نخستین کنفرانس ملی به سوی شهرسازی و معماری دانش بنیان

۳، اردیبهشت ماه، ۱۳۹۶، تهران، ایران

بهسازی انرژی ساختمان های موجود با سیستم نمای چندعملکردی انرژی کارآ *

مولود کریمیان[۱]، ریما فیاض[۲]، بهروز محمدکاری[۳]

[۱] کارشناسی ارشد انرژی و معماری، دانشگاه هنر تهران
karimianmoloud@gmail.com

[۲] دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر تهران
fayaz@art.ac.ir

[۳] استادیار فیزیک ساختمان، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
kari@bhrc.ac.ir

چکیده

بسیاری از ساختمان‌های موجود بدون در نظرگرفتن استانداردهای انرژی ساخته شده‌اند و بدیهی است که بهسازی آنها می‌تواند باعث کاهش آثار زیست محیطی، دستیابی به اهداف بین المللی و ... شود. بهسازی دیوارهای خارجی و نمای ساختمان‌های مسکونی به عنوان انرژی کارآترین روش بهسازی محسوب می‌شود. این مقاله، سیستم نمای چندعملکردی انرژی کارآ و اجزای آن با جزئیات مربوطه و نحوه مداخله بررسی می‌شود که تحت عنوان سیستم " میفس" شناخته می‌شود. مشخصه‌های انرژی این سیستم بر اساس گونه شناسی‌های ساختمان تحلیل می‌شود.

در بهسازی، محصولات نمای پیش ساخته‌ای نظیر سیستم "میفس" وجود دارد که می‌تواند به شکل مؤثری با ساختمان‌های متفاوت انطباق یابد. علاوه بر این، سیستم میفس به طور قابل توجهی باعث صرفه جویی انرژی می شود، گرچه استفاده از آن در برخی ساختمان‌ها نیازمند تغییراتی در سیستم‌های انرژی ساختمان است.

کلمات کلیدی

سیستم نمای چندعملکردی انرژی کارآ(میفس)، بهسازی انرژی ساختمان، تکنولوژی بهسازی، پیش ساختگی

---

* این مقاله مستخرج از پایان نامهٔ کارشناسی ارشد نگارندهٔ اول با موضوع" بهسازی انرژی نمای ساختمان‌های موجود (نمونه موردی:ساختمان اداری در اصفهان)" به راهنمایی خانم دکتر ریما فیاض و آقای دکتر بهروز محمدکاری در دانشگاه هنر تهران است.

۱- مقدمه

با توجه به بحران انرژی و مصرف بالای انرژی در بخش ساختمان ضروریست بهسازی انرژی ساختمان‌ها انجام شود و برای معاصرسازی آنها از تکنولوژی‌های جدید و منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده شود. بهسازی انرژی ساختمان‌ها، بخشی مهمی از سرمایه گذاری برای کاهش کربن در شهرهاست و می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر بحران انرژی داشته باشد. همچنین باید توجه داشت حداکثر صرفه جویی انرژی در ساختمان‌های قدیمی بهسازی نشده ممکن است.

پس از بحران انرژی ۱۹۷۳، مقررات ساختمانی زیادی برای پوسته ساختمان مطرح شد و در ایران نیز مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به آن پرداخت. قوانین، پژوهش‌ها، نمونه‌های موردی و آزمایش‌های زیادی در کشورهای مختلف برای بررسی روش‌ها و راهکارهای مناسب بهسازی انرژی انجام شد و هم اکنون نیز در حال انجام است.

ضروریست راه حل‌های مؤثر و کم هزینه که مدولار، سفارشی، پیش ساخته و صنعتی هستند توسعه یابند. این روش‌ها موجب بهسازی سیستماتیک می‌شود و سهولت استفاده و حداقل مزاحمت برای کاربران را به همراه دارد. صنعتی سازی الزاما از مصالح جدید استفاده نمی‌کند اما از شکل‌های جدیدی از کاربرد یا ترکیب مصالح استفاده می‌شود و تولید اجزای ساختمانی، خارج از سایت است.

