R < 3.7
E	3.4 ≤ R < 4.0	3.7 ≤ R < 4.4
F	4.0 ≤ R < 4.5	4.4 ≤ R < 5.0
G	4.5 ≤ R < 5.0	5.0 ≤ R < 5.4
برچسب تعلق نمی گیرد	5.0 ≤ R	5.4 ≤ R

▲ جدول شماره ۵: تعیین رده مصرف انرژی ساختمان‌های غیرمسکونی

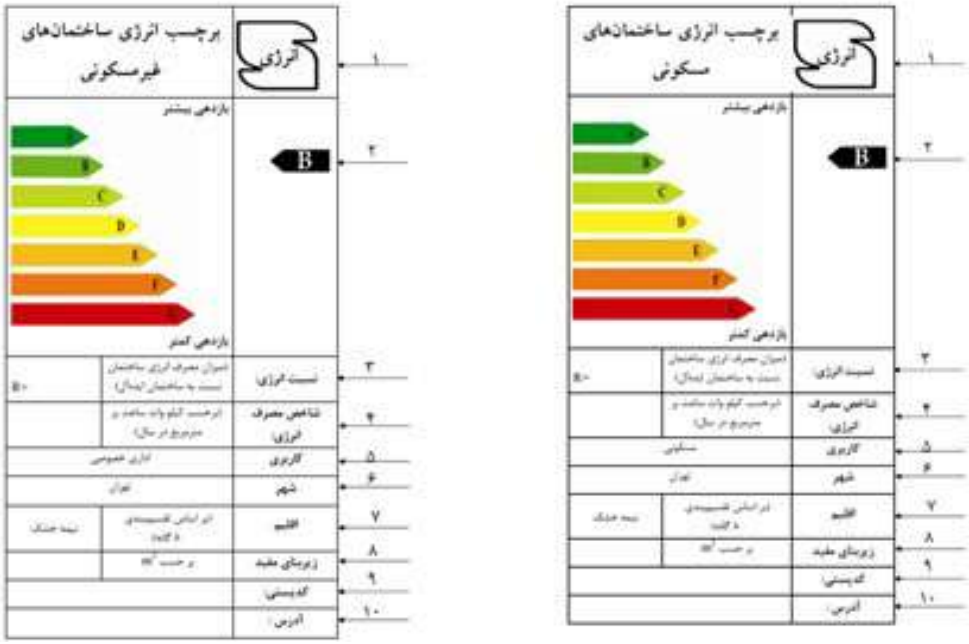
نمونه برچسب انرژی برای ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی در شکل ۲ آمده است.

نتیجه‌گیری

مدیریت مصرف انرژی و بهینه‌سازی آن در ساختمان‌ها که سهم عمده مصرف انرژی را در کشور دارند، امری ضروری با قید فوریت است. به‌کارگیری راهکارهای مختلف بهینه‌سازی، مصرف انرژی را در بخش‌های مختلف ساختمان شامل پوسته، تأسیسات و تجهیزات مکانیکی و الکتریکی و سیستم روشنایی می‌تواند به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد. با توجه به ناترازی محسوس و آزاردهنده انرژی در کشور، به‌کارگیری روش‌های مختلف بهینه‌سازی و ارزیابی نتایج حاصل از آن الزامی است. تعیین رده انرژی ساختمان و اعطای برچسب انرژی موجب ارتقاء کیفیت ساخت‌وساز و فرهنگ عمومی در استفاده از منابع انرژی شده و بستر لازم برای تولید مصالح و تجهیزات مناسب و در نتیجه ساخت و تولید ساختمان‌های انرژی کارا را فراهم خواهد نمود و باعث ایجاد انگیزه در تغییر رفتار کاربران و پیشبرد اهداف مرتبط با مدیریت منابع انرژی و حفظ محیطزیست خواهد شد.

مراجع

1. - WWW.Iranenergyinformation.ir
2. - U.S Energy Information Agency (EIA).
3. - International Energy Agency (IEA).
4. - Richard Faesy, Leslie Badger, Emily Levin and Ian Finlayson, 2014, Residential Building Energy Scoring and Labeling: An Update from Leading States, 2014 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Massachusetts Department of Energy Resources, U.S.A
۵. دفتر تدوین مقررات ملّی ساختمان، ۱۳۹۹، مقررات ملّی ساختمان ایران مبحث نوزدهم صرفه‌جویی در مصرف انرژی،



▲ شکل ۲: نمونه برچسب انرژی در ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی

ایمان سریری
کارشناسی ارشد مهندسی برق-کنترل ، دکترا DPM

بیایید امروز دنیا را از زاویه‌ای دیگر ببینیم. می‌خواهم جملاتی قصار را برای خواننده به یادگار بگذارم:

۱. دنیای ما، دنیای ترس است.
۲. دنیای ما، دنیای فیدبک است.
۳. دنیای ما، دنیای نیاز است.
۴. دنیای ما، دنیای سنسور (حسگر) است.
۵. دنیای ما، دنیای هزینه- فایده است.
۶. دنیای ما، دنیای گدایی انرژی است.
۷. دنیای ما، دنیای جنگ سنت و مدرنیته است.

همه این جملات قصار در ساختمان هوشمند معنا پیدا می‌کند.

ترس عقب افتادن از تکنولوژی‌های روز، ترس از دست دادن رفاه، انرژی، تجملات و عقب ماندن از سایر سازندگان روز دنیا، سرمایه‌گذاران را به سمت هوشمندسازی سوق داده است؛ اما باید توجه داشت سودجویی مجریان نابخرد باعث سَرخوردگی سازندگان پیشرو و اعتمادکننده شده است. منظور کدام مجریان است؟ در زیر به اشتباهات آن‌ها اشاره می‌کنم:

۱. مجریانی که دانش کافی ندارند و سیستمی پر از اشتباه و خطا در ساختمان هوشمند نصب می‌کنند.
۲. مجریانی که از تجهیزات ارزان و بی‌کیفیت استفاده می‌کنند.
۳. مجریانی که خدمات پس از فروش و اجرا ندارند و سازنده و بهره‌بردار را به حال خویش رها می‌کنند.
۴. مجریانی که زمانی برای آموزش بهره‌بردار اختصاص نمی‌دهند و بهره‌بردار را در دنیایی پر از ابهام مات و مبهوت می‌گذارند.
۵. مجریانی که تست سیستم اجراشده را با دقت انجام نمی‌دهند و نمی‌دانند ایراد کارشان چیست و آن ایراد را بارها در پروژه‌های مختلف تکرار می‌کنند چون از عملکرد خود فیدبک نگرفته‌اند.

با پیشرفت بشر، نیاز به رفاه، آرامش، آسایش و استفاده بهینه از انرژی جزء خواسته‌های مشتریان مسکن شده است. این موارد در هرم سلسله نیازهای آبراهام مازلو نیز قابل رصد است.

در سطح پایین هرم مازلو نیازهای فیزیولوژیک است؛ مانند خواب راحت در اتاقی با پرده‌های برقی که سکوت و تاریکی را در نور شدید روز به ارمغان می‌آورد و مانند تهویه مطبوع متناسب با نیاز بدن.

در سطح دوم نیازهای ایمنی و امنیت با نصب تجهیزات زیر قابل دست یافتن است:

۱. قفل هوشمند دارای رمز با تشخیص چهره یا اثرانگشت، صدا و چشم.

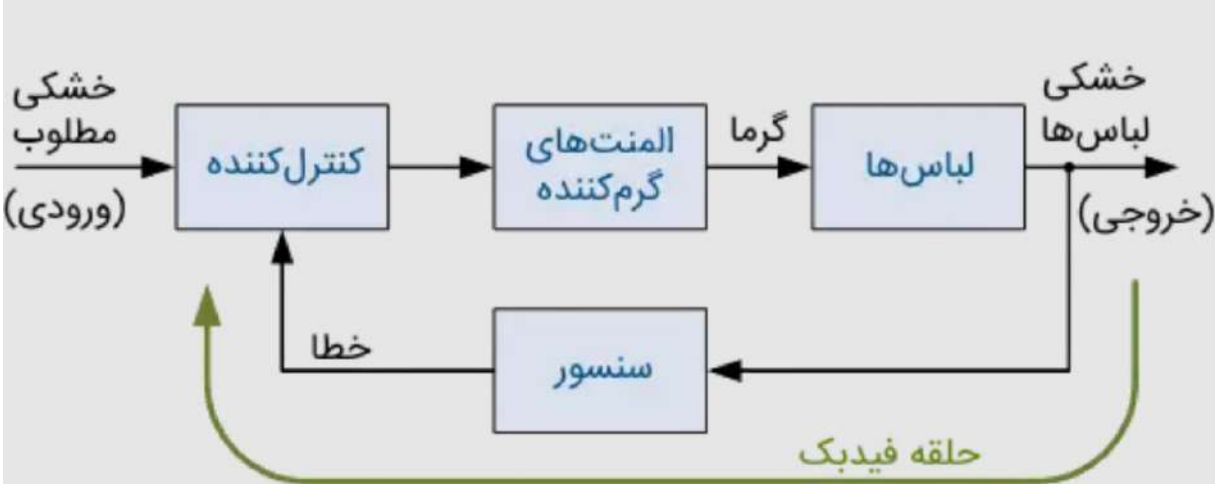
۲. دوربین مداربسته آنلاین روی تلفن همراه یا کامپیوتر شخصی یا کامپیوتر تیم حراست ساختمان
۳. دوربین پلاک خوان برای تردد خودرو
۴. هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای بررسی رفتار مشکوک و غیرعادی افرادی که سوءقصد نسبت به ساختمان، ساکنان و ترددکنندگان دارند.
۵. قفل مرکزی برای کلیه ورودی‌ها و فیدبک از باز یا بسته بودن آن‌ها

در سطح سوم و چهارم هرم مازلو نیازهای اجتماعی مانند عشق، تعلق، وابستگی و همچنین نیاز به احترام، ارزش، عزت‌نفس و اعتماد است که در نگرش بهره‌بردار به شکل‌های زیر می‌تواند نمود پیدا کند:

۱. عشق و تعلق به خود با ارزش قائل شدن برای رفاه و آسایش خود
۲. عشق و تعلق به خانواده با رفع نیازهای دو سطح قبلی
۳. عشق و تعلق به زیرمجموعه خود مانند کارکنان شرکت، هتل، فروشگاه با رفع نیازهای دو سطح قبلی
۴. عشق و تعلق به وطن با ارزش قائل شدن برای انرژی صرف شده در کشور خود.

