صفحات ۵-۱۵ (علمی-پژوهشی)
نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی ● دوره ۲۶ ● شماره ۱ ● بهار ۱۴۰۰

# حفاظت، انطباق‌پذیری و استفاده مجدد از میراث معماری، رویکردی براساس کارآیی انرژی «تعیین فرآیند و تبیین اقدامات»*

**غلامحسین غلامی[۱]، شاهین حیدری**[۲]**، پیروز حناچی[۳]**

[۱]پژوهشگر دوره دکتری مرمت، گروه مرمت، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران.
[۲]استاد گروه تکنولوژی، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران.
[۳]استاد گروه مرمت، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۲/۰۱)

## چکیده

**مدیریت منابع انرژی در استفاده مجدد سازگار از میراث معماری، یکی از مصادیق حفاظت پایدار است. انطباق‌پذیری و استفاده مجدد از بناهای تاریخی با رویکرد کارآیی انرژی، نقش عمده‌ای در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به تبع آن تعادل پویای محیط زیستِ طبیعی و انسانی دارد، اما چالش اصلی، چگونگی اجرای اقدامات مربوطه است تا علاوه بر پایایی عملکردها، مداخلات مخرب نیز کنترل شود. اهمیت این موضوع، پژوهش‌های وسیعی را در کشورهای توسعه یافته به دنبال داشته است؛ اما پژوهش حاضر را می‌توان، از اولین گام‌ها در ایران برشمرد. هدف این مقاله، دستیابی به فرآیندی جامع و نظام‌مند از مجموعه اقداماتی است که ضمن حفاظت از میراث معماری، موجب بهبود کارآیی انرژی شود. بدین منظور از طریق بازخوانی و تحلیل فرآیندها و اقدامات بهبود عملکرد انرژی بناهای تاریخی در منابع معتبر علمی، انواع اقدامات و مراحل اجرای آن مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. روش گردآوری اطلاعات در این مقاله کتابخانه‌ای است و روش تحلیل اطلاعات از نوع کیفی و راهبرد تحلیل محتوا است. بررسی و اولویت‌بندی انواع اقدامات، توجه به اصول معماری همساز با اقلیم و تأکید بر نقش کاربر در کارآیی انرژی و تبیین آن در فرآیند پیشنهادی را می‌توان از دستاوردهای مقاله عنوان کرد.**

## واژگان کلیدی

**حفاظت پایدار، ارزش‌ها، استفاده مجدد سازگار، فرآیند، انرژی کارآمد، بناهای تاریخی.**

*مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نگارنده اول، با عنوان «حفاظت و بازآفرینی میراث معماری مسکونی ایران، رویکردی براساس کارآیی انرژی (مطالعه موردی خانه دوره قاجاریه شهر یزد)» می‌باشد که با راهنمایی نگارندگان دوم و سوم، در دانشگاه تهران ارائه شده است.

** نویسنده مسئول: تلفن: ۶۶۹۷۲۰۸۳-۰۲۱، نمابر: ۶۶۴۱۵۲۸۲-۰۲۱، E-mail: shheidari@ut.ac.ir.

## مقدمه

انطباق‌پذیری و استفاده مجدد از میراث معماری با رویکرد کارآیی انرژی، فرصت بی‌نظیری برای دستیابی به سطوح بالاتر عملکرد محیطی و کاهش مصرف منابع انرژی است و زمینه کاهش انتشار دی اکسید کربنِ موردِ نیاز، برای بهره‌برداری از بنا را فراهم می‌آورد و برخلاف فعالیت‌های تخریب و ساختِ ساختمان‌های جدید؛ مزایای زیست محیطی و اقتصادی را به همراه دارد (Munarim & Ghisi, 2016, 235). صرفه‌جویی انرژی از طریق استفاده مجدد از بناهای تاریخی، بخشی از چرخه کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در بخش ساختمان است و بر طبق برآوردها، بخش عمده انتشار دی‌اکسید کربن مربوط به مرحله استفاده از ساختمان‌ها می‌باشد (Flores, 2013, 4)؛ لذا در شهرهای تاریخی، استفاده مجدد از میراث معماری با رویکرد کارآیی انرژی، نقش مستقیمی در کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و در نتیجه کاهش تغییرات اقلیمی خواهد داشت. تغییرات اقلیمی می‌تواند به بی‌ثباتی شرایط محیطی و اجتماعی در سرتاسر جهان منجر شود و بر حفاظت از میراث جهانی، طبیعی و فرهنگی تأثیر منفی بگذارد (Hassan & Xie, 2020, 12). کمیته میراث جهانی در بیست و نهمین جلسه خود در سال ۲۰۰۵ م. به تأثیر منفی تغییرات اقلیمی بر بسیاری از ویژگی‌های میراث جهانی اشاره می‌کند (Franco & Magrini, 2017, 7). بنابراین چاره‌اندیشی در خصوص ۱. مسأله حفاظت از بناهای تاریخی با قابلیت اعطای کاربری، و ۲. کنترل تغییرات اقلیمی، انجام اقدامات اصلاحی جهت بهینه سازی مصرف منابع انرژی در میراث معماری را به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر بدل می‌کند. برای شروع اقدامات، سوالات زیر مطرح می‌شود: - چه اقداماتی جهت بهبود عملکرد انرژی در بنای تاریخی انجام می‌شود؟ - این اقدامات طی چه مراحل و فرآیندی می‌تواند موجب بهینه‌سازی مصرف منابع انرژی شود؟ - کدام اقدامات در اولویت قرار می‌گیرد؟ بر این اساس هدف پژوهش، دستیابی به فرآیندی جامع و نظام‌مند از مجموعه اقداماتی است که موجب بهبود کارآیی انرژی و حفظ اهمیت معنایی و ارزش‌های بناهای تاریخی می‌شود. اقداماتی که علاوه بر کنترل مداخلات بی‌رویه، جلوگیری از آسیب به بناهای تاریخی و کاهش مصرف منابع انرژی، زمینه‌ساز کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، کاهش تغییرات اقلیمی و در نهایت حفاظت پایدار میراث معماری شود.

## ۱- روش پژوهش

گردآوری اطلاعات برای نگارش مقاله از طریق مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای به دست آمده است و تحلیل‌ها برای نتیجه‌گیری، از نوع کیفی است. در ابتدا، مقالات علمی در نمایه استنادی اسکوپوس با واژگانی کلیدی متناسب با موضوع مقاله مورد جست‌وجو قرار گرفت.[۱] نتایج جست‌وجوها بیانگر آن است که کشورهای ایتالیا، انگلستان و آمریکا در انتشار مقالات علمی در این زمینه پیشرو هستند و مولف استاندارد و فرآیند مربوط به کارآیی انرژی در بناهای تاریخی می باشند. از آنجا که تمرکز مقالات بیشتر بر روی موضوعی خاص (به‌طور مثال شبیه سازی انرژی) در بناهای تاریخی است و فرآیند کلی اجرای اقدامات بهبود کارآیی انرژی را ارائه نمی‌کند؛ بنابراین علاوه بر مقالات، کتاب‌های تخصصی، استانداردها و دستورالعمل‌های کشورهای نام برده شده، در کانون توجه قرار گرفت.

### ۱- ۱. مفهوم کارآیی انرژی و رویکرد پژوهش

کارآیی انرژی[۲]، ارائه همان سطح از خدمات است، با تجهیزاتی که انرژی کم‌تری مصرف می‌کند (Hayter et al., 2019, 3). به عبارتی دیگر، کارآیی انرژی روشی برای مدیریت و محدودکردن رشد مصرف انرژی است. یک ساختمان از نظر انرژی کارآمد است؛ اگر خدمات بیشتری را برای ورودی مشابه انرژی ارائه دهد یا همان خدمات را برای ورودی کم‌تر انرژی، ارائه دهد (Martínez-Molina, Tort-Ausina, Cho & Vivancos, 2016, 71). مصرف منابع انرژی و صرفه‌جویی انرژی در معماری، با دو گرایش اصلیِ ۱- انرژی نهفته[۳]، و ۲- انرژی عملکردی[۴]، مورد بحث قرار می‌گیرد (Webb, 2017, 750). که در مورد اول، حفاظت یا تخریب کلیه منابعی که در ساخت بنا بکار رفته، مورد توجه است و در مورد دوم، انرژی مصرفی هنگام استفاده از ساختمان اهمیت می‌یابد. استفاده مجدد از ساختمان با رویکرد صرفه‌جویی در تولید مصالح و ساخت بنا، توجه به انرژی نهفته دارد و کارآیی انرژی در ساختمان، ناظر بر انرژی عملکردی است؛ در نهایت هرگاه بحث استفاده مجدد از ساختمان با رویکرد کارآیی انرژی مطرح می‌شود؛ انرژی عملکردی در کانون توجه است؛ در حالی که به‌طور ذاتی، مزایای صرفه‌جویی در انرژی نهفته نیز در دل آن، مستتر است. در این پژوهش به اقداماتی غیر از ویرانی یا تخریب که منجر به تغییر فیزیکی ساختار و اجزای بنای تاریخی شود، اقدامات مداخله‌ای گفته می شود و به اقداماتی که بدون تغییر فیزیکی انجام شود، اقدامات غیرمداخله‌ای گفته می شود.