این مقاله سیستم نمای چند عملکردی انرژی کارآ را صرفاً از منظر انرژی بررسی می‌کند که گونه‌های متفاوتی دارد و هم اکنون در مرحله کانسپت است و در برخی ساختمان‌ها بررسی شده است.

جنبه‌های زیادی مرتبط با موضوع این پژوهش وجود دارد مثل اقلیم، روش‌های دسته بندی ساختمان‌های موجود، فرصت‌ها و راه حل‌های بهبود بهره وری انرژی ساختمان ها در بهسازی. برای این پژوهش، لازم است مواردی چند بررسی شوند از جمله طبقه بندی اقلیمی کشور ایران، استراتژی طراحی اقلیمی مناسب، تخمین مصرف انرژی ساختمان و ... که در زیر به آن پرداخته می شود.

مرسوم‌ترین دسته بندی اقلیمی سیستم کوپن - گیگر است (Kottek, Grieser, Beck, Rudolf, & Rubel,2006). علاوه بر این تقسیم بندی‌های اقلیمی دیگری برای ایران وجود دارد.

Capeluto and Ochoa (2013)، برای تعیین استراتژی‌های طراحی اقلیمی مناسب، یک متدولوژی با تکنولوژی‌های متفاوت را که می‌توانند بر سیستم ساخت مدولار اتکا کنند ارائه می‌دهد.

Mastrucci et al. (2014)، یک متدلوژی آماری مبتنی بر GIS برای تخمین مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی در کل شهر(روتردام) معرفی می‌کند.

Corgnati, Fabrizio, Filippi, and Monetti (2013)، کانسپتی برای ساختمان مرجع معرفی می‌کنند. به طور خاص، متدولوژی کلی برای ایجاد ساختمان مرجع بیان شده است. سه متدولوژی برای تعریف مدل‌های ساختمان مرجع (نمونه، واقعی و فرضی) نیز تعریف شده است. متدولوژی پیشنهادی، اطلاعات موردنیاز، نحوه جمع آوری و گردآوری آنها به دسته‌های مختلف را تشریح می‌کند.

Asadi, Silva, Antunes, and Dias (2012)، در یک پروژه بهسازی خانه‌ی تک خانواری در مرکزپرتغال، یک مدل بهینه سازی چندمنظوره برای ارزیابی کمی انتخاب تکنولوژی ارائه می‌دهد.

Hachem, Athienitis, and Fazio (2014)، مصرف انرژی و تولید انرژی ساختمان‌های مسکونی چندطبقه را تحلیل کردند و روش‌های متفاوتی را بررسی کردند تا در اقلیم سرد کانادا امکان تولید انرژی را افزایش دهند.

Young, Chen, and Chen (2014)، BIPVs برای ارتقا کانسپت نوعی عایق حرارتی شیشه‌ی خورشیدی چندعملکردی ارائه کردند که با پانل‌های فتوولتاییک شفاف معمول، متفاوت است و علاوه بر تولید برق، عملکردی شبیه عایق دارد و خودتمیزشونده است.

Martinez Arias(2013)، بهسازی ساختمان‌های نیمه‌ی قرن بیستم آمریکا را بررسی کرد و گونه‌های مختلف بهسازی را شرح داد و نحوه‌ی مداخله‌ی گونه‌های متفاوت بهسازی در نما را بیان کرد.

Lindstedt et al. (2011)، سه کانسپت نوسازی بیان کرده که می‌توانند در گونه‌های مختلف پروژه های نوسازی استفاده شوند.

اتیکس (سیستم عایق حرارتی مرکب خارجی)، مجموعه‌ای از اعضای ساختمانی است که اجزای پیش ساخته خاصی دارد و مستقیماً به نما متصل می‌شوند. این عایق به شکل گسترده‌ای برای بهسازی نما در بسیاری از کشورها استفاده می‌شود (Amaro,Saraiva, de Brito, & Flores-Colen, 2014; Künzel, Künzel, & Sedlbauer,2006) .

مطالعات نشان داد راه حل‌های متفاوتی برای بهسازی انرژی در نما در حال توسعه است که تکنولوژی‌های متفاوتی را در بر می‌گیرند. همچنین ثابت شده که پیش ساختگی یکی از فرصت‌های مهمی است که به پروژه‌های بهسازی سرعت می‌بخشد.