در سطح پنجم هرم مازلو نیازهای خودشکوفایی، رشد خلاقیت و توانایی حل مسئله است که با رفع نیازهای قبلی، این شرایط مهیا می‌شود. یادآوری شود که حدود نیمی از برندگان جایزه نوبل جز ۵ درصد ثروتمند جامعه خود بوده‌اند.

گفتیم دنیای ما دنیای سنسور و فیدبک است. با یک



مثال این موضوع را نشان می‌دهیم. در لباسشویی اتوماتیک، با سنسور از رطوبت لباس‌ها فیدبک یا بازخورد گرفته می‌شود و تا وقتی رطوبت‌سنج، رطوبت را نشان می‌دهد، کنترل‌کننده المنت گرم‌کننده فرمان روشن باقی ماندن را می‌دهد و با خشک شدن لباس‌ها، فرمان خاموش به المنت حرارتی و پیام لباس‌ها خشک‌شده است را صادر می‌کند.

همین سنسورها در فضاهای مختلف خانه یا ساختمان می‌توانند شرایط افزایش یا کاهش دما، رطوبت، دود، دبی سیال، اکسیژن، نور، صدا، حضور و غیره را تشخیص دهند و به کنترل‌کننده آگاهی دهند تا بر اساس سناریو و برنامه از قبل تنظیم‌شده، تجهیزات و تأسیسات را به‌صورت مطلوب کنترل کند.

باید بدانیم خانه هوشمند با ساختمان هوشمند متفاوت است. در خانه هوشمند، کنترل‌ها وارد فضای خصوصی افراد می‌شوند و مواردی مانند نور اتاق‌ها، دمای اتاق‌ها، تهویه اتاق‌ها، صوت اتاق‌ها و غیره کنترل می‌شود. ممکن است در یک ساختمان ۷ طبقه یک واحد طبق خواسته مالک آن، هوشمند شود و واحدی دیگر هوشمند نباشد و به‌صورت سنتی مدارهای آن کنترل شود.

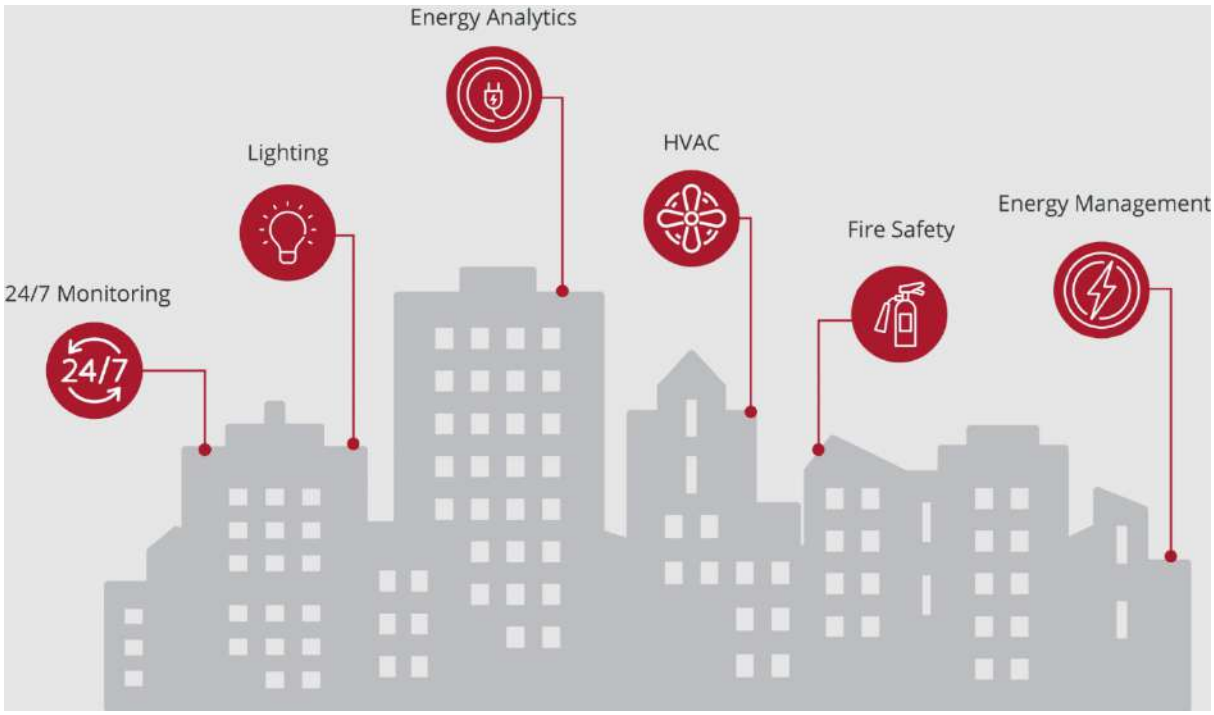
در ساختمان هوشمند، کنترل روی فضای عمومی و مشاع ساختمان است؛ مانند نور نما و محوطه‌ها، آبیاری فضای سبز مشاع، موتورخانه مرکزی، آسانسورها، پله‌های برقی، صوت فضای مشاع و غیره

تفاوت عمده هوشمندسازی ساختمان با سیم‌کشی سنتی در تفکیک مدار کنترل و مدار مصرف‌کننده (بار یا تجهیزات) است. در سیم‌کشی سنتی، سیم‌ها از تابلو برق به سمت کلیدها و سپس بلافاصله به سمت مصرف‌کننده مانند چراغ روشنایی می‌رود؛ ولی در سیم‌کشی هوشمند کابل دیتا از رله ماژول (کلیدهای کنترل بار) به سمت سنسورها و کلیدهای دیجیتال می‌رود و بارها یا مصرف‌کننده‌ها مستقیم به رله ماژول متصل می‌شوند. به شکل زیر توجه کنید:

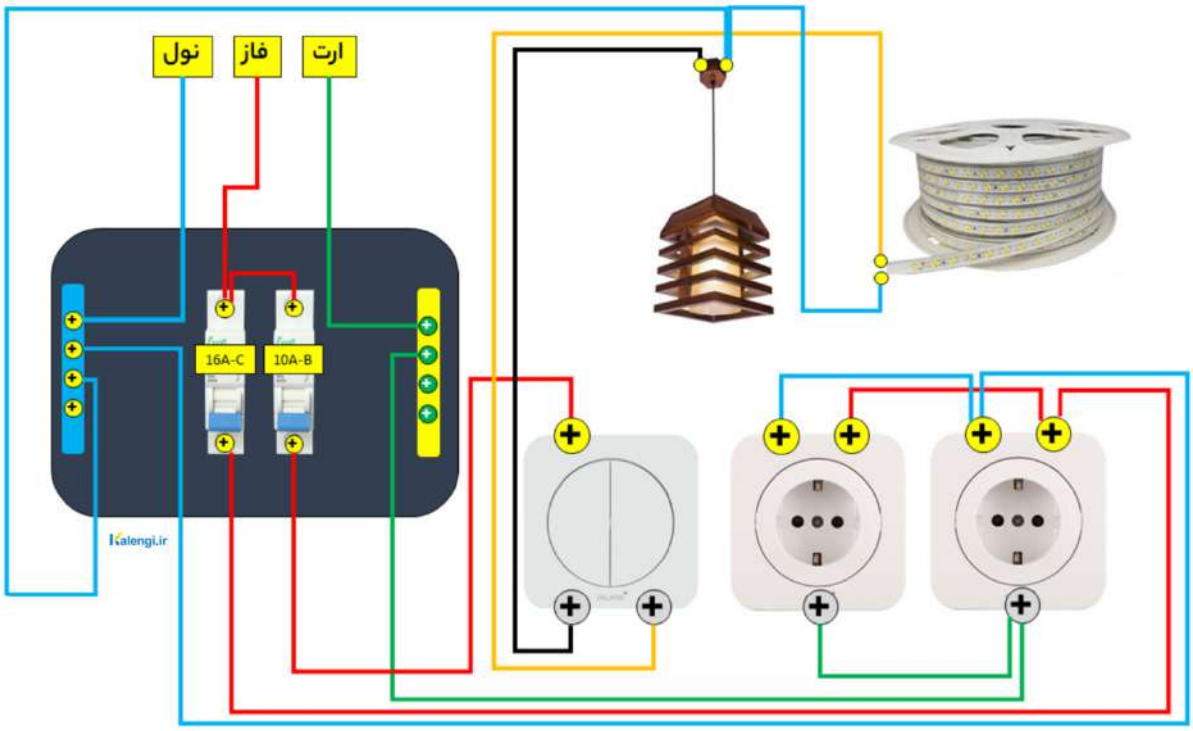
با جدا شدن مدار فرمان از قدرت (بار، تجهیزات یا مصرف‌کننده) حجم سیم‌کشی به سمت کلیدها کاهش پیدا می‌کند و کنترل انعطاف‌پذیر می‌شود. مثلاً می‌توان شیر برقی اجاق‌گاز آشپزخانه یا شیر برقی شوفاژ، رادیاتور یا پکیج حرارت ساز را از هر اتاق‌خواب، اتاق پذیرایی، راهروی ورودی و حتی به‌صورت آنلاین روی تلفن همراه از کشوری دیگر کنترل کرد و رفاه، امنیت و صرفه‌جویی در مصرف انرژی را به همراه آورد.

در پایان، به دنیای شیرین هوشمندسازی خوش آمدید.