## ۲- پیشینه پژوهش

در دهه گذشته میلادی، موضوع کارآیی انرژی در بناهای تاریخی به‌طور فزاینده‌ای اهمیت یافته است. از دلایل این محبوبیت می‌توان به فراوانی بناهای تاریخی، لزوم تعادل در بهبود کارآیی انرژی با الزامات حفاظت‌و دانش‌اندک در مورد رفتار حرارتی بناهای تاریخی اشاره کرد (Akkurt et al., 2020, 1). نتایج بررسی مقالات پژوهشی از ۱۹۷۸م. تا ۲۰۱۴ م.، وجود رابطه مستقیم بین رکود اقتصادی و تمایل به افزایش سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی و در نتیجه تمرکز از ساختمان‌های جدید به طرح‌های مرمت و اجرای اقدامات بازده انرژی را نشان می‌دهد (Martínez-Molina et al., 2016, 71). بخش قابل توجهی از این پژوهش‌ها در مورد کارآیی انرژی است و سایر پژوهش‌ها پیرامون انرژی‌های نو و تجدیدپذیر در بناهای تاریخی می‌باشد. کارآیی انرژی با اجرای عایق‌کاری داخلی پوسته، استفاده از روکش خنک و به‌سازی پنجره، اولین رویکردی است که در ضمن بررسی سایر مقالات، می‌توان در نظر گرفت (Cabeza, de Gracia, & Pisello, 2018,109). کشور انگلستان در سیاست‌گذاری و تدوین استانداردها و تالیف راهنما در زمینه «کارآیی انرژی و بناهای تاریخی»، بسیار موفق عمل کرده

است. در مقاله جاهد و دیگرا ن(۲۰۲۰ م.)، انگلستان به عنوان معیار بهینه‌سازی مصرف انرژی در بناهای تاریخی، در نظر گرفته شده است و روند توسعه سیاست‌های انرژی در چهار مرحله طبقه‌بندی شده است که شامل: ۱. مرحله صرفه‌جویی انرژی (۱۹۷۳–۱۹۸۱م.)، ۲. مرحله کارآیی انرژی (۱۹۸۱–۲۰۰۰ م.)، ۳. مرحله کارآیی انرژی و آگاهی از محیط زیست (۲۰۱۰-۲۰۰۰ م.)، و ۴. مرحله فاز کربن نزدیک به صفر (۲۰۱۰م. تاکنون) (Jahed, D. Akta, Rickaby, & Güliz Bilgin Altınöz, 2020, 3). میراث انگلستان[۵] در سال ۲۰۱۰م. دستورالعمل «کارآیی انرژی و بناهای تاریخی» را به صورت ضوابط استاندارد تدوین و منتشر کرد. این مجموعه در مورد اصول، خطرات، مواد و روش‌های بهبود کارآیی انرژی سقف‌ها، دیوارها و کف‌ها در بناهای تاریخی مشاوره می‌دهد(Pickles, Brocklebank, & Wood, 2010, 6). اگر چه در این کتاب فرآیندی برای اقدامات ارائه نشده است، ولی انتشار آن، زمینه روشمندیِ اقدامات را فراهم کرد و سایر کشورها نیز از آن الگو گرفتند. در کتاب «راه‌حل‌های کارآیی انرژی در بناهای تاریخی» که در سال ۲۰۱۳ م. منتشر و در سال‌های بعد بازنشر شد، علاوه بر تبیین فرآیندی منظم از اقدامات، در قسمت بررسی نمونه‌های موردی نیز، فرآیندی کلی به تصویر کشیده شده که به تبیین استراتژی‌ها، فرآیند اعتبارسنجی و ارزیابی اقدامات بهینه‌سازی انرژی پرداخته است (Troi & Bastian, 2015, 304). انجمن ایتالیایی تهویه مطبوع، گرمایش و سرمایش[۶] در سال ۲۰۱۴ م. با چاپ دستورالعملی با عنوان «کارآیی انرژی در بناهای تاریخی»، به تبیین فرآیند و تشریح اقدامات بهبود عملکرد انرژی در بناهای تاریخی پرداخت.

روندنمای[۷] پیشنهادی در این کتاب در تعدادی از منابع دیگر از جمله کتاب «بناهای تاریخی و انرژی» (Franco & Magrini, 2017, 51) و مقاله «دستورالعمل‌های کارآیی انرژی میراث فرهنگی» مورد استفاده قرار گرفته است (Santoli, 2014, 21). نگارش مقاله «روشی برای رویکردی یکپارچه برای بهسازی لرزه‌ای و انرژی ساختمان‌های تاریخی در حوزه مدیترانه» براساس توجه به مرحله شناخت و پیش تشخیص متناسب با استاندارد ایتالیایی به نگارش درآمده است (Moschella, Gagliano, Faro, Salemi, & Sanfilippo, 2018, 6). کمیته استانداردسازی اروپا[۸] در سال ۲۰۱۵ م. پیش‌نویس و سپس در سال ۲۰۱۷ م. استاندارد بریتانیایی «حفاظت از میراث فرهنگی، دستورالعمل‌های مربوط به بهبود عملکرد انرژی بناهای تاریخی» را منتشر کرد؛ این استاندارد به تفصیل فرآیند و چهارچوب اقدامات را تشریح کرده است و رهنمودهایی برای بهبود عملکرد انرژی بناهای با ارزش تاریخی، معماری یا فرهنگی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای براساس اهمیت معنایی بنای میراثی و مراجع الزامی[۹] برای انتخاب اقدامات بهبود عملکرد انرژی را ارائه می‌دهد (Technical Commitee CEN/TC 346, 2015, 6). روندنمای ارائه شده در این استاندارد، در بسیاری از منابع دیگر مورد توجه قرار گرفت، از جمله در کتاب راهنمای «کارآیی انرژی در بناهای تاریخی» که در سال ۲۰۱۸ م. توسط اتحادیه انجمن های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع اروپا (رهوا[۱۰]) منتشر شد (R. d'Ambrosio Alfano & Mazzarella, 2018, 5). در برخی مقالات، تلاش شد رویکرد جدیدی بر مبنای استاندارد اروپایی ترسیم شود، به‌طور مثال روشی که بر مبنای آسیب‌شناسی بنا و فرصت پیش آمده جهت مداخله رفع آسیب‌ها استوار است و از این طریق ضمن توجه به اهمیت معنایی میراث، اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی را نیز انجام می‌دهد (Agurto & Mar, 2019, 4). مؤسسه اَشری[۱۱] آمریکا، ابتدا در سال۲۰۱۶ م. و سپس در ۲۰۱۹ م. اقدام به انتشار دستورالعمل ۳۴ اَشری تحت عنوان «دستورالعمل انرژی برای بناهای تاریخی» نمود و توضیحات جامع و مفصلی از فرآیند و اقدامات را برای دستیابی به کارآیی انرژی در ساختمان‌های تاریخی با هدف بهبود مواردی همچون: - بازده انرژی بهره‌برداری و نگهداری؛ -کارآیی سامانه‌ها و تجهیزات ساختمانی با استفاده از انرژی؛ و -عملکرد انرژی پوسته ساختمان، ارائه نمود (Hayter et al., 2019, 2).