با وجود این، تحقیقات اندکی بر ساختمان‌های موجود در ایران انجام شده و به دلیل تعدد عوامل پیچیده (مصرف انرژی، هزینه، آسایش، مسائل زیست محیطی و ...)، روش بهسازی انرژی مناسب برای پوسته، به سهولت قابل شناسایی نیست. تکنولوژی‌های بهسازی انرژی زیادی شناخته شده هستند ولی تردید زیادی برای سودمندی و تأثیرگذاری تکنولوژی انتخابی در اقلیم و کاربری خاص وجود دارد که این امر با بررسی‌های مختلف، ممکن می‌شود (کریمیان،۱۳۹۵).

۲- بهسازی با سیستم نمای چندعملکردی

۲-۱- تعاریف بهسازی

به سختی می‌توان تعاریف بهسازی ساختمان را در انتشارات گروه‌های حرفه‌ای مختلف این حوزه یافت و کمبود اطلاعات در این زمینه قابل توجیه است. واژه‌ی"بهسازی" نیز به خوبی تعریف نشده است. تعریف لغتنامه از بهسازی " اصلاح چیزی یا نصب قسمت‌های جدید است که هنگام ساخت آن شی، در دسترس نبودند". تعریف دیگر " افزودن اجزا یا لوازم به شی ای است که طی فرآیند ساخت، وجود نداشته است"(کریمیان، ۱۳۹۵).

۲-۲- طرح مسئله

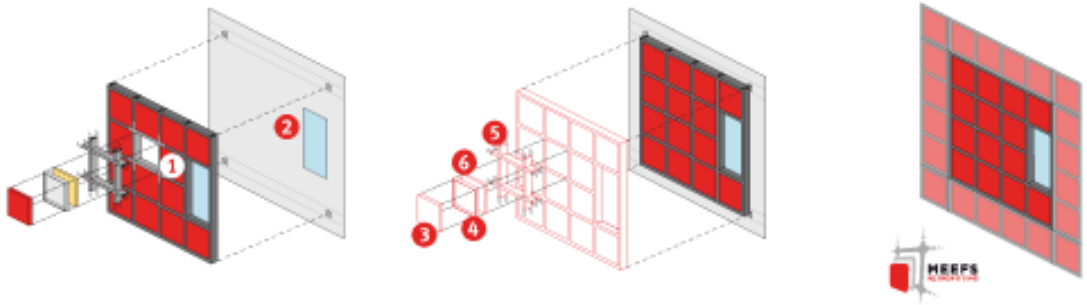
با نگرش زیست محیطی و تغییر اقلیمی، در ساخت و ساز جدید بر ساختمان‌های انرژی کارآ تأکید می‌شود، اما ساختمان‌های جدید درصد کمی از ساخت و ساز شهر را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به ساختمان‌های موجود و مصرف زیاد انرژی آنها ضروریست بهسازی انرژی ساختمان‌ها ارتقا یابد. استفاده از تکنولوژی‌های جدید در بهسازی پوسته‌ی ساختمان برای تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش اتلاف انرژی، می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشد (کریمیان،۱۳۹۵). باید در نظر داشت بخش زیادی از ساختمان‌های موجود، مسکونی اند و با توجه به بحران انرژی و اهداف بین المللی لازم است فعالیت‌های بهسازی به سرعت انجام شوند.

۲-۳- سیستم نمای چندعملکردی انرژی کارآ

ایده‌ی اصلی این سیستم، کانسپتی انرژی‌کارا برای نما بر اساس واحدهای تکنولوژیک برای ساختمان‌های مسکونی است که فناوری‌های فعال و غیرفعال را ترکیب می‌کند. نتیجه‌ی آن راه حلی انعطاف‌پذیر و مدولار بود: انعطاف پذیر تا بتواند با تیپولوژی‌ها و ساختارهای معماری مختلف منطبق شود. مدولار تا بتواند راه حل‌های تکنولوژیک مختلف را به عنوان یک سیستم ترکیب کند.