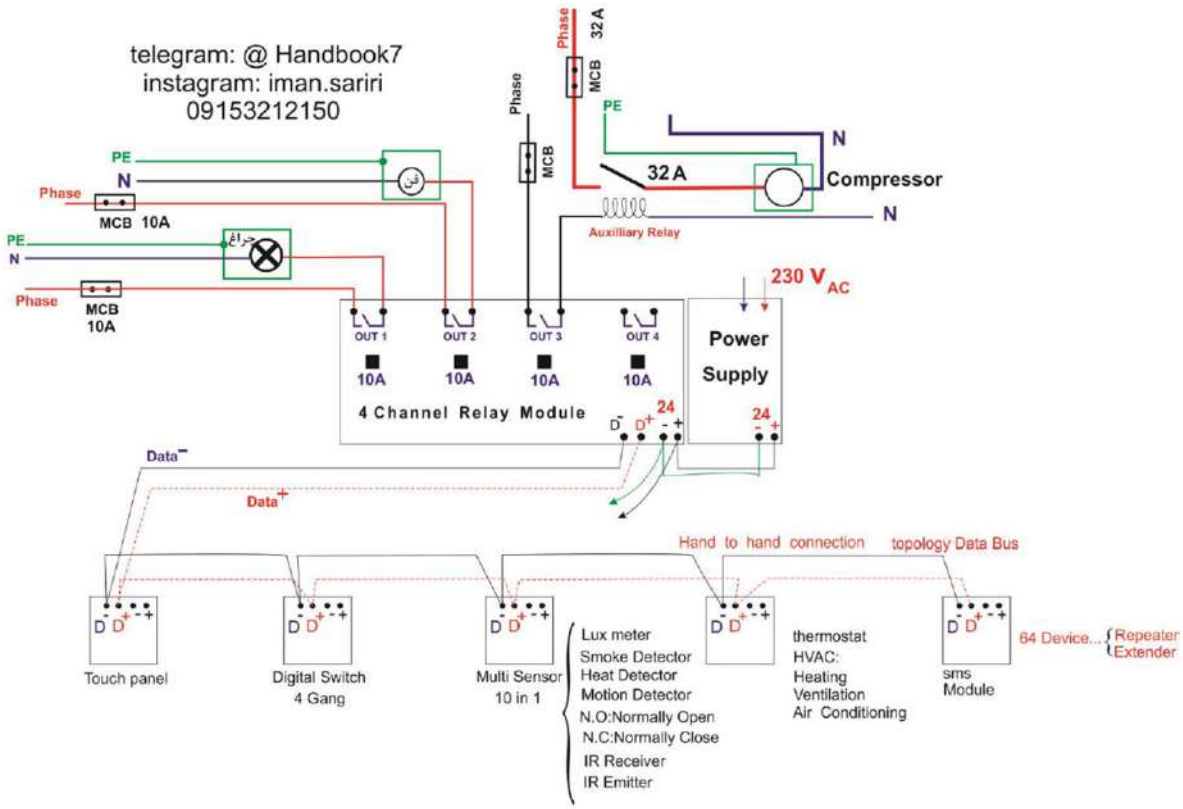
▲ شکل نمونه‌ای از کنترل‌ها در خانه هوشمند



▲ شکل نمونه‌ای از کنترل‌ها در ساختمان هوشمند



▲ شکل دیاگرام سیم‌کشی سنتی و متعارف



▲ شکل دیاگرام سیم‌کشی در هوشمندسازی

هوش مصنوعی ابزار نوین تحقق اهداف توسعه پایدار در صنعت ساختمان: شناسایی ظرفیت‌ها، چالش‌ها و ترسیم نقشه راه

محمدکریم سهرابی
دکتری کامپیوتر- نرم افزار

با ظهور هوش مصنوعی تحولی اساسی در فرآیندهای ساخت‌وساز ایجاد شده است و هوش مصنوعی می‌تواند در دسته بزرگی از فعالیت‌ها و عملیات صنعت ساختمان در هر چهار گام اصلی طراحی، برنامه‌ریزی، ساخت و تعمیر و نگهداری پیشرفت‌های چشمگیر و شگفت‌انگیز ایجاد کند. بهینه‌سازی‌های گوناگون در چرخه زیست صنعت ساخت‌وساز، شناسایی مسائل بالقوه و ایجاد امکان اتخاذ تصمیم‌های بلادرنگ مؤثر، بهبود نتایج کلی پروژه با تکیه بر تجزیه‌وتحلیل‌های پیش‌بینی کننده، اتوماسیون و بینش‌های مبتنی بر داده، اطلاعات و دانش مسیرهای اصلی تأثیر هوش مصنوعی بر تحول صنعت ساختمان هستند. به‌منظور شناسایی دقیق محیط اثر و فضای کاربرد تکنیک‌ها و ابزارهای هوش مصنوعی در صنعت ساختمان و بیشینه‌سازی ضریب اثربخشی آن در این حوزه، تفکیک مناسب وظایف و عملیات، تعیین دامنه عملیاتی دقیق و دسته‌بندی موضوعی آن‌ها اجتناب‌ناپذیر و در راستای کارآمدسازی این رویکردها و ابزارها غالباً بسیار مؤثر است.

با عنایت به تأثیرگذاری فراوان صنعت ساختمان بر ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و سهم مهم آن در تحقق اهداف توسعه پایدار، تغییرات استراتژیک در رویکردهای این صنعت بر اساس اهداف توسعه پایدار و گسترش مفاهیم سنتی پایه در فرآیندهای ساخت‌وساز بر اساس مفاهیم توسعه پایدار امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. مزایای شیوه‌های ساخت‌وساز پایدار و پیشرفت‌های تکنولوژیکی در چارچوب‌های سنتی صنعت ساخت‌وساز و پذیرش ضرورت کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش پایداری بلندمدت در تمام جنبه‌های فعالیت‌های ساختمانی، منجر به افزایش روزافزون اهمیت تحقق اهداف توسعه پایدار در فعالیت‌های مرتبط با صنعت ساختمان شده است. یکی از مسیرهای استفاده حداکثری از هوش مصنوعی در صنعت ساختمان با تفکیک دامنه و حوزه‌های فعالیت، به‌کارگیری هوش مصنوعی به‌عنوان ابزار نوین تحقق اهداف توسعه پایدار در این صنعت است.

بررسی نقاط ممکن برای تلاقی نوآوری‌های فناورانه مبتنی بر هوش مصنوعی با روش‌های ساخت‌وساز پایدار مسئله مهمی در صنعت ساختمان است که می‌تواند نقش کلیدی هوش مصنوعی در دستیابی به اهداف توسعه پایدار در صنعت ساختمان را نشان دهد. در این میان بررسی اهداف خاصی که از میان اهداف هفده‌گانه توسعه پایدار با صنعت ساختمان مرتبط‌تر هستند، منجر به شناسایی دقیق‌تر فرصت‌ها و چالش‌های مرتبط با به‌کارگیری هوش مصنوعی در فرآیندهای ساخت‌وساز پایدار خواهد شد. اهداف مرتبط با آب و فاضلاب، انرژی، شهرها و جوامع پایدار، صنعت، نوآوری و زیرساخت و اقدام برای مقابله با تغییرات اقلیمی ازجمله مهم‌ترین این اهداف هستند.

استفاده از هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند که می‌توانند مصرف انرژی را کاهش دهند و به کاهش کربن کمک کنند، زمینه‌ها و حوزه‌های به‌کارگیری هوش مصنوعی در بهبود کارایی انرژی را در صنعت ساختمان نشان می‌دهند. طراحی پایدار نیز با به‌کارگیری ابزارها و تکنیک‌های هوش مصنوعی قابل تحقق است. الگوریتم‌های طراحی که می‌توانند به طراحی ساختمان‌های سبز و پایدار کمک کنند و شبیه‌سازی‌های هوشمند برای ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی پروژه‌ها، ابزارهای دستیابی به طراحی پایدار هستند. برنامه‌ریزی شهری هوشمند، کمک به کاهش ضایعات با مرتب‌سازی خودکار، ساده‌سازی فرآیندها و حفظ منابع و مدیریت کارآمد منابع شهری مسیر ایفای نقش هوش مصنوعی در نیل به هدف شهرهای پایدار است. این مسئله با استفاده از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی نیازهای مواد و کاهش ضایعات ساختمانی و تحلیل داده‌ها برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین و استفاده بهینه از منابع تحقق می‌یابد. علاوه بر این‌ها رباتیک و اتوماسیون در ساخت‌وساز می‌توانند به کاهش زمان و هزینه‌ها کمک کند و استفاده از فناوری‌های نوین مانند چاپ سه‌بعدی برای ایجاد ساختمان‌های پایدار به ساخت‌وساز هوشمند و پایدار می‌انجامد. مدل‌سازی اطلاعات ساختمان با هوش مصنوعی می‌تواند به شناسایی مشکلات طراحی قبل از شروع ساخت کمک کند. به‌علاوه طراحی مولد می‌تواند با دریافت نیازمندی‌ها و محدودیت‌ها، گزینه‌های طراحی متعددی را به‌طور خودکار تولید کند. این امر می‌تواند منجر به طراحی‌های نوآورانه و بهینه شود.

منابع

1. M. Regona, T. Yigitcanlar, C. Hon, M. Teo Artificial intelligence and sustainable development goals: Systematic literature review of the construction industry, Sustainable cities and society, 108 (2024), 105499

2. Y. Pan, L. Zhang Integrating BIM and AI for smart construction management: Current status and future directions, Archives of Computational Methods in Engineering, 30 (2) (2023), 1081-1110

3. T. G. Mai, M. Nguyen, A. Ghobakhlou, W. Q. Yan, B. Chhun, H. Nguyen, Decoding a decade: The evolution of artificial intelligence in security, communication, and maintenance within the construction industry, Automation in Construction, 165 (2024) 105522

کاربرد هوش مصنوعی در ایمن‌سازی کارگاه‌های ساختمانی

روح اله ملک جعفریان
مهندسی مکانیک

مقدمه

کارگاه‌های ساختمانی یکی از محیط‌های کاری با بالاترین نرخ حوادث شغلی هستند. شناسایی و مدیریت خطرات در این محیط‌ها همواره چالشی بزرگ بوده است. هوش مصنوعی (AI) به‌عنوان یکی از فناوری‌های پیشرفته، فرصت‌های نوینی برای افزایش ایمنی در این محیط‌ها فراهم کرده است. در این متن به تحقیقات انجام‌شده و پیشرفت‌های حاصل در این زمینه و همچنین اقدامات عملی برای بهره‌گیری از AI در ایمن‌سازی کارگاه‌های ساختمانی پرداخته می‌شود.

تحقیقات انجام‌شده

تشخیص خودکار خطرات تحقیقات نشان داده است که استفاده از پردازش تصویر و یادگیری عمیق (Deep Learning) می‌تواند به شناسایی خطرات در زمان واقعی کمک کند. دوربین‌های نظارتی مجهز به الگوریتم‌های AI قادرند شرایط خطرناک مانند عدم استفاده از تجهیزات ایمنی یا وجود اشیاء افتاده را شناسایی کنند. پیش‌بینی وقوع حوادث مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر یادگیری ماشین با تحلیل داده‌های تاریخی و بررسی الگوها می‌توانند احتمال وقوع حوادث را ارزیابی کنند. به‌عنوان‌مثال، تجزیه‌وتحلیل داده‌های مربوط به رفتار کارکنان و شرایط محیطی، امکان پیشگیری از حوادث را افزایش می‌دهد.