## ۳- مبانی نظری پژوهش

### ۳- ۱. حفاظت و مفاهیم اصلی مؤثر بر مداخلات در بناهای تاریخی

متخصصین حفاظت معماری بر این عقیده‌اند که هر گونه مداخله در بناهای تاریخی، باید حداقلی باشد؛ به عبارت دیگر حداقل اقدام مؤثر، همیشه بهترین است و این عمل باید برگشت‌پذیر باشد (Feilden, 2003, 3). اما نکته اساسی آن است که مداخلات براساس چه معیاری انجام می‌شود. در بحث سیاست‌گذاری برای مداخله در آثار تاریخی اعم از آثار ملموس یا غیرملموس، محور اصلی و تعیین‌کننده برای مداخله باید ارزش‌های استحصالی از اثر باشد (نژاد ابراهیمی، پورجعفر، انصاری، حناچی، ۱۳۹۲، ۹۵). ارزش‌ها تبیین‌کننده مفاهیمی همچون اهمیت معنایی[۱۲] و اصالت[۱۳] هستند، که این دو مفهوم در کنار مفهوم یکپارچگی[۱۴]، مفاهیم اصلی حوزه حفاظت را تشکیل می‌دهند. (فدایی‌نژاد، عشرتی و حناچی، ۱۳۹۷، ۱۱۶) و درک و شناخت این مفاهیم برای هرگونه مداخله در بناهای تاریخی، الزامی است. اما ارزش‌های میراث معماری ممکن است از منطقه‌ای به منطقه دیگر یا از نسلی به نسل دیگر تغییر نماید؛ می‌توان سه عامل بستر محیطی، زمان و نوع مداخلات حفاظتی در گستره ویژگی‌های بیرونی اثر را از عوامل مهم در ایجاد دگرگونی‌های ارزشی دانست که قابلیت ایجاد تغییرات در نگرش‌های ارزشی در حوزه حفاظت را خواهند داشت (شیروانی، احمدی، وطن‌دوست، ۱۳۹۵، ۴۶). بنابراین رابطه ارزش‌ها و مداخلات حفاظتی، رابطه‌ای مستقیم و دوطرفه است، از یکسو ارزش‌ها، نوع مداخلات را تعیین می‌کند و از سوی دیگر مداخلات یکی از عواملی است که می‌توانند بر ایجاد دگرگونی و تغییر دیدگاه‌های ارزشی مؤثر باشد و این امر بر اهمیت و حساسیت مداخله در بناهای تاریخی می افزاید و می‌توان نتیجه گرفت که بهترین اقدامات از دیدگاه حفاظت ارزش مبنا، اقدامات غیرمداخله‌ای در بناهای تاریخی است و اقدامات مداخله‌ای که منجر به تغییر فیزیکی در ساختار و اجزاء بنا می گردد، باید براساس صیانت از مفاهیم اصلی حفاظت و مبتنی بر حفظ ارزش‌های میراث معماری انجام شود.

### ۳- ۲. ارزیابی فرآیندها و اقدامات بهبود عملکرد انرژی میراث معماری در منابع علمی

در کتاب «راه‌حل‌های کارآیی انرژی در بناهای تاریخی» ضمن تشریح مبانی ساختمان، به تحلیل قبل از مداخله، برنامه‌ریزی مداخلات و ارائه راه‌حل‌هایی مانند اقدامات در پوسته شامل عایق‌بندی، هوابندی و

اصلاح پنجره و سایه‌اندازی‌ها، سرمایش، گرمایش و تهویه به روش‌های فعال و غیرفعال و الزامات اساسی روشنایی اشاره شده و به چگونگی نظارت و تصحیح اقداماتِ اشتباه پرداخته است. در انتهای کتاب روند کلی اقدامات در یکی از نمونه‌های موردی تبیین شده است (تصویر ۱) که براساس آن، اولین مرحله در استراتژی‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، تعیین اهداف قرار گرفته و اقدامات کارآیی انرژی، متناظر با آن، مشخص شده است. پس از تعیین استراتژی‌ها، مرحله فرآیند اعتبارسنجی قرار دارد که اقدامات مختلف تشخیصی از جمله انجام آزمایش‌های مربوط به عایق‌بندی و هوابندی، بررسی سامانه‌های انرژی و شبیه سازی عملکرد انرژی را در خود جای داده است و در نهایت بررسی و ارزیابی اقدامات بهینه‌سازی انرژی قرار گرفته است. دستورالعمل انجمن ایتالیایی تهویه مطبوع، گرمایش و سرمایش تحت عنوان «کارآیی انرژی‌بناهای‌تاریخی»، فرآیند دقیق‌تری را جهت اقدامات بهبود عملکرد انرژی در بناهای تاریخی ارائه می نماید (تصویر ۲). این فرآیند از بررسی و شناخت تاریخی، بافت پیرامونی و تجزیه و تحلیل آن شروع می شود و با ارزیابی تخریب و آسیب‌ها و مطالعه تکامل سامانه‌ها و تأسیسات اولیه ساختمان ادامه می‌یابد و سرانجام به ارزیابی عملکرد انرژی و مداخله ای که باید انجام شود، می رسد. این بخش هم‌چنین شامل تجزیه و تحلیل عمیق مسائل فنی در مورد نوع مداخلات احتمالی روی پوسته و تأسیسات آن است (Franco & Magrini, 2017,46). در دستورالعمل ایتالیایی، برای بهبود کیفیت محیط داخلی، اقدامات بر روی پوسته یا سامانه تأسیسات متمرکز است. در جدول (۱) مراحل

تصویر ۱- ارزیابی اقدامات بهینه‌سازی انرژی بنای تاریخی.
مأخذ: (Troi & Bastian, 2015, 304)

تصویر ۲- روندنمای اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی، انجمن ایتالیایی تهویه مطبوع، گرمایش و سرمایش. مأخذ: (Franco & Magrini, 2017, 51)

جدول ۱- شرح مراحل مختلف اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی براساس دستورالعمل انجمن ایتالیاییِ تهویه مطبوع، گرمایش و سرمایش. مأخذ: (Franco & Magrini, 2017)

| عنوان مرحله | شرح مراحل |
|---|---|
| اقدامات اولیه | در مرحله مقدماتی، لازم است تاریخچه بنا مطالعه شود و آسیب‌ها و دلایل بروز آن بررسی و تحلیل شود و با ممیزی انرژی، مصرف انرژی ساختمان به طور دقیق مشخص شود. در این مرحله شناخت و تحلیل پوسته، سامانه‌های مورد استفاده و مدلسازی انرژی بنا نیز انجام می‌شود. |
| ارزیابی عملکرد انرژی قبل از اقدام | ممیزی و عملکرد انرژی بنا قبل از هر گونه اقدام، در این مرحله مشخص خواهد شد. تهیه یک ممیزی بهینه انرژی نیاز به دانش طیف وسیعی از اطلاعات مربوط به سامانه و ویژگی‌های آن دارد. برای انجام این کار، در ابتدا لازم است عملکردهایی را که سامانه های معماری و فن آوری باید برآورده کنند، شناسایی کنیم. |
| تعیین اقدامات | در این مرحله، نحوه مداخله با توجه به ویژگی‌های میراثی بنا مشخص می شود. پس از مشخص شدن نحوه مداخله و تاثیر آن بر بنای تاریخی، تمام اقدامات ممکن برای بهبود آن باید ارزیابی شود. برای بهبود کیفیت محیط داخلی دستورالعمل ایتالیایی پیشنهاد می‌کند بر روی پوسته یا سامانه کار کنند. مداخلات روی پوسته شامل عایق بندی حرارتی دیوارها، تعویض پنجره ها و پرده ها است. |
| ارزیابی عملکرد انرژی پس از مداخله | در این مرحله، فقط مداخلات موثری که منجر به حصول نتایج مناسب و ملموس شود؛ در نظر گرفته خواهد شد. موارد به طور گسترده مورد مطالعه قرار می‌گیرد تا بهترین اقدامات از نظر انرژی و صرفه جویی به دست آید. |
| ممیزی عمیق انرژی | چنانچه در ارزیابی اقدامات انجام شده، نتایجی مناسبی حاصل نشود و اقدامات منجر به بهبود ملموس عملکرد انرژی نگردد، ممیزی عمیق انرژی انجام خواهد شد و مجددا تاثیرات آن بر میراث و تعیین نوع مداخله بررسی می شود. ممیزی انرژی یک بنای تاریخی یک فرآیند ساده نیست. برای جمع آوری و سازماندهی داده‌ها، برگه‌های مشخصات فنی و پروتکل برای راهنمایی متخصص بسیار مفید است. |
| برنامه ریزی مداخله | پس از تایید بهبود عملکرد جدید انرژی، یکی از موانع موجود، کمبود برنامه، همراه با عدم دانش کافی از مواد و نحوه چینش آنهاست که می تواند با روش های نفوذی یا غیرمخرب مانند تکنیک آندوسکوپی یا دماسنج مادون قرمز تعیین شود. بدیهی است در این مرحله نهایی، همکاری دقیق با متخصص حفاظت لازم است. |

مختلف به صورت خلاصه شرح داده شده است.