شکل (۱) ایده‌ی اصلی سیستم میفس[۱] را نشان می‌دهد که یک کانسپت نمای انرژی کارآ بر اساس ساختار تکنولوژی چند مدوله است که این امکان را فراهم می‌کند تا تکنولوژی‌های فعال و غیر فعال در نما ترکیب شوند. بهسازی نما براساس ترکیب روش‌های فعال با مصالح و طراحی غیرفعال کارآ نظیر سیستم مدیریت انرژی کارآ است. هر واحد، راه حل خلاقانه‌ی انرژی کارآی متفاوتی را در بر می‌گیرد و در پانل‌هایی قرار می‌گیرند که به سهولت نصب می‌شوند (Capeluto & Ochoa, 2013) .

این سیستم، بسیار وابسته به تولید صنعتی است که همیشه از پانل‌های مشابهی استفاده می شود، به سهولت نصب می‌شوند و مدول‌های تکنولوژیک باعث می‌شوند طرح خاصی برای هر نوع نما، جهت گیری و اقلیم شکل بگیرد.



1 پانل چندعملکردی
2 نمای موجود
3 واحدتکنولوژیک
4 مدول سازه ای
5 پانل سازه ای
6 عایق حرارتی
Te 3+4 مدول تکنولوژیک
3+4+5 پانل چندعملکردی

شکل (۱) - اجزای سیستم نمای چندعملکردی انرژی کارآ [۱]

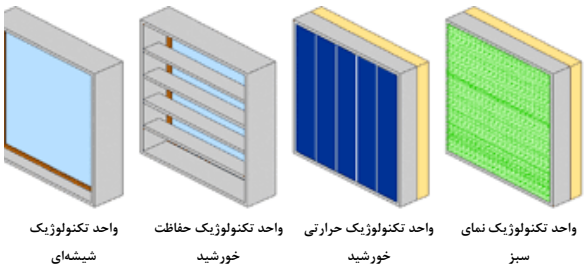
سیستم نما تشکیل شده است از سازه، سیستم مهارکننده برای اتصال پانل‌های سازه‌ای به نمای موجود، مدول‌های تکنولوژیک و سیستم کنترل هوشمند. توسعه‌ی طراحی سیستم سازه‌ای و معمارانه پروژه که معیار فنی و زیبایی شناسانه محسوب می‌شوند جزء فعالیت‌های پروژه بود. این فعالیت بر اساس ابزارهای طراحی مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) انجام می‌شود.

سیستم نما تشکیل شده است از:

سازه (شکل(۱)و۴+۵): سازه‌ی سیستم میفس بر اساس پانل‌های سازه‌ای سبک و اقتصادی و یک سیتم مهاربندی برای اتصال پانل‌های سازه‌ای به نمای موجود است. پانل‌های سازه‌ای از ماده ی مرکب (الیاف پلیمری مسلح شده) ساخته شده‌اند.

سیستم کنترل: نما، سیستم کنترل هوشمند برای مدیریت انرژی و سیستم کنترل اجزای متحرک را تلفیق می‌کند. این دو در سیستم انرژی ساختمان تلفیق می‌شوند. اتصالات و تأسیسات (الکتریکی و تجهیزات هیدرولیکی) در پانل سازه‌ای تلفیق می‌شوند. در اقلیم سرد برای تأمین عایق مناسب لازم است کنترل‌ها و تجهیزات، ارتقای بیشتری یابند و طراحی پانل جدیدی مدنظر قرار بگیرد.

واحدهای تکنولوژیک: مدول سازه‌ای و واحدهای تکنولوژیک را شامل می‌شوند (شکل (۱)،۳+۴+۵). تمام واحدهای نما، یک تکنولوژی خاص یا ترکیب منعطفی از تکنولوژی‌ها را در بر می‌گیرند که باعث کاهش مصرف انرژی و یا تأمین انرژی توسط منابع انرژی تجدیدپذیر می‌شود و چند نمونه از تکنولوژی‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است. تمام واحدهای تکنولوژیک شفاف، دارای عایق حرارتی هستند. بسیاری از واحدها از تکنولوژی‌های شناخته شده‌ای استفاده می‌کنند که ثابت شده اقتصادی و انرژی کارآ هستند. خلاقیت واحدهای تکنولوژیک، ترکیب استراتژی‌های غیرفعال مختلف در همان واحدهاست. در طراحی این سیستم، از استراتژی‌های غیرفعال مختلفی در همان واحدها استفاده می‌گردد و عملکردشان بر حسب شرایط اقلیمی تعریف می‌شود. همچنین در سیستم‌های نمای مختلفی قابل اجراست.