سیستم‌های مدیریت ریسک که از هوش مصنوعی بهره می‌برند، قادرند نقاط ضعف و آسیب‌پذیری‌ها را در کارگاه‌ها شناسایی کنند و پیشنهادهایی برای کاهش خطرات ارائه دهند. این سیستم‌ها با تحلیل داده‌ها و تولید گزارش‌های جامع، ابزار کارآمدی برای مدیران ایمنی محسوب می‌شوند.

پیشرفت‌ها در فناوری

ربات‌های ایمنی، ربات‌هایی مجهز به حسگرها و الگوریتم‌های AI هستند که برای نظارت بر محیط‌های ساختمانی طراحی شده‌اند. این ربات‌ها می‌توانند ناهنجاری‌ها

را تشخیص داده و به گروه‌های ایمنی هشدار دهند.

پوشیدنی‌های هوشمند، تجهیزاتی مانند کلاه و جلیقه ایمنی هوشمند با حسگرهای داخلی و اتصال به سیستم‌های AI می‌باشند که اطلاعاتی مانند مکان، دما، یا ضربان قلب کارگران را پایش کرده و در مواقع خطر هشدار ارسال می‌کنند. پهپادها با استفاده از AI می‌توانند به بازرسی و نظارت بر کارگاه‌ها کمک کنند. این دستگاه‌ها قابلیت بررسی نقاط غیرقابل‌دسترس و شناسایی خطرات پنهان را دارند.

■ اقدامات عملی برای پیاده‌سازی

آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی در زمینه استفاده از ابزارها و فناوری‌های AI اولین قدم برای پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز آن است. برنامه‌های آموزشی شامل نحوه کار با سیستم‌های هوشمند، تحلیل داده‌ها و واکنش به هشدارها می‌شود. تجهیز کارگاه‌های ساختمانی به ابزارها و نرم‌افزارهای مبتنی بر AI نیازمند سرمایه‌گذاری است. همکاری با شرکت‌های فناور و استفاده از راهکارهای نوآورانه می‌تواند این فرآیند را تسهیل کند. استقرار شبکه‌های بی‌سیم پرسرعت و ایمن‌سازی داده‌های جمع‌آوری‌شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرساخت‌های مناسب ارتباطی امکان اجرای مؤثرتر فناوری‌های AI را فراهم می‌کنند. برای اطمینان از عملکرد بهینه سیستم‌های هوش مصنوعی، نیاز است که این سیستم‌ها به‌صورت منظم ارزیابی و پایش شوند. بازخوردهای دریافتی از کاربران و تحلیل داده‌های عملکردی می‌توانند در بهبود این سیستم‌ها مؤثر باشد.

■ کاربردهای واقعی هوش مصنوعی در ایمن‌سازی کارگاه‌های ساختمانی

چند مثال عملی از کاربردهای واقعی هوش مصنوعی در ایمن‌سازی کارگاه‌های ساختمانی:

شناسایی خطر در زمان واقعی با دوربین‌های مجهز به AI

توضیح: دوربین‌های نظارتی در سایت‌های ساختمانی می‌توانند رفتارهای خطرآفرین (مانند عبور بدون کلاه ایمنی) یا ناهنجاری‌هایی (مانند سقوط اشیا) را در زمان واقعی تشخیص دهند.

فناوری: الگوریتم‌های بینایی ماشین.

مثال عملی: پروژه‌هایی مانند استفاده از سیستم‌های AI Vision توسط شرکت"Everguard.ai" که از طریق تجزیه‌وتحلیل تصویری، رفتارهای کارکنان را بررسی کرده و هشدار می‌دهد.

پوشیدنی‌های هوشمند برای کارگران

توضیح: کلاه‌های هوشمند با حسگرهای حرارتی و پایش سلامت می‌توانند وضعیت جسمی کارگران (مانند ضربان قلب، دما) را بررسی کنند و در شرایط بحرانی هشدار ارسال کنند.

فناوری: اینترنت اشیا (IoT) و یادگیری ماشین.

مثال عملی: شرکت "SmartCap" که کلاه‌های هوشمند برای کاهش خستگی کارگران تولید کرده است.

ربات‌های هوشمند برای بازرسی و نظارت

توضیح: ربات‌هایی که با هوش مصنوعی و حسگرهای 3D اسکن محیطی کار می‌کنند، می‌توانند نقاط ضعف ساختاری یا خطرات محیطی مانند افتادن مصالح سنگین را پیش‌بینی کنند.

فناوری: یادگیری عمیق و الگوریتم‌های تحلیل داده.

مثال عملی: ربات "Spot" از شرکت Boston Dynamics که برای گشت‌زنی و تشخیص خطر در سایت‌ها به کار می‌رود.

پهپادها برای بررسی خطرات در نقاط غیرقابل‌دسترس

توضیح: پهپادها با بررسی ارتفاعات و زوایای پیچیده، خطرات محیطی را به همراه نقشه‌های سه‌بعدی دقیق ارائه می‌دهند.

فناوری: ترکیب یادگیری ماشین با پهپادها.

مثال عملی: پهپادهایی که توسط "Skycatch" توسعه‌یافته‌اند، داده‌های موقعیتی با دقت بالا برای کاهش خطرات ناشی از خطاهای انسانی ارائه می‌دهند.

تأثیر هوش مصنوعی در کاهش نرخ حوادث کارگاه‌های ساختمانی

استفاده از هوش مصنوعی (AI) در کارگاه‌های ساختمانی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به کاهش حوادث و افزایش ایمنی منجر شود. به‌عنوان‌مثال، سیستم‌های پیشرفته‌ای که توسط شرکت‌هایی مانند Suffolk و SmartVid توسعه یافته‌اند، قادرند با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق، وقوع تصادفات را پیش‌بینی کرده و از آن‌ها جلوگیری کنند.

همچنین، استفاده از فناوری‌هایی مانند ربات‌های هوشمند، پهپادها و پوشیدنی‌های هوشمند در محیط‌های ساخت‌وساز می‌توانند به بهبود ایمنی و کاهش حوادث کمک کنند. این فناوری‌ها با شناسایی خطرات احتمالی در محیط کار، می‌توانند به ارتقای ایمنی کارگران و جلوگیری از حوادث کمک کنند.

بااین‌حال، آمار دقیق و جامعی که میزان تأثیر هوش مصنوعی را در کاهش نرخ حوادث در کارگاه‌های ساختمانی به‌طور مشخص بیان کند، هنوز به‌صورت گسترده منتشر نشده است. این امر ممکن است به دلیل نوپا بودن استفاده از هوش مصنوعی در این صنعت و نیاز به مطالعات بلندمدت برای جمع‌آوری داده‌های کافی باشد.

با توجه به مزایای بالقوه هوش مصنوعی در بهبود ایمنی و کاهش حوادث، انتظار می‌رود با گذشت زمان و افزایش استفاده از این فناوری در صنعت ساخت‌وساز، داده‌ها و آمار دقیق‌تری در این زمینه منتشر شود.

■ نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی با ارائه ابزارهای نوآورانه و کارآمد می‌تواند به‌طور چشمگیری، ایمنی کارگاه‌های ساختمانی را افزایش دهد. با سرمایه‌گذاری در این فناوری و اتخاذ رویکردهای هوشمندانه، نه‌تنها نرخ حوادث کاهش می‌یابد، بلکه بهره‌وری و کیفیت کار نیز بهبود می‌یابد. استفاده از AI در ایمن‌سازی کارگاه‌ها نه‌تنها یک گزینه بلکه یک ضرورت است که آینده این صنعت را شکل خواهد داد.

کاربردها و چشم‌انداز هوش مصنوعی در تأسیسات ساختمان

عبدالله خالصی دوست
دکتری مکانیک

چکیده

در این مقاله ابتدا با موضوع هوش مصنوعی آشنا شده و سپس نقش مهم و کاربردهای آن در تأسیسات ساختمان را بررسی و نهایتاً به بررسی آینده و چشم‌انداز هوش مصنوعی در تأسیسات ساختمان می‌پردازیم. در ادامه تجهیزات و دستگاه‌هایی که برای جمع‌آوری داده‌ها در ساختمان‌ها استفاده می‌شوند معرفی می‌گردند. در این راستا سنسورها و دستگاه‌های گیرنده داده در ساختمان‌ها، اطلاعات لازم را دریافت و در پایگاه داده‌ها ذخیره می‌کنند. سرانجام الگوریتم‌های هوش مصنوعی و نتایج آن برای طراحی، نظارت بر سلامت و ایمنی، آسایش ساکنین، کاهش ریسک، بهبود ساخت‌وساز، کاهش خطرات، کاهش هزینه، کاربردهای اجتماعی، مسائل سایبری و همچنین نظارت و مدیریت بهتر ساختمان‌ها و شهر هوشمند مورداستفاده قرار می‌گیرند. هوش مصنوعی (AI) در تأسیسات ساختمان هنوز در مراحل اولیه توسعه قرار دارد ولی به‌سرعت در حال تبدیل‌شدن به یک فناوری کلیدی در صنعت ساختمان است و بااین‌حال پتانسیل این فناوری برای ایجاد تحول در صنعت ساختمان بسیار زیاد است. با پیشرفت فناوری، هوش مصنوعی می‌تواند نقش بیشتری در بهبود بهره‌وری، ایمنی و راحتی ساختمان‌ها ایفا کند. عمده کاربردهای هوش مصنوعی در تأسیسات ساختمان در زمینه‌های مدیریت و بهره‌وری انرژی، پیش‌بینی خرابی تجهیزات، بهبود ایمنی، مقابله با حریق، مدیریت اطلاعات ساختمان، کاهش هزینه‌ها و افزایش آسایش و راحتی ساکنین می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: هوش مصنوعی، تأسیسات ساختمان، بهینه‌سازی انرژی، فناوری‌های نوین، تجهیزات هوشمند، دیتکتور

■ آشنایی با هوش مصنوعی و ارتباط آن با تأسیسات ساختمان

هوش مصنوعی که با مخفف AI شناخته می‌شود، شاخه‌ای از علوم کامپیوتر است که بر توسعه ماشین‌های هوشمند تمرکز دارد و می‌تواند وظایفی مانند یادگیری، حل مسئله، ادراک و تصمیم‌گیری که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارد را انجام دهد. هوش مصنوعی شامل توسعه الگوریتم‌ها و سیستم‌هایی است که می‌توانند حجم زیادی از داده‌ها را پردازش و تجزیه‌وتحلیل کنند، الگوها را شناسایی نمایند و از آن اطلاعات برای تصمیم‌گیری استفاده کنند. هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی در سال‌های اخیر در تمام صنایع موردتوجه زیادی قرارگرفته و در بخش تأسیسات ساختمان نیز در حال پیشرفت است. همان‌طور که فنّاوری به‌سرعت در حال تکامل است و توانایی ما برای جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها آسان‌تر می‌شود، از این داده‌های خام برای پیش‌بینی فعالانه رشد و رفتار تأسیسات برقی – مکانیکی، سیستم‌های مدیریت انرژی و همچنین بهبود شیوه‌های اعلام و اطفای حریق استفاده می‌شود.