استاندارد اروپایی «دستورالعمل‌های مربوط به بهبود عملکرد انرژی ساختمان‌های تاریخی» از منابع مهمی است که به شرح اقدامات کارآیی انرژی پرداخته است و براساس تحقیق، تجزیه‌وتحلیل و مستندات ساختمان و معنای فرهنگی میراث، روش کار اصولی را برای انتخاب اقدامات بهبود عملکرد انرژی ارائه می‌دهد. مطابق بند ۴ پیش‌نویس استاندارد[۱۵]، ابتدا ملاحظات کلی قبل از اعمال اقدامات، در نظر گرفته شده است که عبارتند از: - کسب صلاحیت انجام اقدامات، منوط به رویکرد چند رشته‌ای در تیم پروژه است که دارای مشخصات کلی معماری و فنی مورد نیاز برای هر پروژه مرمتی باشد؛ - شناخت اصول حفاظت از ساختمان و درک معنای فرهنگی و ارزش‌های بنا جهت انتخاب مداخلات غیر تهاجمی و برگشت‌پذیر؛ - مدیریت پایدار ساختمان؛ و - شناخت دقیق از سامانه پوسته ساختمان و سامانه‌های فنی موجود. روندنمای ارائه‌شده در این استاندارد برای شناسایی راه حل‌های مناسب مطابق با الزامات مورد نظر ساختمان در تصویر (۳) مشخص است. این روند به صورت تکرارشونده است. شرح فرآیند اقدامات در جدول (۲) ارائه شده است. مطابق این دستورالعمل تغییر رفتار کاربر بدون تغییر در ساختمان، می تواند صرفه‌جویی قابل توجهی در انرژی ایجاد کند. کاربران باید از تأثیر رفتار خود، آگاه شوند و چگونگی تأثیر آنها بر حفاظت، مصرف انرژی و هزینه های مرتبط مشخص شود (Technical Commitee CEN/TC 346, 2015, 17). در استاندارد اروپایی اگر چه به اهمیت نقش کاربر تأکید شده ولی در این مورد، راهکاری عملی ارائه نشده است.

مقاله «کارآیی انرژیِ کاربر محور در بناهای تاریخی» جزییات بیشتری از نقش کاربر در کارآیی انرژی تشریح شده است و آن را، مهم‌تر از هر اقدام مداخله‌ای در بناهای تاریخی دانسته است. یافته‌های

تصویر ۳- روندنمای روش پیشنهادی استاندارد اروپایی برای اقدامات نوسازی انرژی.
مأخذ: (Technical Commitee CEN/TC 346, 2015, 18)

جدول ۲- شرح مراحل اقدامات بهبود عملکرد انرژی بر اساس استاندارد اروپایی. مأخذ: (Technical Commitee CEN/TC 346, 2015)

| عنوان مرحله | شرح مراحل |
|---|---|
| شروع فرآیند | با تعیین اهداف کلی مشتری یا مالک بنا به مسئول پروژه، فرآیند کار آغاز می‌شود. مسئول پروژه باید تیم پروژه را با مقیاس و عمق دانش، متناسب با پیچیدگی بنا تشکیل دهد. برای بناهای میراثی، مقامات مسئول میراث، باید مطابق با آئین نامه و مقررات ملی در مراحل اولیه پروژه درگیر روند کار شوند و منابع اقتصادی باید در مراحل اولیه پروژه شناسایی شود. |
| بررسی و ارزیابی ساختمان | در این مرحله اطلاعات لازم در مورد بنا، به منظور تصمیم گیری آگاهانه در مورد هرگونه اقدامات مرتبط با انرژی ارائه می شود. این مرحله عبارت است از: اطلاعات کلی ساختمان، معنای فرهنگی و برجستگی میراث و محدودیت های حفاظت، ارزیابی میزان استفاده از ساختمان، مستندسازی ساختار بنا، تاسیسات فنی و تأثیرات زیست محیطی، ارزیابی عملکرد انرژی، ارزیابی محیط داخلی |
| تعیین اهداف نوسازی | هدف کلی دستیابی به بهترین عملکرد انرژی ممکن، ضمن توجه به اهمیت و معنای فرهنگی میراث ساختمان است. با این حال، ضروری است که اهداف بلند مدت برای مدیریت و حفاظت از ساختمان در این فرآیند، به طور واضح تعریف شود. این اهداف ممکن است در مراحل بعدی مورد بازبینی قرار گیرند. اولویت یا وزن هر هدف باید تا حد امکان در نظر گرفته شود.<br>مبنای شناسایی و تعیین اهداف نوسازی انرژی عبارت است از: سازگاری فنی، اهمیت و معنای فرهنگی میراث، دوام اقتصادی، انرژی، محیط داخلی، محیط خارجی و جنبه های کاربری |
| تصمیم‌گیری | مرحله ای است که باید ضرورت انجام اقدامات نوسازی، تایید شود. |
| ارزیابی و انتخاب اقدامات | در این مرحله اقدامات منجر به پیشرفت و تغییر در پوسته ساختمان، تأمین و کنترل انرژی و همچنین رفتار کاربر، پیگیری می شود. این مرحله شامل مواردی همچون حذف اقدامات نامناسب، ارزیابی اقدامات باقیمانده، انتخاب مجموعه اقدامات و در نهایت ارزیابی در رابطه با هدف است. به منظور ارزیابی اقدامات، مقیاس تاثیر اقدامات در پنج سطح به مزیت زیاد، مزیت کم، حالت خنثی و بدوت تاثیر، ریسک کم و ریسک زیاد اقدامات تقسیم می شود. معیارهای ارزیابی نیز در این مرحله، بر اساس مبانی شناسایی و تعیین اهداف نوسازی می باشد. |
| اجرا، اسناد و ارزیابی پس از کاربری | پروژه های بهبود عملکرد انرژی در بناهای تاریخی نیاز به مدیریت و نظارت ویژه در مرحله اجرا دارند، زیرا بر خلاف پروژه های جدید، احتمال وقوع شرایط پیش بینی نشده و تغییر نیازها به مراتب بیشتر است. علاوه بر مستندات عادی، ممکن است برای بناهای تاریخی مستندات خاصی نیز لازم باشد، مانند:<br>- مستندات دقیق مداخلات انجام شده در کالبد، نقشه‌ها، عکس ها (با موقعیت دقیق) و توضیحات در مرحله اجرا. - مستندات دقیق هر سازه فاقد سند، کشف شده در مرحله اجرا. - بررسی اجمالی جزئیات مربوط به نگهداری کالبد ساختمان (استفاده از مواد خاص).<br>در حالت ایده آل، اقدامات اجرا شده باید ارزیابی شود تا اطمینان حاصل شود که اهداف پروژه برآورده شده و اثرات مطلوب حاصل شده است. میزان و عمق ارزیابی باید توسط تیم پروژه تعیین شود. اولین ارزیابی، با تمرکز بر عملکرد و ارتقا انجام شده، باید به پس از نصب و راه‌اندازی انجام شود. ارزیابی دوم باید طی یک تا سه سال انجام شود. |

پژوهش فوق این فرضیه را تأیید می‌کند که آگاهی و رفتار کاربر، مانند انتخاب دما، گرمایش محدوده و تهویه کنترل‌شده تأثیر قابل توجهی در تقاضای انرژی دارد. هم‌چنین جنبه‌های رفتاری کاربر مانند: افزایش آگاهی کاربر، بازخورد کاربران و توجه به اثر بازگشتی[۱۶] که می‌تواند نقش مؤثری در کارآیی انرژی بناهای تاریخی داشته باشد، مورد توجه قرار گرفته است (Berg, Flyen, Godbolt, & Broström, 2017,191). در تصویر (۴) روند اثرگذاری و مشارکت کاربر در اقدامات بهبود عملکرد انرژی در بناهای تاریخی و در جدول (۳) شرح مراحل اقدامات ارائه شده است.

نظرسنجی و مصاحبه با کاربران، می‌تواند: الف) متمرکز بر سکونت (تراکم و مدت‌زمان)، عادات تهویه طبیعی (زمان تهویه هر اتاق) و استفاده از سامانه خنک‌کننده (نوع سامانه‌های مورد استفاده، چه زمانی و چه مدت روشن هستند)؛ ب) برنامه‌های روزمره ساکنان (استفاده از اتاق‌ها، دمای محل تنظیم معمول سامانه خنک‌کننده، عادات پخت و پز...)؛ و ج) تنظیمات شخصی مربوط به راحتی حرارتی، از جمله سطح ترجیحی لباس باشد (Caro & Sendra, 2020, 2).