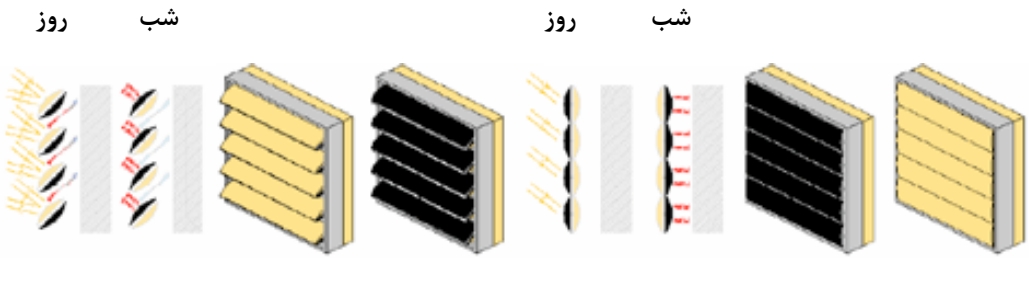
شکل (۲) - واحدهای تکنولوژیک در سیستم میفس [۱]

دو مدول خلاقانه در فرآیند ارتقا میفس ایجاد خواهند شد: محافظ غیرفعال خورشیدی پیشرفته و واحد جذب انرژی (شکل ۳)؛ و گردآورنده خورشیدی غیرفعال پیشرفته و واحد تهویه (شکل ۴).

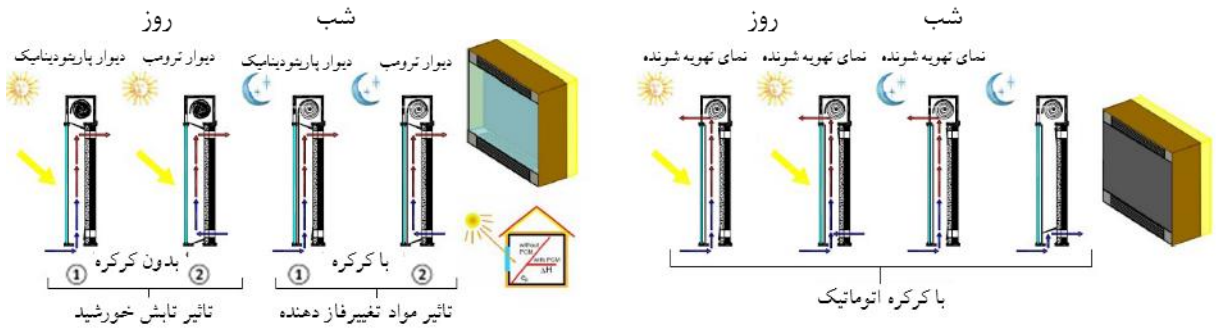
واحدهای تکنولوژیک، از یک ردیف کرکره‌ی چندعملکردی تشکیل شده‌اند (دو ماده‌ی مختلف در دو سمت آن و پوشش منتخب). وضعیت کرکره‌ها با توجه به شرایط اقلیمی یا سیستم ساده‌ی حسگرها تغییر می‌کند.

طرح شکل ۴ نیز بر اساس ساختار دوجداره‌ی اقلیمی غیر فعال است که با مدول‌های خاص ترکیب می‌شوند. این سیستم تشکیل شده از:

- یک لایه خارجی نیمه شفاف
- یک دیوار داخلی سبک با اینرسی حرارتی پایین
- فضای گردش هوا در بین آن‌ها
- سیستم پوششی قابل کنترل



شکل (۳) - واحدهای تغییر عملکرد واحدهای تکنولوژیک در سیستم نمای چندعملکردی [۱]



دوره گرمایش (زمستان) دوره سرمایش (تابستان)

شکل (۴) - عملکرد سیستم غیرفعال سیستم کرکره‌ای کنترلی با جریان هوا با قابلیت انتخاب مناسب‌ترین الگوی حرکت هوا در گردآورنده، ۱ - با نوسازی هوا ۲- بدون نوسازی هوا [۱]

کاربرد عام آن اجازه می‌دهد در گردآورنده‌های خورشیدی غیرفعال، مدیریت تهویه داشته باشیم که می‌تواند الگوهای تهویه بیشترین سیستم‌های غیر فعال اقلیمی (دیوار ترومب، دیوار پاریتودینامیک، نمای تهویه شونده، دودکش خوشیدی و سرمایش غیرفعال) را مدیریت کند که همگی در همان واحدهای تکنولوژیک ترکیب می‌شوند.