هوش مصنوعی همچنین می‌تواند برای بهبود ایمنی ساختمان‌ها استفاده شود. هوش مصنوعی می‌تواند با نظارت بر سیستم‌های تأسیساتی ساختمان و شناسایی شرایط خطرناک، به جلوگیری از حوادث نیز کمک کند. هوش مصنوعی می‌تواند از دوربین‌های نظارت تصویری، سنسورها و سایر فناوری‌ها برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به ایمنی استفاده کند و الگوهای خطرناک را شناسایی نماید.

■ لزوم به‌کارگیری فناوری هوش مصنوعی در صنعت ساختمان

دانش، آشکارترین وسیله عزت و قدرت یک کشور است. بسیار حیاتی است که از دانش و فنّاوری‌های نوظهور در صنعت ساختمان که همواره مورداستفاده کشورهای پیشرفته بوده و به‌واسطه آن به موفقیت‌های بسیاری دست‌یافته‌اند استفاده کنیم. یکی از این فنّاوری‌های نوظهور، فناوری هوش مصنوعی می‌باشد که به جهت سرعت محاسبات و دقت بیشتر همواره باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه در پروژه‌های ساختمانی می‌شود. البته باید در نظر داشت که همین سرعت بالا، با اطلاعات و داده‌های نادرست می‌تواند فاجعه‌بار باشد و به از دست رفتن منابع، زمان و هزینه و در برخی مواقع حتی به شکست پروژه‌های ساختمانی منجر گردد. در سال‌های اخیر، مهندسی و فناوری‌های جدید در صنعت ساخت ایران به‌خصوص در بخش مسکن پیشرفت چشمگیری کرده و در جایگاه بسیار مناسبی قرارگرفته است و متخصصین بسیار کارآمدی در این حوزه وجود دارند. به‌این‌ترتیب در کشور ضعفی در خصوص متخصص در صنعت ساختمان وجود ندارد که با بهره‌گیری از فناوری هوش مصنوعی، شاهد شکوفایی و پیشرفت بیش‌ازپیش در حوزه‌های مربوط به صنعت ساخت‌وساز خواهیم بود. لذا لزوم به‌کارگیری هوش مصنوعی در صنعت ساختمان و بررسی مزایا و معایب استفاده از فناوری مذکور از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد.[۱]

■ معماری هوشمند و هوش مصنوعی

امروزه پیشرفت علم و فنّاوری مسیر پرشتابی را تجربه می‌کند. در این مسیر ترقی، فناوری هوش مصنوعی به بخشی از زندگی روزمره انسان‌ها بدل گشته است و به‌صورت محسوس در عرصه‌های مختلفی به کار گرفته می‌شود. رشد صنعت ساخت‌وساز به دلیل چالش‌های پیچیده بی‌شماری که با آن مواجه است، مانند هزینه و زمان، سلامت و ایمنی، بهره‌وری و کمبود نیروی کار به‌شدت محدود شده است. همچنین صنعت ساختمان یکی از کم دیجیتالی‌ترین صنایع در جهان است که مقابله با مشکلات فعلی را برای آن دشوار کرده است. در حال حاضر یک فناوری دیجیتال پیشرفته، مانند هوش مصنوعی، صنایعی مانند تولید، خرده‌فروشی و ارتباطات راه دور را متحول کرده است. زیرشاخه‌های هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشینی، سیستم‌های مبتنی بر دانش، بینایی کامپیوتر، روباتیک و بهینه‌سازی با موفقیت در صنایع دیگر برای دستیابی به افزایش سود، کارایی، ایمنی و امنیت به کار گرفته شده‌اند. باوجود اذعان به مزایای کاربردهای هوش مصنوعی، چالش‌های متعدد مرتبط به آن همچنان در صنعت ساخت‌وساز ساختمان وجود دارد.[۲]

■ هوش مصنوعی و مدیریت مصرف انرژی

مصرف انرژی در ساختمان‌ها به‌ویژه در ساختمان‌های مسکونی به دلیل توسعه اجتماعی و شهرنشینی، بیشترین سهم را در بین کلیه بخش‌های مصرف انرژی به خود اختصاص داده است. از فاکتورهای تعیین‌کننده میزان مصرف انرژی در ساختمان می‌توان به شرایط آب و هوایی و اقلیمی محل احداث ساختمان، مواد و مصالح بکار رفته در پوسته و جداره‌های خارجی ساختمان، نوع معماری و سازه ساختمان، تأسیسات مرکزی ساختمان (گرمایش، سرمایش، تهویه مطبوع و روشنایی)، لوازم و تجهیزات مصرف‌کننده (لوازم برقی و تجهیزات اداری) اشاره نمود. ازاین‌رو استفاده بهینه و ممانعت از هدر رفتن امکانات و گام برداشتن در جهت صرفه‌جویی و افزایش کارایی ساختمان، امری اساسی است.

مصرف انرژی در ساختمان‌های امروزی ایران آمار بسیار بالایی را به خود اختصاص داده است. موضوع طراحی غیربومی ساختمان‌ها و همچنین توجه نکردن به اقلیم‌های مختلف و یکسان‌سازی طراحی و اجرای ساختمان‌ها باعث شده که کاربران ساختمان‌ها جهت ایجاد آسایش، انرژی زیادی را به‌صورت نور، حرارت و دیگر حالت‌های انرژی مصرف نمایند. بر این اساس باید به‌صورتی محاسبه‌شده و دقیق، انرژی و گونه مصرفی آن در بناهای معماری مورد مدیریت و برنامه‌ریزی قرار گیرد. این موضوع نیز یادآوری می‌گردد که مدیریت انرژی در ساختمان به معنای کم مصرف کردن نیست بلکه منظور منطقی و به‌اندازه مصرف کردن است.[۳] هوش مصنوعی می‌تواند با تجزیه‌وتحلیل داده‌های حسگرها و پیش‌بینی الگوهای مصرف انرژی، بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های HVAC، روشنایی و سایر سیستم‌های تأسیساتی را انجام دهد. این امر می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و بهبود پایداری ساختمان شود. همان‌گونه که در شکل ۱ نمایش داده‌شده استفاده از هوش مصنوعی در تأسیسات ساختمان به‌عنوان یک راهکار هوشمندانه

می‌توانـد منجـر به‌صرفه‌جویـی در انـرژی، افزایـش راحتـی و ایمنـی سـاکنان و بهبـود کیفیـت زندگـی در سـاختمان‌ها شـود. داده‌هـای بـزرگ، منابـع محاسـباتی قدرتمنـد و مقرون‌به‌صرفـه و الگوریتم‌هـای پیشـرفته یادگیـری ماشـین در دهه‌هـای گذشـته مـورد تحقیـق در بخـش سـاختمان‌ها بوده‌انـد و پتانسـیل خـود را بـرای افزایـش کارایـی سـاختمان نشـان داده‌انـد. اخیـراً، هـوش مصنوعـی و به‌طورکلـی تکنیک‌هـای یادگیـری ماشـین به‌طـور خـاص در پیش‌بینـی و عملکـرد انـرژی سـاختمان نقـش مؤثـری داشـته و بـه همیـن ترتیـب می‌تواننـد در بحـث مصـرف انـرژی، مدیریـت و درنهایـت ایجـاد راحتـی و آسـایش سـاکنان نقـش بسـزایی داشـته باشـند.[۴-۵]

▲ شکل ۱- استفاده از تجهیزات هوشمند در بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان

کنتـرل سیسـتم‌های نورپـردازی و دسـتگاه‌های الکتریکـی بـا اسـتفاده از سنسـورها و هـوش مصنوعـی، بهینه‌سـازی مصـرف انـرژی را فراهـم نمـوده و سـهم مهمـی در بهینه‌سـازی انـرژی در صنعت سـاختمان را فراهـم می‌کنـد. کارشناسـان دانشـگاه هـاروارد، ام. آی. تـی، گـوگل و مایکروسـافت اخیـراً اظهـار کرده‌انـد بـا اسـتفاده از فنـاوری هـوش مصنوعـی و یادگیـری ماشـین می‌تـوان تغییـرات بزرگـی در صنعـت سـاختمان بـه وجـود آورد کـه ایـن امـر سـبب کاهـش انتشـار گازهـای گلخانـه‌ای می‌شـود. بـه گفتـه کارشناسـان بـا کمـک ابزارهـای هـوش مصنوعـی می‌تـوان تـا سـال ۲۰۵۰ انتشـار گازهـای گلخانـه‌ای را ۲۰ تـا ۳۷ درصـد کاهـش داد.[۶]

تجهیزات و امکانات و هوش مصنوعی

سـاختمان‌های مسـکونی، تجـاری، اداری، درمانـی و غیـره، می‌تواننـد مجهـز بـه سیسـتم هـوش مصنوعـی و سیسـتم‌ها و تجهیـزات هوشـمند سـازی شـوند کـه کارایـی و انعطاف‌پذیـری بیشـتری بـرای سـاختمان بـه همـراه خواهنـد داشـت؛ امـا از چـه نـوع تجهیزاتـی می‌تـوان اسـتفاده کـرد و بهتریـن تجهیـزات بـرای هوشـمند سـازی سـاختمان‌ها کـدام هستند ؟

ترموستات هوشمند

سـاختمان‌های چنـد واحـدی مصـرف بـالای انـرژی دارنـد کـه بیشـتر آن بـه خاطـر سـرمایش و گرمایـش اسـت. اسـتفاده و نصـب ترموسـتات‌های هوشـمند متصـل بـرای هوشـمند سـازی سـاختمان، راه خوبـی بـرای کاهـش هزینه‌هـا و صرفه‌جویـی در مصـرف انـرژی اسـت.