استاندارد ۳۴ مؤسسه اَشری، «دستورالعمل انرژی بناهای تاریخی» (۲۰۱۹م) را می‌توان مهم‌ترین منبع در زمینه کارآیی انرژی بناهای تاریخی دانست. در این دستورالعمل، اقدامات متعددی برای بهبود عملکرد انرژی در بناهای تاریخی توصیه شده که عبارت است از: الف) کسب اطلاعات جامع: شامل شناخت بنای تاریخی و محیط پیرامون، نحوه مواجه، کاربری‌های گذشته و تأثیر اقدامات مختلف بر بنای تاریخی؛ ب) برنامه‌ریزی: آماده‌کردن گام‌به‌گام تیم پروژه برای درک مصرف فعلی انرژی و برنامه‌ریزی برای بهبود عملکرد انرژی؛ ج) پوسته بنای تاریخی: بررسی کاملی از آرایش و ترکیب مجموعه پوسته، شرایط فعلی و عملکرد فعلی به عنوان مبنای مداخلات بهبود انرژی. به‌روزرسانی پوسته شامل: ۱. سقف‌ها: عایق‌بندی و دفع آب‌های نزولی، ۲. دیوارها: بررسی اثرات اقتصادی عایق‌بندی، مواد عایق‌بندی، آسیب‌های داخلی و خارجی دیوار و پله‌ای حرارتی، ۳. پی‌ها: عایق‌بندی داخلی و خارجی، ایجاد خشکی در پی و اتصالات، ۴. شیشه‌ها: استفاده از در و پنجره فصل سرما در صورت لزوم، آب بندی درها و پنجره‌ها، استفاده از کرکره و نصب لایه (برچسب) حرارتی روی شیشه برای کاهش بهره خورشیدی متناسب با اقلیم؛ د) سامانه‌های کنترل محیط و انرژی: ارائه توصیه‌هایی برای طراحی، بهره‌برداری و نگهداری بهینه سامانه‌ها و تأسیسات مرتبط با انرژی در سازه‌های تاریخی، برای افزایش کارآیی بدون به خطرانداختن کالبد تاریخی و ویژگی‌های ساختمان؛ ه) انتخاب سامانه تهویه مطبوع: در نظرگرفتن عوامل متعدد در تصمیم‌گیری برای حفظ یا نگهداری سامانه‌های غیرفعال موجود، از جمله: افزودن (یا اصلاح) سامانه‌های مکانیکی، ایجاد معیارهای طراحی و انتخاب سامانه‌های HVAC؛ و ز) روشنایی: در آخرین مرحله از راهنمای اَشری ۳۴، مبحث روشنایی و الزامات مربوط به آن ارائه شده است، الزاماتی که ممکن است شامل الگوبرداری از نمای تاریخی ساختمان یا استفاده مجدد سازگار از سازه برای تأمین روشنایی بیشتر برای نورپردازی عمومی و نورپردازی تأکیدی، باشد. در انتهای دستورالعمل، ضمایم پنج‌گانه‌ای معرفی شده است که مطابق ضمیمه A؛ روندنمای اقدامات بهبود عملکرد انرژی در بناهای تاریخی شامل: تحقیقات، ارزیابی، اهداف، برنامه‌ریزی، اجرا و

تصویر ۴- مشارکت کاربران در فرآیند بهبود عملکرد انرژی بناهای تاریخی و ترسیم اهداف کلی و نیازها. مأخذ: (Berg, Flyen, et al., 2017, 193)

جدول ۳- شرح مراحل فرآیند کاربر محور در کارآیی انرژی. مأخذ: (Berg et al., 2017)

| عنوان مرحله | شرح مراحل |
|---|---|
| بررسی و ارزیابی ساختمان | در این مرحله اطلاعات لازم در مورد ساختمان جمع آوری می‌شود تا بتوان آگاهانه در مورد هرگونه اقدام، اعم از نگهداری، تعمیر و یا بهبود عملکرد انرژی تصمیم‌گیری کرد. بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات باید براساس تاریخچه و همچنین تجربه ارائه شده توسط کاربران روزمره، تمام قسمت‌های ساختمان را پوشش دهد. این ارزیابی، اطلاعات لازم را برای تصمیم‌گیری آگاهانه فراهم می‌کند. |
| تعیین اهداف | گام بعدی شناسایی اهداف و مقاصد بهبود کیفیت محیط زیست، انرژی و محیط داخلی است. به دلایل مختلف، شمول کاربران و ساکنان در این مرحله مهم است. اولین مورد افزایش آگاهی از انرژی و نحوه صرفه‌جویی آن در ساختمان و اثرات مثبت آن است. دوم بعد اجتماعی پایداری و تشویق تصمیم گیری از جزء به کل است. |
| ارزیابی مداخلات فیزیکی یا فنی | نیاز به مداخلات فیزیکی یا فنی بر اساس تفاوت بین عملکرد انرژی فعلی ساختمان و اهداف مد نظر تعیین می شود. اگر اقدامات فیزیکی یا فنی لازم تلقی شود؛ اقدامات نامناسب باید کنار گذاشته شوند. در صورتی که انجام اقدامات تایید نشود، کاربران و ساکنان باید در درک چگونگی پیاده سازی و ایمن سازی فرآیند کارآیی انرژی غیر مداخله ای در یک مرحله عملیاتی و نگهداری مشارکت داشته باشند. |
| ارزیابی میان رشته‌ای اقدامات | ارزیابی اقدامات به یک تلاش بین رشته ای نیاز دارد زیرا وضعیت طولانی مدت برای مدیریت، استفاده و حفاظت از ساختمان است که در انجام آن تخصص‌های مختلف دخیل‌اند. در این مرحله، می‌توان ارزیابی کاملی از فهرست اقدامات با توجه به خطرات و مزایا انجام داد. این مرحله فرصت را برای ارزیابی چندین بسته اختیاری از اقدامات فراهم می‌کند که به صورت تکراری در ارتباط با اهداف و مقاصد تنظیم می‌شوند. |
| اجرای استراتژی | در این مرحله نوبت به شناسایی، انتخاب و پیاده سازی استراتژی بهینه، استفاده از ابزار و افراد مناسب و اختصاص منابعی است که مسیر دستیابی به اهداف تعیین شده را تضمین می‌کند. |
| پیگیری و نگهداری | برای اطمینان از نتیجه مثبت اقدامات کارآیی انرژی که انجام شده است، روند پیگیری و نگهداری باید یک کار گروهی باشد. |

تایید اقدامات است (تصویر ۵). در این راستا تیم پروژه ملزم به استفاده از قضاوت حرفه‌ای خود برای ایجاد تعادل بین ارزش میراث، اهداف کارآیی انرژی و بودجه است. شرح مراحل در جدول (۴) ارائه شده است.

## ۳-۳. تجزیه‌وتحلیل، تبیین فرآیند پیشنهادی و اولویت‌بندی اقدامات

پژوهش‌های مورد بررسی، به رویکرد بین‌رشته‌ای اقدامات بهینه سازی مصرف انرژی در بناهای تاریخی اشاره دارند. در بیشتر پژوهش‌ها این اقدامات به‌طور کلی، مستقل از حفاظت در نظر گرفته شده است. هم‌چنین به اولویت حفاظت به لحاظ اهمیت و تقدم آن از نقطه نظر زمانی، نسبت به اقدامات بهبود عملکرد انرژی تأکیدشده و توصیه‌شده است که اقدامات حفاظتی باید پیش از/یا در حین اقدامات مربوط به بهبود کارآیی انرژی انجام شود. پژوهش حاضر، اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی را بخشی از روند حفاظتِ پایدار میراث معماری و در ادامه اقدامات حفاظتی می داند و بر همین اساس، به تبیین فرآیند اقدامات می‌پردازد. به‌طور کلی کارآیی انرژی ساختمان، به عوامل مختلفی همچون کالبد ساختمان، سامانه ها و تأسیسات، کاربر، نحوه مدیریت و نگهداری از تأسیسات بستگی دارد (K. Akande Oluwafemi, 2019, 5). از آنجا که در تعریف مناسب‌ترین روش بهینه‌سازی انرژی برای یک بنای تاریخی؛ دستیابی به کاهش تقاضای انرژی، آسایش حرارتی در محیط داخلی و حفاظت از میراث، نقطه شروع بحث بین متخصصان حوزه‌های مختلف است (Roberti, Oberegger, Lucchi & Troi, 2017, 1)، بنابراین لازم است سه مسأله: حفاظت از میراث