خلاقیت اصلی در این سیستم کرکره‌ای کنترلی با جریان هوا، قابلیت انتخاب مناسب‌ترین الگوی حرکت هوا در کلکتور است. همچنین یک سیستم پوششی در نظر گرفته شده که در زمستان در غیاب خورشید از اتلاف حرارت جلوگیری کرده و در روز تابستان از گرمایش جلوگیری می‌کند و اینها بخشی از سیستم هوشمند ساختمان هستند که طبق شرایط محیط بیرون و نیاز کاربر در بهترین حالت انتخاب می‌شود.

عایق لایه پشتی(شکل (۱)،۶): لایه ممتد عایق پشتی از پانل عایق صلب تشکیل شده و با اتصالات مکانیکی به قسمت پشتی نمای سازه‌ای پانل چندعملکردی متصل می شود. تخته‌ها همان ابعاد پانل چندعملکردی را دارند تا این لایه عایق پیوسته باشد. چون به پانل چندعملکردی متصل شده است (نه به نمای ساختمان)، سیستم نما در یک مرحله به نما کاملا متصل می‌شود. این موضوع، تأثیر پل حرارتی مدول‌ها و پانل سازه‌ای را محدود می‌کند. برای اقلیم‌های سرد باید ملاحظات خاصی برای ضخامت این لایه لحاظ شود. علاوه بر این باید جابجایی بخار آب در نظر گرفته شود و در اجزای سازه ای از انباشتگی رطوبت و در نتیجه مشکلات کپک جلوگیری شود.

در سیستم میفس، واحدهای تکنولوژیک، عملکردهای اصلی پوسته ساختمان قدیمی را پوشش می‌دهند و همچنین کارکردهای جدیدی مثل تولید انرژی و مدیریت جریان انرژی برای ساختمان ایجاد می‌شود

علاوه بر این قبل از نصب پانل‌ها باید ارزیابی‌های دیگری برای هر ساختمان صورت بگیرد (Paiho, S., et al ,2015).

۳- بحث و نتیجه

این مقاله بر جنبه انرژی سیستم نمای چندعملکردی تمرکز کرده است. علاوه بر این جنبه‌های مهم دیگری نظیر مقاومت مکانیکی و پایداری، امنیت و حفاظت در برابر حریق، بهداشت، سلامت و قوانین محلی و همچنین مسائل حقوقی وجود دارد.

به طور کلی از دید انرژی، سیستم میفس می‌تواند به سهولت استفاده شود. بهسازی ساختمان، فرصت مهمی برای به روزرسانی ساختمان ایجاد می کند تا مقررات انرژی، زیست محیطی و پایداری فعلی و آینده رعایت شوند. راه حل‌های پیش ساخته مثل میفس، مزایای زیادی مثل سرعت عمل، کاهش خطا در سایت و حداقل مزاحمت برای ساکنان را دارند. علاوه بر این در هر دوره‌ی زمانی، تعداد بسیار زیادی ساختمان مشابه با مشخصات مشابه وجود دارد. این موضوع موجب می‌شود صنعتی سازی ساختمان ممکن شود. سازگاری نماهای پیش ساخته با ساختمان‌های متداول می‌تواند برای سرمایه گذاران مشارکت کننده، صرفه‌ی اقتصادی قابل توجهی داشته باشد (Paiho, S., et al ,2015) به نظر می‌رسد اکثر ساختمان‌های مسکونی قدیمی متداول از نظر معماری، ظاهری یکدست با شرایط نامطلوب دارند و رضایت زیبایی شناسانه را تأمین نمی‌کنند (Raslanas et al., 2011). با معاصر سازی میفس، به ارزش زیبایی ساختمان افزوده می‌شود. برای ساختمان‌هایی با ابعاد مشابه این امکان ایجاد می‌شود تا روش‌ها و پانل های هماهنگ برای تولید صنعتی اقتصادی فراهم شود و در نتیجه تعداد بسیار زیادی از ساختمان‌ها می‌توانند بهسازی شوند و این روش،

آثار اجتماعی-اقتصادی زیادی به همراه خواهد داشت(Paiho, S., et al ,2015).