ایـن تجهیـزات داده‌هـای مصـرف انـرژی را تجزیه‌وتحلیـل می‌کننـد تـا ضمـن حفـظ آسـایش سـاکنان و ایجـاد محیـط مطبـوع، در صـورت لـزوم دمـا را کاهـش یـا افزایـش دهنـد. ترموسـتات هوشـمند بـا مدیریـت آگاهانه‌تـر سـاختمان‌ها، هزینه‌هـا را کاهـش می‌دهـد و اسـتفاده از فنـاوری حسـگر می‌توانـد بـر فعالیـت انـرژی نظـارت کـرده و مطمئـن شـود کـه سیسـتم‌های سرمایشـی و گرمایشـی به‌درسـتی کار می‌کننـد؛ به‌این‌ترتیـب مصـرف انـرژی در سـاختمان نیـز کاهـش پیـدا می‌کنـد.

نشت‌یاب هوشمند

مـواردی ماننـد خرابـی مکانیکـی تجهیـزات یـا نشـتی‌ها از خطـرات بالقـوه‌ای هسـتند کـه ممکـن اسـت در سـاختمان‌های مختلـف اتفـاق بیفتنـد. ایـن مـوارد ریسـک بالایـی دارنـد و می‌تواننـد جـان و مـال انسان‌ها را در معـرض خطـر قـرار دهنـد. خسـارات ناشـی از آب، یکـی از شـایع‌ترین علـل خسـارات مالـی اسـت کـه تنهـا یـک حادثـه می‌توانـد باعـث ضررهـای مالـی زیـادی شـود. فنّـاوری خانـه هوشـمند می‌توانـد آسـیب آب را قبـل از وقـوع بـا حسـگرهایی کـه دریچه‌هـا را هنـگام تشـخیص نشـتی می‌بنـدد، متوقـف کنـد و یـا حتـی در صـورت لـزوم باعـث قطـع کل منبـع آب سـاختمان شـود. به‌این‌ترتیـب ایـن فنّـاوری هوشـمند سـازی سـاختمان، افـراد را از وقـوع مشـکل و نشـتی مطلـع می‌سـازد.

پرده هوشمند

بـا پرده‌هـای هوشـمند برقـی می‌تـوان از راه دور پرده‌هـا را بـاز و بسـته کـرد و بـا توجـه بـه میـزان نـور و حـرارت و عوامـل دیگـر ایـن کار باعـث صرفه‌جویـی در مصـرف انـرژی نیـز می‌شـود. بـرای مثـال مطابـق شـکل ۳ در طـول شـب بـرای صرفه‌جویـی بیشـتر می‌تـوان پرده‌هـا را بسـت و یـا در طـول روز کـه نـور و حـرارت خورشـید وجـود دارد می‌تـوان بـا بـاز کـردن پرده‌هـا در مصـرف بـرق صرفه‌جویـی نمـود.

▲ شکل ۳- استفاده از پرده‌های هوشمند جهت بهینه‌سازی انرژی در ساختمان

سیستم نظارت از راه دور ساختمان

آسـایش و راحتـی سـاکنین یکـی از نـکات پراهمیـت در سـاختمان‌ها اسـت. بااین‌حـال ایـن کار می‌توانـد بسـیار دشـوار هـم باشـد؛ امـا سیسـتم هوشمندسـازی سـاختمان می‌توانـد بـه رفـع ایـن مشـکل کمـک کنـد. مطابـق شـکل ۲ بـا اسـتفاده از ویژگـی نظـارت از راه دور سیسـتم‌های هوشـمند می‌تـوان بـر فاکتورهـای مختلفـی ماننـد دمـا،

تهویه، سیستم‌های روشنایی، سیستم‌های امنیتی و غیره نظارت کرد و به‌این‌ترتیب آسایش و راحتی موردنظر ساکنان را تأمین نمود.

▲ شکل ۲- نمونه سیستم نظارت از راه دور ساختمان

■ هوش مصنوعی و ذخیره انرژی

یکی از مهم‌ترین مشکلات تولید و توزیع انرژی، ناترازی انرژی و نداشتن الگوی مصرف و هماهنگ کردن آن با میزان تولید است. در بسیاری از موارد الگوهای مصرف به‌درستی پیش‌بینی نمی‌شوند و به‌طور مثال در حوزه تولید و توزیع برق، با خاموشی روبه‌رو می‌شویم. به دست آوردن این الگوها نیاز به صرف وقت زیاد و بررسی دقیق داده‌ها دارد. این کاری است که دقیقاً هوش مصنوعی می‌تواند با دقت و سرعت بالا انجام دهد. هوش مصنوعی می‌تواند تمامی داده‌ها و الگوها را بررسی کرده و میزان مصرف و الگوی مناسب آن را مشخص کند. این کار خطای بسیار پایین‌تری نسبت به شیوه‌های دیگر دارد و می‌تواند مدیریت این بخش را ساده‌تر و پیشرفته‌تر کند. از طرفی به دلیل عدم توازن تولید و مصرف، نیاز به ذخیره انرژی وجود داشته و در حوزه انرژی یکی از معضلات اصلی بحث ذخیره انرژی است و یکی از مواردی که به‌سرعت در حال رشد می‌باشد، استفاده از ذخیره‌کننده‌های انرژی است. در حال حاضر پیش‌بینی می‌شود استفاده از ذخیره کننده‌ها تا سال ۲۰۳۰ حدوداً ۲۰ برابر شود. این ذخیره‌سازی می‌تواند با شبکه توزیع انرژی ادغام شده و مدیریت آن را بهینه نماید. هوش مصنوعی می‌تواند به بخش‌های مختلف مدیریت این ذخیره‌ها کمک کند تا بتواند از این انرژی‌های ذخیره‌شده بهترین استفاده را بنماید. این فعالیت باعث نیاز کمتر به نیروگاه‌های جدید شده و ضمن کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی همچنین می‌تواند تا حد زیادی مدیریت بخش‌های مختلف انرژی را ساده کند.

■ ایمن‌سازی ساختمان‌ها در برابر آتش‌سوزی به کمک هوش مصنوعی

هوشمند سازی در آتش‌نشانی می‌تواند ایده خلاقانه‌ای باشد؛ مانند استفاده از داده‌های بزرگ در نرم‌افزارها که از فناوری‌های دائمی در حال پیدایش است. فناوری و هوشمندسازی در آتش‌نشانی‌ها و ادغام این سیستم‌ها به برنامه‌ریزی قبلی تا ارسال و تحلیل حادثه کمک می‌کند. در حوزه تأسیسات مکانیکی و اعلام و اطفای حریق، استفاده بیشتر از فنّاوری و آمیختن طرح‌ها با نیازمندی انسان‌ها به ایمنی و رفاه و آسایش بیشتر باعث شده تا استفاده از هوش مصنوعی هم‌زمان با ایجاد آسایش، خطرات احتمالی ناشی از آتش‌سوزی را نیز کاهش دهد. با عمومی‌تر شدن ارتباطات سخت‌افزاری مثل انواع شبکه محلی و سراسری با فنّاوری‌های Lan، Wireless، Bluetooth و به‌کارگیری اینترنت اشیاء و لحاظ نمودن این تجهیزات در طراحی اولیه می‌توان به ضریب ایمنی بالاتری دست یافت. این داده‌ها درنهایت می‌توانند برای مدل‌سازی رفتار آتش‌سوزی و بهبود برنامه‌های هوش مصنوعی برای مطالعه محیط استفاده شود. هوش مصنوعی می‌تواند در آینده حجم ترافیک در برابر اعزام سریع آتش‌نشانان به محل را تحلیل و کنترل نموده و همچنین شناسایی شی از طریق بینایی کامپیوتری را فراهم می‌کند و به گروه‌های آتش‌نشانی در مورد محیط‌های موجود که احتمال تغییر وضعیت دارند، هشدار می‌دهد. آتش‌نشانان با استفاده از وسایل نقلیه به‌صورت زمینی و هوایی با برنامه‌ریزی، تجهیزات موردنیاز را به محل حادثه می‌رسانند. یکی از بهترین مزیت‌های این مورد، کاهش چشمگیر

در خطاهای انسانی است. یک تأثیر مهم هوش مصنوعی بر صنعت آتش‌نشانی بهینه‌سازی سرعت تشخیص حریق است. مطابق شکل ۴ سنسورها، دتکتورها و دوربین‌های مجهز به هوش مصنوعی برای تشخیص زودهنگام آتش‌سوزی استفاده می‌شوند که واکنش سریع و کاهش آسیب را ممکن می‌سازد. این حسگرها می‌توانند داده‌ها را در زمانی بسیار کوتاه تجزیه‌وتحلیل کنند و تغییرات دما، دود و سایر شاخص‌های آتش را تشخیص دهند.[۷]

▲ شکل ۴- سیستم هوشمند آتش‌نشانی

ارتباط سیستم‌های آتش‌نشانی و آشکارسازهای گاز، دود و آتش با هوش مصنوعی می‌تواند تحولی اساسی در افزایش ایمنی و کارایی این سیستم‌ها ایجاد کند. در سیستم‌های سنتی، آشکارسازها معمولاً به‌صورت مستقل عمل کرده و تنها در صورت تشخیص خطر، زنگ هشدار یا سیگنال را ارسال می‌کنند. با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، این سیستم‌ها می‌توانند به‌صورت هوشمند عمل کرده و اطلاعات دریافتی از سنسورها را تحلیل و تفسیر کنند. به‌عنوان‌مثال، هوش مصنوعی می‌تواند داده‌های دریافتی از حسگرهای دود، گاز یا دما را به‌طور هم‌زمان بررسی کرده و حتی الگوهای احتمالی وقوع آتش‌سوزی را پیش از آن‌که وضعیت بحرانی شود شناسایی کند. علاوه بر این استفاده از یادگیری ماشین در این سیستم‌ها می‌تواند به تشخیص هشدارهای کاذب کمک کند. برای مثال هوش مصنوعی قادر است تفاوت میان دود حاصل از آشپزی و دود ناشی از آتش‌سوزی را تشخیص دهد و تنها در موارد ضروری اقدامات اضطراری مانند ارسال پیام به ساکنین یا آتش‌نشانی را انجام دهد. از طرفی با اتصال این سیستم‌ها به اینترنت اشیا (IoT)، امکان اشتراک‌گذاری لحظه‌ای داده‌ها با مراکز امدادی، تحلیل موقعیت مکانی و ارائه پیشنهادهای عملی به گروه‌های نجات نیز فراهم شده و درنتیجه زمان واکنش به حوادث کاهش و ایمنی نیز افزایش می‌یابد.