تصویر ۵- روندنمای برنامه‌ریزی و اجرای پروژه به‌سازی انرژی بنای تاریخی.
مأخذ: (Hayter et al., 2019, 29)

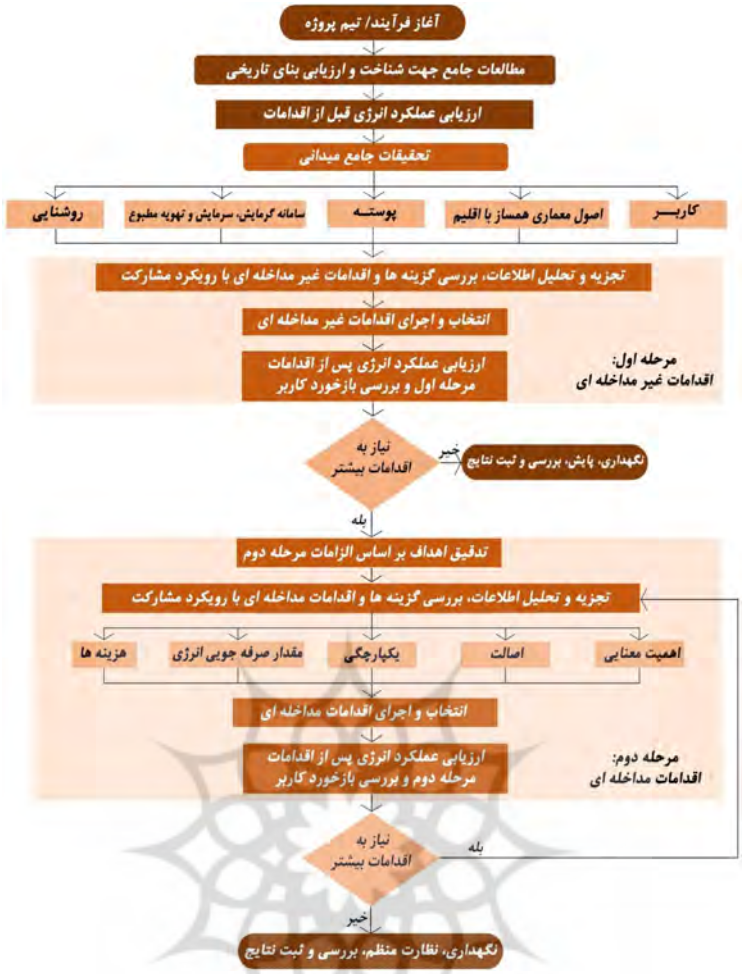
جدول ۴- شرح مراحل بهبود عملکرد انرژی بر اساس دستورالعمل اشری. مأخذ: (Hayter et al., 2019)

| عنوان مرحله | شرح مراحل |
|---|---|
| ایجاد تیم پروژه | برنامه ریزی و اجرای یک پروژه بهسازی انرژی، کاری میان رشته‌ای و متشکل از مالک و مهندسان معمار(متخصص حفاظت)، معمار داخلی، مکانیک، برق، سازه، طراح روشنایی و نورپردازی، مخابرات و فناوری اطلاعات، معمار منظر و مدیر پشتیبانی است. اعضای تیم در هر مرحله باید با توجه به تحصیلات، تجربه و صلاحیت های حرفه ای اعضا، با دقت انتخاب شوند. |
| تحقیقات ساختمان | برنامه ریزی برای یک پروژه موفق شامل تحقیقات و مستندات دقیق است، شامل:<br>-اساسنامه ها، مقررات، استانداردها و دستورالعمل‌های مربوط به حفاظت از ساختارهای تاریخی،<br>-تحقیقات بایگانی و اسناد موجود برای ساختمان پروژه شامل طرح‌ها، نقشه‌ها، عکسها، ممیزیها، ارزیابی شرایط، -تاریخچه و تکامل سامانه‌های مصرف کننده انرژی در ساختمان، -توجه به ویژگیهای معرف شخصیت بنا، - مشاوره با مهندس سازه برای تعیین میزان تحمل وزن و ارتعاشات تجهیزات و سامانه‌های جدید توسط سازه بنای تاریخی |
| ارزیابی مقدماتی عملکرد انرژی | آنچه در این مرحله انجام می شود: تجزیه و تحلیل مقدماتی استفاده از انرژی بر اساس حداقل ۱۲ ماه داده مصرفی از قبض های آب و برق، - ارزیابی عملکرد ساختمان معیار و - تنظیم اهداف عملکرد انرژی. |
| تحقیقات میدانی | - تایید نقشه های موجود، -تعیین مناطق نشت هوا، وجود رطوبت و علت آن، پوسیدگی مصالح ساختمانی، وجود یا عدم عایق کاری، فضای بالقوه برای عایق بندی در آینده، نوار عایق بندی هوا یا سامانه‌های توزیع برای HVAC یا تجهیزات الکتریکی با تحقیقات غیر تهاجمی دیوار و سقف، -مستندسازی تجهیزات تهویه مطبوع، روشنایی و برق ساختمان، -نظارت بر محیط داخلی، -حسابرسی انرژی، -گزارش ممیزی و شرایط ارزیابی انرژی |
| نیازها و اهداف پروژه | این مرحله شامل: -تعیین الزامات پروژه و کارگاه های برنامه ریزی مالک، -تعیین بودجه پروژه و محدودیت های بودجه، - تعیین برنامه زمانی و -تعیین مبنای طراحی است. |
| تجزیه و تحلیل گزینه ها | تجزیه و تحلیل گزینه‌ها به شرایطی از جمله:-وضعیت پوسته، -استفاده کلی از انرژی در کاهش اثرات اقتصادی، -بررسی میزان مداخله، تیم پروژه باید بررسی کند که چه پیشرفتهایی در پوسته قبل از ارزیابی گزینه ها برنامه ریزی شده است و چه سامانه های غیرفعال اصلی می توانند کمک کنند، -انتخاب منبع نور و -شیوه های تشخیصی بنای تاریخی، بستگی دارد. |
| انتخاب و اجرای اقدامات | در انتخاب سامانه تهویه، شاید بزرگترین مشکل در استقرار و تطبیق سامانه‌های تهویه مطبوع در بناهای تاریخی که شخصیت و یا ویژگی‌های میراثی باید در آن حفظ شود، پنهان نگه داشتن کانالهای تهویه و سایر تجهیزات مکانیکی است، به همین دلیل انتخاب و اجرای سامانه تهویه مناسب از بین سامانه‌های متنوع جدید، اقدام چالشی است که در این مرحله انجام خواهد شد. |
| تایید صرفه جویی انرژی | مرحله نهایی شامل: اجرای طرحی برای اندازه گیری صرفه جویی و مرحله سکونت و استفاده از دستگاهها توسط کاربر است که عبارتند از: برنامه مدیریت انرژی، آموزش مالک، مستندات پایان پروژه و راهنمای سامانه‌ها و بررسی ضمانت نامه. |

معماری، کاربر و کاهش مصرف انرژی، چارچوب اصلی پژوهش‌ها را تشکیل دهد که اقدامات اصولی و مناسب بر روی دو مسأله اول، نتیجه سوم را در پی‌خواهد داشت. ارزیابی فرآیندها و اقدامات بهبود عملکرد انرژیِ بناهای تاریخی نشان دهنده دو دسته کلی است؛ دسته اول (که بیشتر پژوهش‌ها به آن اختصاص دارد) بر محور اقدامات مداخله‌ای بر روی پوسته و تأسیسات متمرکز است و فرآیندهای مربوطه، فقط اقدامات مداخله‌ای را پوشش می‌دهد؛ استانداردها و دستورالعمل‌ها در این دسته قرار می‌گیرند. دسته دوم به اقداماتی با محور مشارکت کاربر و تأثیر آن بر صرفه‌جویی انرژی، بدون مداخله در بنا، با هزینه اندک یا بدون پرداخت هزینه خاصی اشاره دارد که معدودی از مقالات علمی، در این دسته قرار می‌گیرد. آنچه در دسته اول مغفول مانده، چگونگی تأثیرگذاری کاربر در فرآیند اقدامات و بهینه‌سازی مصرف انرژی است و آنچه در دسته دوم دارای کاستی است، ارائه فرآیندی است که در کنار نقش کاربر، در صورت نیاز، سایر اقدامات نیز به تفصیل ارائه شود؛ اما آنچه در هر دو دسته فقدان آن مشهود است، توجه به بهره‌گیری از اصول طراحی معماری هم‌ساز با اقلیم در کارآیی انرژی بناهای تاریخی است. اگر چه در بعضی پژوهش‌ها مانند دستورالعمل اَشری، مطالعات جامع را پیش از شروع اقدامات توصیه می‌کند، ولی تأثیر آن در اقدامات، به‌طور دقیق مشخص نیست. معماری همساز با اقلیم، روند طراحی غیر فعالی است که با تکیه بر روش‌هایی که نیازمند مصرف انرژی نیست، ایجاد شده است (کاک نیلسن، ۱۳۸۹، ۱۲). از آنجا که بناهای تاریخی، بر مبنای تجاربی ارزنده از اصول معماری همساز با اقلیم بنا شده اند، لذا در استفاده مجدد سازگار، صیانت و بهره‌گیری از این اصول الزامی است. ذکر این نکته ضروری است که امروزه توجه به این اصول به معنی پاسخگویی به همه یا بخش بزرگی از نیازهای آسایشی کاربران نیست، بلکه با هدف کاهش در مصرف انرژی تجهیزاتی که ناگزیر به استفاده از آنها هستیم و یا بهینه‌کردن مصرف انرژی به کار خواهد آمد (سلطاندوست، ۱۳۹۷، ۹). در تصویر (۶) مجموعه اقدامات پیشنهادی جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی در بناهای تاریخی ارائه و اولویت‌بندی اجرای این اقدامات، در روندنمای تصویر (۷) مشخص شده است.