بهسازی ساختمان نیز باید با توجه به آسیب شناسی ساختمان و در نظر گرفتن سازه، سیستم و مصالح نما، تأسیسات، ایمنی، حفاظت در برابر حریق، جزئیات ساختمانی، کاربران، زمین و ... صورت بگیرد. علاوه بر این ضوابط شهرداری و میراث فرهنگی از دیگر محدودیت‌ها به شمار می‌رود که باید مدنظر قرار داد (کریمیان،۱۳۹۵).

مراجع

[۱] کریمیان، مولود، **بهسازی انرژی نمای ساختمان های موجود (نمونه موردی: ساختمان اداری در اصفهان)**، کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر تهران، تهران، (۲-۵)و (۳۷-۳۴)و(۶۸-۶۱)، ۱۳۹۵

[۲] Asadi, E. , da Silva, M. G. , Antunes , C. H. , & Dias , L. (2012). *Multi-objective optimization for building retrofit strategies: A model and an application*. Energy and Buildings, 44, 81-87

[۳] Amaro, B., Saraiva, D., de Brito, J., & Flores-Colen, I. (2014*). Statistical survey of the pathology, diagnosis and rehabilitation of ETICS in walls*. Journal of Civil Engineering and Management, 20(4), 511–526.

[۴] Capeluto, I. G., & Ochoa, C. E. (2013). *On the determination of climate strategies for a multifunctional energy retrofit facade system*. In Presented on CISBAT International Conference "Cleantech for Smart Cities and Buildings, from Nano to Urban Scale" 4–6 September, EPFL Lausanne, Switzerland, (p. 6). 2013

[۵] Corgnati, S. P., Fabrizio, E., Filippi, M., & Monetti, V. (2013). *Reference buildings for cost optimal analysis: Method of definition and application*. Applied Energy, 102,983–993.

[۶] Hachem, C., Athienitis, A., & Fazio, P. (2014). *Energy performance enhancement inmultistory residential buildings*. Applied Energy, 116, 9–19.

[۷] Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, 15(3),259–263. June 2006

[۸] Künzel, H., Künzel, H. M., & Sedlbauer, K. (2006). *Long-term performance of external thermal insulation systems (ETICS)*. Architectura, 5(1), 11–24.

[۹] Lindstedt, T., Kärki, A., Palmu, T., & Junnonen, J.-M. (2011). *Concept generation of renovation with prefabricated elements*. Aalto University, School of Engineering, Department of Civil and Structural Engineering. AaltoSeries Tiede ja teknologia 20/2011. ISBN 978-952-60-4382-1.

[۱۰] Mastrucci, A., Baume, O., Stazi, F., & Leopold, U. (2014). *Estimating energy savings for the residential building stock of an entire city: A GIS-based statisticaldownscaling approach applied to Rotterdam*. Energy and Buildings, 75, 358–367.

[۱۱] Paiho, S., et al. (2015). *An energetic analysis of a multifunctional facade system for energy efficient retrofitting of residential buildings in cold climates of Finland and Russia*. Sustainable Cities and Society

[۱۲] Raslanas, S., Alchimovien˙e, J., & Banaitien˙e, N. (2011). *Residential areas with apartment houses: Analysis of the strategies condition of buildings, planning issues, retrofit and scenarios*. International Journal of Strategic Property Management,15(2), 158–172. ISSN 1648-9179.

[۱۳] Young, C. -H., Chen, Y. -C. & Chen, P. C. (2014). *Heat insulation solar glass and application on energy efficiency buildings*. energy and buildings, in press, acceptedmanuscript.

[1] multifunctional energy retrofit facade system (Meefs)