■ تجهیزات هوشمند شناسایی حریق

دتکتور هوشمند نشت گازهای خطرناک با Wi-Fi

دتکتورهای هوشمند نشت گاز و آتش‌سوزی مجهز به Wi-Fi ازجمله جدیدترین فناوری‌ها در ایمنی خانگی و صنعتی محسوب می‌شوند. این دستگاه‌ها از حسگرهای پیشرفته برای تشخیص گازهای خطرناک مانند مونوکسید کربن (CO)، متان (CH4) و سایر گازهای قابل اشتعال استفاده می‌کنند. قابلیت اتصال به شبکه‌های Wi-Fi امکان ارسال هشدارها به تلفن همراه یا سیستم مدیریت ساختمان را در زمان واقعی فراهم می‌کند. مطابق شکل ۵ ویژگی‌های کلیدی این دتکتورها اتصال بی‌سیم می‌باشد. این دتکتورها به برنامه‌های موبایلی متصل شده و می‌توانند هشدارهای صوتی یا پیامکی ارسال کنند. استفاده از حسگرهای مادون‌قرمز (Infrared) و الکتروشیمیایی برای تشخیص دقیق گاز و دود با دقت بالا از دیگر مزایای این تجهیزات می‌باشد. برخی از مدل‌ها نیز از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای کاهش هشدارهای کاذب استفاده می‌کنند.

▲ شکل ۵- اتصال بی‌سیم آشکارساز نشت گاز

دتکتور گاز هوشمند

دتکتورهای گاز هوشمند تجهیزاتی هستند که از سنسورهای پیشرفته برای شناسایی انواع گازهای خطرناک و سمی استفاده می‌کنند. این دستگاه‌ها معمولاً قابلیت تشخیص سطح گاز در واحد PPM را داشته و با تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از طریق پردازنده داخلی یا سرور ابری، وضعیت گاز را به‌طور مداوم پایش می‌کنند. این حسگرها به‌صورت خودکار کالیبره شده تا در طول زمان دقت خود را از دست ندهند. همچنین کنترل از راه دور و امکان خاموش یا روشن کردن دستگاه‌های گازرسانی از طریق اپلیکیشن از دیگر خصوصیات این تجهیزات می‌باشد. این تجهیزات معمولاً با سیستم‌های خانه هوشمند مانند Alexa یا Google Home سازگار بوده و قابلیت یکپارچه‌سازی با سیستم‌های هوشمند خانه را دارند.

دتکتور هوشمند نشت گاز و دود

دتکتورهای نشت گاز و دود هوشمند، ترکیبی از حسگرهای شیمیایی برای تشخیص گاز و فوتوالکتریک برای تشخیص دود را در یک دستگاه ارائه می‌دهند. این تجهیزات ترکیبی به‌صورت هوشمند الگوهای مختلف را تحلیل کرده و با کاهش هشدارهای اشتباه مانند دود ناشی از آشپزی، دقت بالایی را فراهم می‌کنند. یکی از ویژگی‌های مهم این حسگرهای ترکیبی، استفاده هم‌زمان

از چند حسگر برای افزایش دقت می‌باشد. همچنین این دتکتورها به سیستم نور و صدا مجهز هستند و در محیط‌های حساس با آژیرهای قوی هشدار صوتی و تصویری ارائه می‌نمایند. این تجهیزات با پایش مداوم و گزارش‌گیری از طریق اپلیکیشن، گزارش‌های تحلیلی نیز ارائه نموده تا کاربران از وضعیت ایمنی محیط آگاه شوند.

سیستم‌های تشخیص آتش به کمک هوش مصنوعی

هوش مصنوعی در سیستم‌های تشخیص آتش یک پیشرفت انقلابی است که فراتر از تشخیص ساده دود یا گرما عمل می‌کند. همان‌گونه که در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد این سیستم‌ها با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق (Deep Learning) و تحلیل تصاویر دوربین‌های حرارتی، حتی در مراحل ابتدایی آتش‌سوزی، آن را شناسایی می‌کنند. تشخیص الگوهای آتش به کمک هوش مصنوعی قادر است تفاوت بین شعله واقعی و نور مصنوعی را تشخیص دهد. همچنین کاهش زمان واکنش با تحلیل سریع داده‌ها و اقدامات پیشگیرانه سریع از خصوصیات مهم این سیستم‌ها می‌باشد. سیستم‌های خودکار خاموش‌کننده آتش می‌توانند به‌صورت خودکار اسپرینکلرها یا شیرهای گاز را فعال کرده و میزان خسارات ناشی از آتش‌سوزی را کاهش دهند.

▲ شکل ۶- سیستم تشخیص آتش به کمک فناوری هوش مصنوعی

هوش مصنوعی و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

هوش مصنوعی همچنین می‌تواند به کمک الگوهای کامپیوتری از پیش تعیین شده برای پیش‌بینی خرابی تجهیزات تأسیساتی نیز استفاده شود. هوش مصنوعی می‌تواند با تجزیه‌وتحلیل داده‌های عملکرد تجهیزات تأسیساتی، الگوهای خرابی را شناسایی کرده و ضمن ارائه هشدارهای پیشگیرانه، این امر می‌تواند به کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و افزایش قابلیت اطمینان تجهیزات کمک کند. همچنین ربات‌های هوشمند می‌توانند برای انجام کارهایی مانند تعمیر و نگهداری تجهیزات، نصب و راه‌اندازی سیستم‌های جدید و جمع‌آوری داده‌ها برای تجزیه‌وتحلیل استفاده شوند. این ربات‌ها می‌توانند بهره‌وری و ایمنی را در تأسیسات ساختمان افزایش دهند. از طرف دیگر یادگیری ماشین می‌تواند برای شناسایی الگوها در داده‌های عملکرد تأسیسات ساختمان استفاده شود. این الگوها می‌توانند برای بهبود بهره‌وری، پیش‌بینی خرابی و شناسایی شرایط خطرناک نیز استفاده شوند.

مزایا و معایب هوش مصنوعی

پس از آشنایی با اجزا، اهداف و چالش‌های هوش مصنوعی در تأسیسات ساختمان، حال می‌توان مزایا و معایب هوش مصنوعی را بررسی نموده و در به‌کارگیری این فنّاوری سعی کرد بیشترین و بهترین بهره‌گیری را در تأسیسات ساختمانی مدنظر قرار داد. در این بخش برخی از مزایا و معایب استفاده از این فناوری را می‌توان به شرح زیر برشمرد.

۱. کاهش خطای انسانی
۲. کاهش خطرات
۳. نوآوری‌های جدید
۴. هزینه‌های بالا
۵. عدم خلاقیت
۶. افزایش بیکاری
۷. کاهش فعالیت انسان
۸. عدم وجود اصول اخلاقی

چالش‌های کلیدی هوش مصنوعی در بخش تأسیسات ساختمان و انرژی

یکی از دلایل پذیرش کند هوش مصنوعی در صنعت ساختمان و تأسیسات آن، فقدان دانش لازم در مورد فناوری هوش مصنوعی در بین تصمیم‌گیرندگان است. بسیاری از شرکت‌ها پیش‌زمینه فنی کافی برای درک اینکه چگونه کسب‌وکارشان می‌تواند از پذیرش هوش مصنوعی بهره‌مند شود را ندارند. ذینفعان ترجیح می‌دهند به روش‌ها و ابزارهای اثبات‌شده پایبند بمانند تا اینکه ریسک امتحان راه‌حل جدید را امتحان کنند. همان‌طور که صنایع بیشتری مانند آموزش، امور مالی، مراقبت‌های بهداشتی و حمل‌ونقل از پتانسیل هوش مصنوعی استقبال می‌کنند، می‌بایست تصمیم‌گیرندگان در حوزه مسکن و تأسیسات و انرژی نیز با افزایش دانش و شناخت هوش مصنوعی و کاربردهای آن در صنعت تأسیسات ساختمان، توجه خود را به این فناوری معطوف نمایند. هوش مصنوعی فناوری جدیدی است که متخصصین در این زمینه کم هستند. متخصصان زیادی با دانش نظری عمیق در مورد موضوع هوش مصنوعی و تأسیسات ساختمان وجود ندارند و یافتن متخصصانی که بتوانند نرم‌افزارهای قوی مبتنی بر هوش مصنوعی در حوزه مذکور بسازند که ارزش عملی واقعی داشته باشد، بسیار سخت است. اگرچه شرکت‌های محدودی، داده‌ها را جمع‌آوری و مدیریت می‌کنند اما دیجیتالی کردن آن با راه‌حل‌های فناوری نوآورانه مشکل‌ساز است. خطرات مرتبط با از دست دادن داده‌ها، سفارشی‌سازی ضعیف، خرابی سیستم و دسترسی غیرمجاز نیز باعث کندی استفاده از هوش مصنوعی در صنعت تأسیسات ساختمان شده است.

نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی به هر بخش از صنعت وارد شده است و صنعت ساختمان و تأسیسات و انرژی نیز از این قاعده مستثنی نیست. هوش مصنوعی آنچه را که برای متحول کردن این بخش در سراسر جهان لازم است با خود به همراه دارد. انتظار می‌رود به زودی هوش مصنوعی از یک فناوری مفید به کارآمدترین

تصمیم‌گیرنده‌ای تبدیل شود که صنعت ساختمان و تأسیسات تابه‌حال داشته است. پیش‌بینی می‌شود که میزان کار به‌صورت دستی و خطرات را کاهش دهد و مدیریت داده‌ها و دارایی‌ها را نیز بهبود بخشد. اتلاف انرژی در حوزه مسکن بسیار زیاد است و روش‌های نوین و استفاده از فناوری می‌توانند در این زمینه کمک‌کننده باشند. انرژی مصرفی در بخش ساختمان‌ها در کشور ایران حدود ۴۰ درصد است که ۶۰ درصد آن هدر می‌رود. این آمار نشان‌دهنده میلیاردها دلار هزینه برای انرژی تولیدشده‌ای است که ما مصرف نکرده‌ایم. برای جلوگیری از این اتفاق، ابتدا باید بدانیم این اتلاف انرژی کجا و چگونه اتفاق می‌افتد و مسلماً استفاده از هوش مصنوعی در این زمینه می‌تواند بسیار راهگشا باشد.