مطابق با روندنمای تصویر (۷) آغاز فرآیند پیشنهادی، با تشکیل تیم پروژه که رویکردی بین رشته‌ای دارد و با تعیین اهداف کلی، آغاز می‌شود. فرآیند براساس حفاظت ارزش مبنا و با اهداف کلی مبتنی بر حفاظت از ارزش‌های میراث معماری، صرفه‌جویی انرژی و منابع اقتصادی طراحی شده است. تیم پروژه متشکل از مالک، کاربر، متخصصان حفاظت معماری و مهندسان معمار است و سایر تخصص‌های مورد نیاز مانند مهندس سازه، تأسیسات، مکانیک، برق، طراح روشنایی و نورپردازی براساس نیاز پروژه، به اعضای تیم اضافه خواهند شد. اجرای اقدامات در دو مرحله انجام خواهد شد، در مرحله اول اقدامات غیر مداخله‌ای و در مرحله دوم اقدامات مداخله‌ای قرار دارد. در ارزیابی‌های مربوط به هر مرحله، کاربران، افراد محلی، متخصصان حفاظت، مسئولان و متولیان فرهنگی در تعیین اقدامات، مشارکت خواهند داشت و مبانی برنامه‌ریزی مداخله بر پایه اهمیت معنایی، اصالت و یکپارچگی و با توجه به میزان صرفه جویی انرژی و هزینه‌ها، استوار خواهد بود و در نهایت بازخورد نظرات کاربران از نتیجه اقدامات نیز، در ارزیابی نهایی هر مرحله تأثیر خواهد داشت. کار هماهنگی، مدیریت و انطباق اقدامات با اصول حفاظتی، تا پایان پروژه بر عهده متخصصان حفاظت معماری خواهد بود. مراحل در این فرآیند براساس نوع اقدامات، به غیرمداخله‌ای و مداخله‌ای تقسیم می‌شود. شرح مراحل مختلف فرآیند در جدول (۵) ارائه شده است.

تصویر ۶- مجموعه اقدامات پیشنهادی بهبود کارآیی انرژی در بناهای تاریخی.




تصویر ۷- روند نمای پیشنهادی بهبود کارآیی انرژی در بناهای تاریخی.

جدول ۵- شرح مراحل فرآیند پیشنهادی بهبود کارآیی انرژی بناهای تاریخی.

| عنوان مرحله | شرح مراحل |
|---|---|
| مطالعات جامع بنای تاریخی | شامل جمع‌آوری و تهیه تمام اسناد، مدارک، دستورالعمل‌ها و مستندات مربوط به بنا و شناخت کالبدی، فضایی، ساختاری-سازه‌ای، تزییناتی، سیر تحولات تاریخی و معماری و شناسایی تاسیسات و تجهیزات، نحوه تامین منابع انرژی و شیوه های استفاده از انرژی در بنای تاریخی می‌شود. |
| ارزیابی عملکرد انرژی قبل از اقدامات | ممیزی انرژی و اطلاع از میزان مصرف منابع انرژی، توسط سامانه‌های بکار رفته در بنا قبل از شروع اقدامات، در این مرحله انجام می‌شود. |
| تحقیقات جامع میدانی | -تحقیق از کاربران: انجام مصاحبه، ارائه پرسشنامه و نظرسنجی برای ارزیابی و بازخورد کاربران از اهمیت میراث معماری، آگاهی نسبت به اصول معماری همساز با اقلیم، سبک زندگی، عادات و شیوه‌های رفتاری؛ مانند: عادات تهویه طبیعی و سامانه خنک کننده، برنامه‌های روزمره ساکنان، سطح ترجیحی لباس داخل بنا نحوه سکونت، مدیریت و نگهداری سامانه‌ها و ... .<br>-بررسی اصول معماری همساز با اقلیم: چگونگی صیانت و بهره‌مندی از اصول معماری همساز با اقلیم در زمان استفاده مجدد در انطباق با شرایط جغرافیایی و اقلیمی هر منطقه. اصولی همچون شیوه استفاده از فضا، عناصر، مواد و مصالح، رنگ‌های بکار رفته، استفاده از آب، درختان، گیاهان و ...<br>-وضعیت پوسته بنای تاریخی: ارزیابی منافذ و شکاف‌ها و رفتار حرارتی اجزاء پوسته (به طور مثال استفاده از آزمایش درب دمنده یا گرماسنجی مادون قرمز)، بررسی رطوبت با دوربین ترموگرافی و ... .<br>-وضعیت سامانه های سرمایش، گرمایش و تهویه: توان دستگاه، نحوه کارکرد، نوع سوخت، میزان مصرف سوخت، عایق بندی لوله‌ها و کانال‌ها، محل نصب مناسب و ... .<br>-بررسی سامانه روشنایی: میزان روشنایی، نوع لامپ‌ها، نوع سیم کشی‌ها، نورپردازی‌ها و ... . |
| تجزیه و تحلیل اقدامات غیرمداخله‌ای | در اولین مرحله از اقدامات، تمام گزینه هایی که به صورت غیرمداخله‌ای موجب حفاظت و کارآیی انرژی خواهد شد، با توجه به نتایج تحقیقات میدانی و با رویکرد مشارکت کاربران، افراد محلی، کارشناسان و مسئولان فرهنگی مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. |
| انتخاب و اجرای اقدامات غیرمداخله‌ای | اقدامات غیرمداخله‌ای، کمترین تاثیرات منفی را روی بنای تاریخی و ارزش‌های آن دارد. در این مرحله هر اقدام غیرمداخله‌ای که امکان اجرا داشته باشد؛ انتخاب خواهد شد، باید توجه داشت که برخی از این اقدامات ممکن است زمانبر باشد، مانند افزایش آگاهی کاربر که نیاز به توجه مستمر دارد. |
| عملکرد انرژی و نظرسنجی کاربر | تاثیر اقدامات غیر مداخله‌ای بر میزان صرفه جویی انرژی و نظرات کاربران، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و نتایج حاصله با عملکرد اولیه انرژی مقایسه و در صورت لزوم مرحله دوم آغاز خواهد شد. |
| تدقیق اهداف بر اساس الزامات | در مرحله دوم، اهداف کلی با توجه به تحقیقات میدانی و الزامات جدید پروژه ناشی از نتایج مرحله اول، تدقیق می شود. |

| | |
|---|---|
| تجزیه و تحلیل مداخلات | بر مبنای حفاظت از مفاهیمی مانند اهمیت معنایی، اصالت و یکپارچگی انواع اقدامات مداخله‌ای با توجه به میزان صرفه جویی انرژی و هزینه‌ها بررسی و اولویت بندی می شود. مشارکت کاربران، مردم محلی، گروه‌های ذینفع، متخصصان و مسئولان در این مرحله اهمیت بسیاری دارد. این مرحله، با ساختاری تکرار شونده، امکان بررسی کمترین مداخله تا مداخلات وسیع‌تر را فراهم می کند. |
| انتخاب و اجرای اقدامات مداخله‌ای | در ابتدا حداقل مداخلات برای اصلاح پوسته و بهینه سازی سامانه ها انتخاب خواهد شد؛ به طور مثال اجرای عایق بندی، نصب پنجره دوم یا پنجره دو جدار و ... اگر اقدامات اصلاحی جوابگو نباشد، می توان به گزینه استفاده یا تغییر سامانه‌های مکانیکی سازگار در بناهای تاریخی توجه کرد. |
| عملکرد انرژی و نظرسنجی کاربر | تاثیر اقدامات مداخله‌ای، بر میزان صرفه جویی انرژی، با توجه به نظرات کاربران و نتایج عملکرد انرژی پیش از شروع اقدامات و در انتهای مرحله اول بررسی می شود. در صورت نیاز به اقدامات بیشتر، مداخلات وسیعتر مورد توجه قرار خواهد گرفت. |
| نظارت منظم و بررسی نتایج | پس از تایید نهایی اقدامات، نظارت منظم بر رفتار کاربر، پایش وضعیت اصلاح شده بنا مطابق با اصول معماری همساز با اقلیم، پوسته، روشنایی و سامانه‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع، همراه با ثبت و بررسی نتایج حاصله، انجام می‌شود. |