مراجع

۱. زارع آقدرق، نگین و نقی پور، پیمان و اشرف نهند، علیرضا و شکویی زاده، الناز، ۱۴۰۱، نقش هوش مصنوعی در صنعت ساختمان با رویکرد معماری هوشمند (BMS)، دومین همایش بین المللی و هفتمین همایش ملی معماری و شهر پایدار، تهران

۲. داغستانی، میلاد و جمشیدی، شروین و حقیقی مفرد، خشایار و خیراللهی چورشی، کوثر، ۱۴۰۱، بررسی لزوم به‌کارگیری فناوری هوش مصنوعی در صنعت ساختمان، هشتمین کنگره سالانه بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران

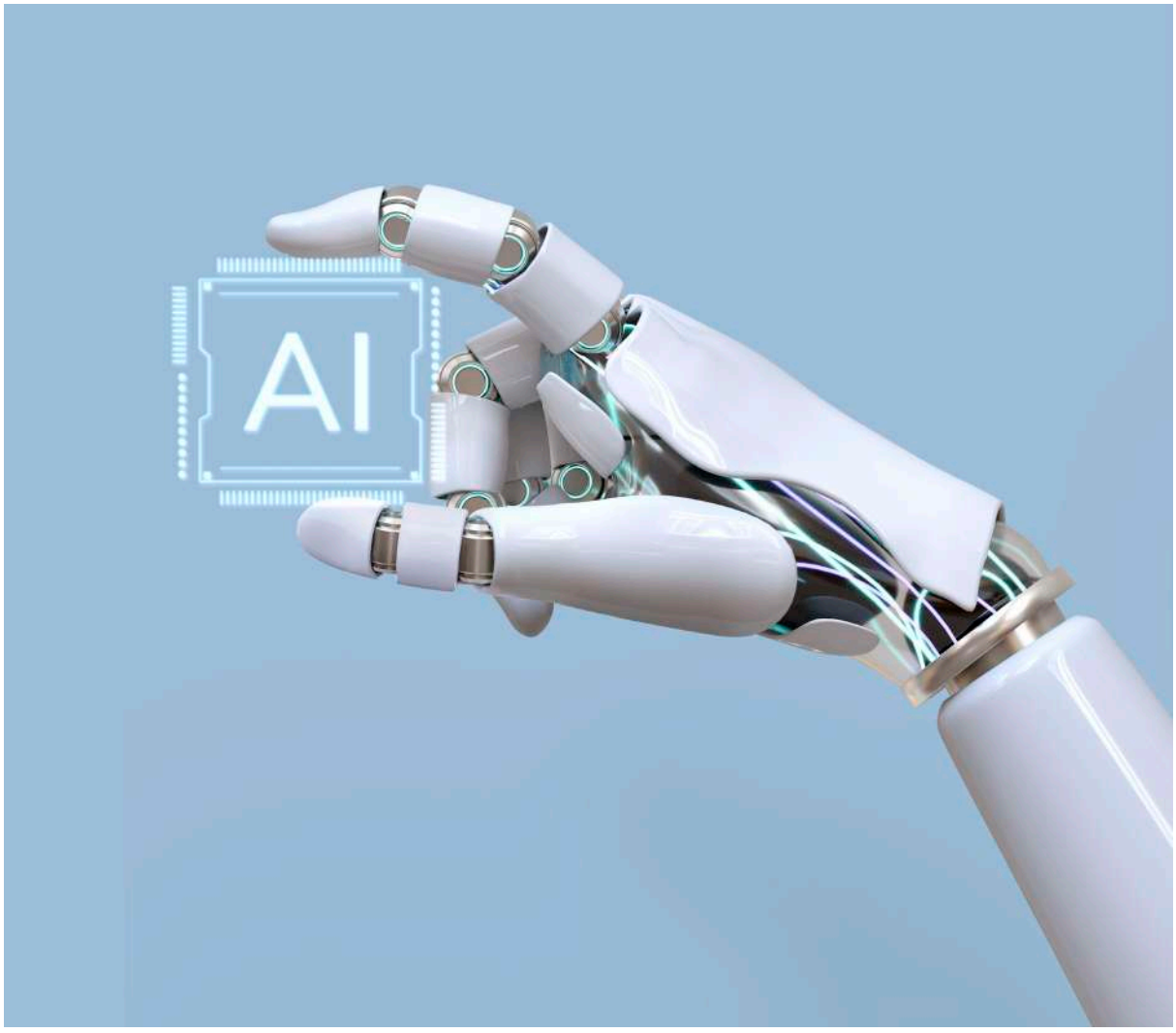
۳. طباطبایی، سیدامیر و قربانی پارام، افشین، ۱۴۰۱، هوشمندسازی نظام بنای معماری در جهت کنترل و مدیریت مصرف انرژی در ساختمان، دومین کنفرانس بین المللی عمران، معماری، شهرسازی با رویکرد توسعه زیرساخت‌های شهری

۴. کتاب کاربردهای هوش مصنوعی در ساختمان‌ها، سلیمان نژاد باسعیدو، محسن امیدوارم مقدم، عبدالله آبادیان

۵. کتاب کاربرد ابزار هوش مصنوعی در پیش‌بینی مصرف انرژی ساختمان، یاسر شهبازی، سحر حسین پور، محسن مختاری

۶. میرزایی، مریم و لبیب زاده، راضیه، ۱۴۰۲، هوش مصنوعی ابزاری جهت ارتقای معماری پایدار، چهارمین کنفرانس ملی شهرسازی و معماری دانش بنیان، تهران

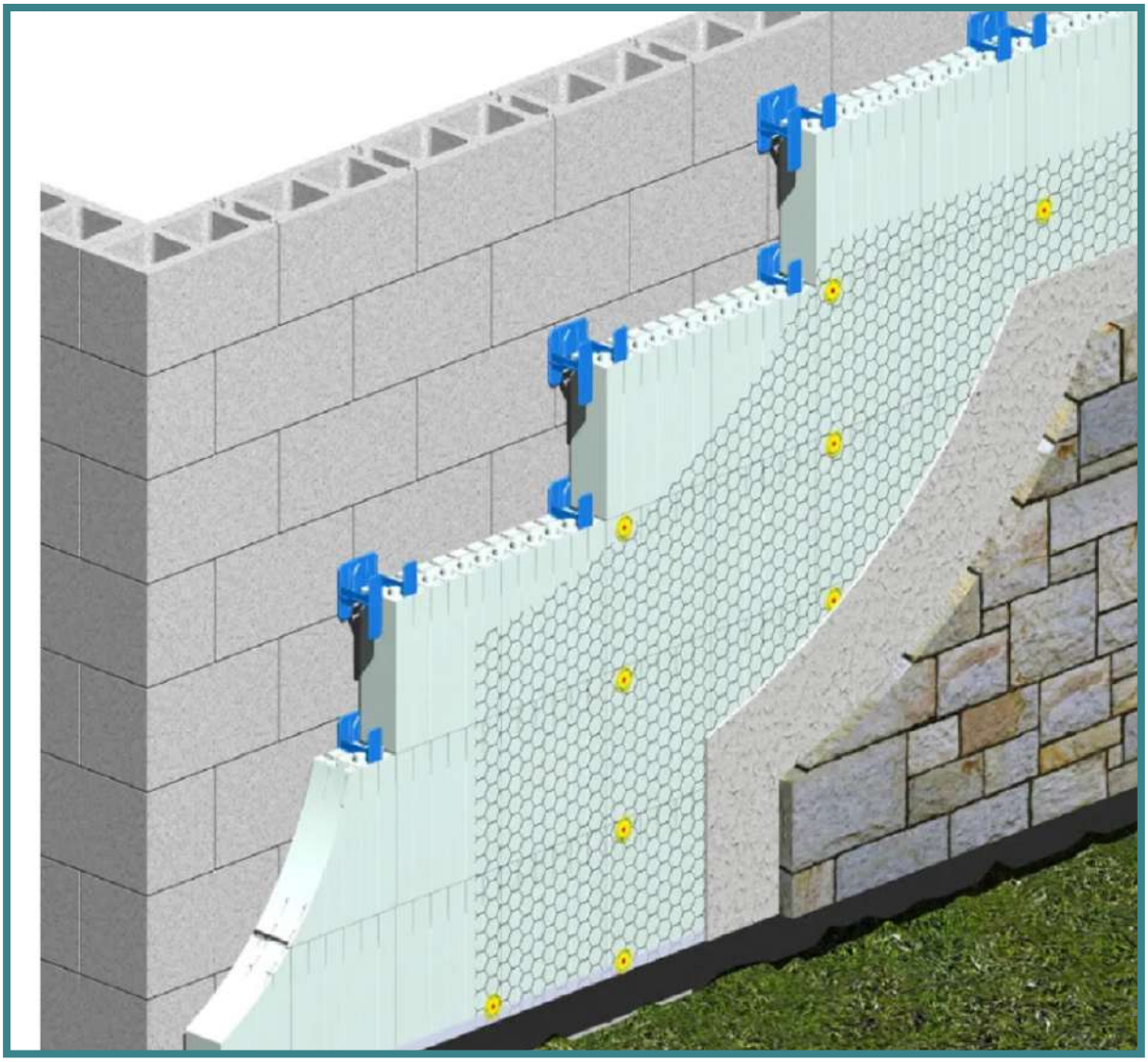
۷. ایمن‌سازی ساختمان‌ها در برابر آتش‌سوزی به کمک هوشمند سازی ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان، ایمان میرشجاعیان حسینی، اعظم براتخواه و همکاران، سومین کنفرانس ملی پژوهش



مهندس نیما تشرفی

عکس و درس

با رویکرد بهینه سازی انرژی



عایق کاری خارجی ساختمان با پلی استایرن منبسط شده Eps

اجرای عایق کاری خارجی با پشم سنگ تخته ای و گل میخ

عایق کاری خارجی ساختمان با پشم سنگ رولی

سـرا | فصلنامه تخصصی سازمان نظام مهندسی ساختمان استان سمنان ۷۴

کانال‌های فلکسیبل با عایق الاستومری

انواع عایق های حرارتی از جنس پشم سنگ

عایق کاری (الاستومری) لوله های آب

عایق کاری داخلی با پشم سنگ پتویی