## نتیجه

اقدامات بهبود کارآیی انرژی در بناهای تاریخی، بخشی از روند حفاظت پایدار میراث معماری است. این اقدامات در هر بنای تاریخی به عنوان یک مورد منحصر به فرد با رویکرد میان‌رشته‌ای انجام خواهد شد. بهبود کارآیی انرژی بناهای تاریخی، منوط به تعیین فرآیندی نظام‌مند و جامع از اقداماتی است که در ابتدا بر پایه مؤلفه‌های اصلی حوزه حفاظت همچون اهمیت معنایی، اصالت و یکپارچگی و با رویکرد مشارکت افراد مختلف جامعه از کاربر تا متخصصان و مسئولان، طرح‌ریزی شده باشد و سپس میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی و هزینه‌ها را مد نظر قرار دهد. در تبیین فرآیند پیشنهادیِ پژوهش حاضر، اقدامات بهبود عملکرد انرژی در بناهای تاریخی به دو دسته غیرمداخله‌ای و مداخله‌ای تقسیم و در دو مرحله اجرا می شود. در مرحله اول، اقدامات غیر مداخله‌ای و در مرحله دوم اقدامات مداخله‌ای قرار دارد. اجرای مناسب و دقیق مرحله اول، مداخله در بنای تاریخی را به حداقل می‌رساند. بخشی از این اقدامات عبارتند از: - افزایش آگاهی و بازخورد نظرات کاربر و لزوم توجه به اثرات بازگشتیِ اقدامات بهبود کارآیی انرژی. نکته قابل توجه، کیفی‌بودن رفتار کاربر است و لازم است با ارائه اطلاعات، نظرسنجی‌ها و پرسش نامه‌های علمی، در این خصوص اقدام کرد؛ - صیانت و بهره‌گیری از اصول معماری همساز با اقلیم به‌طور نمونه از طریق احیای حوض‌ها، آبنماها، فواره‌ها، درختان، فضای سبز؛ – اقدامات غیرمداخله‌ای در پوسته به‌طور نمونه نصب پرده ها، نصب لایه (برچسب) حرارتی شیشه، درزگیری و هوابندی درها و پنجرها؛ - اقدامات غیرمداخله‌ای بر روی سامانه‌های سرمایشی همچون عایق‌بندی لوله‌ها و کانال‌ها، تنظیم دریچه‌ها، نصب سایبان روی سامانه‌های سرمایشی؛ - اصلاح سامانه روشنایی مانند جایگزینی لامپ‌های پرمصرف، اجرای نورپردازی‌های ساده، اصلاح جزیی سیم‌کشی‌ها. در پایان مرحله اول، برحسب ضرورتِ ناشی از ارزیابی‌ها و بازخورد کاربر، در صورت نیاز به اقدامات مداخله‌ای، روندنمای اقدامات باید به شکلی تکرارشونده، امکان بررسی انواع اقدامات، با اولویت حداقل مداخله را فراهم آورد. شروع مرحله دوم، به منزله اتمام مرحله اول نیست، بلکه تا پایان فرآیند، اقدامات مرحله اول مورد پایش و بررسی قرار خواهد گرفت. اقدامات مداخله‌ای مرحله دوم عبارتند از: مداخله در ساختار کالبدی جهت حذف مداخلاتی که در اصول هم‌سازی بنا با اقلیم خلل ایجاد کرده است. مداخله و بهینه‌سازی پوسته با اقداماتی نظیر نصب عایق حرارتی پوسته، حذف پل‌های حرارتی. تغییر کلی سامانه‌های روشنایی و نورپردازی و در نهایت، براساس ارزیابی‌ها، چنانچه اقدامات انجام شده کافی نباشد، آخرین بخش از اقدامات مداخله‌ای، به نصب یا تغییر تأسیسات و سامانه‌های سرمایش، گرمایش و تهویه مطبوع سازگار با بناهای تاریخی اختصاص دارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

### پی‌نوشت‌ها

۱.جست‌وجو در نمایه استنادی اسکوپوس با چهار واژه کلیدی حفاظت، کارآیی انرژی، بناهای تاریخی و استفاده مجدد سازگار با حروف ربط به صورت زیر انجام شد. به‌کارگیری تعداد بیشتر واژگان، منجر به محدودیت یا افزایش بسیار زیاد دامنه مقالات می گردید.

(TITLE-ABS-KEY (conservation) AND TITLE-ABS-KEY ("energy efficiency") AND TITLE-ABS-KEY ("historic buildings") OR TITLE-ABS-KEY ("adaptive reuse"))

نتایج جست‌وجوها بیانگر انتشار ۶۳ مقاله پژوهشی (ARTICLE) در بازه‌ای ۱۰ ساله، از ابتدای سال ۲۰۱۱ م. تا پایان سال ۲۰۲۰ م. (زمان تدوین مقاله) است که بیشترین تعداد مقاله در سال ۲۰۱۵ م. منتشر شده است و انتشار مقالات از سال ۲۰۱۶ م. روندی ثابت با فراوانی بیش از سال‌های ماقبل ۲۰۱۴ م. داشته است.

2. Energy Efficiency.
3. Embodied Energy.
4. Operational Energy.
5. English Heritage.
6. Italian Association for Air Conditioning, Heating, Refrigeration (AiCARR).
7. Flowchart.
8. European Committee for Standardization (CEN).

۹. مراجع الزامی در یک استاندارد، به اسنادی ارجاع می‌دهد که برای اجرای استاندارد، رعایت آنها الزامی است.

10. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA).
11. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).
12. Significance.
13. Authenticity.
14. Integrity.

۱۵. نسخه در دسترس نگارندگان، پیشنویس استاندارد اروپایی است.

۱۶. اثر بازگشتی (Rebound Effect): بهبود کارآیی انرژی موجب کاهش هزینه‌ها می‌شود، صرفه‌جویی در هزینه‌ها موجب استفاده بیشتر از وسایل

می‌شود و این موضوع در مجموع مصرف انرژی را افزایش خواهد داد.

## فهرست منابع

سلطاندوست، محمدرضا (۱۳۹۷)، *معماری همساز با اقلیم*، تهران، یزدا.

شیروانی، مریم؛ احمدی، حسین، و وطن‌دوست، رسول (۱۳۹۵)، بازشناسی ارزش و عوامل تأثیرگذار در دگرگونی دیدگاه‌های، ارزشی در حفاظت از میراث فرهنگی در قرن حاضر، نشریه *هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی*، دوره ۲۱، شماره ۴، زمستان، تهران: پردیس هنرهای زیبا، صص ۳۹-۵۰.

فدایی‌نژاد، سمیه؛ عشرتی، پرستو و حناچی، پیروز (۱۳۹۷)، *اصالت و یکپارچگی در حفاظت منظر فرهنگی*، تهران، انتشارات سمت.

کاک، نیلسن هالگر (۱۳۸۹)، *معماری همساز با اقلیم اصول طراحی زیست محیطی در مناطق گرم*، ترجمه فرزانه سفلایی، تهران، وزارت مسکن و شهرسازی مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری.

نژادابراهیمی، احد؛ پورجعفر، محمدرضا؛ انصاری، مجتبی، و حناچی، پیروز (۱۳۹۲)، ارزش و ارتباط آن با رویکرد مداخله در آثار فرهنگی-تاریخی، دوفصلنامه علمی-پژوهشی *مرمت و معماری ایران*، سال سوم، شماره ۶، صص ۷۹-۹۸.

Agurto, S., & Mar, L. (2019), Reconciling Energy and Heritage : Retrofit of Heritage Buildings in Contexts of Energy Vulnerability. *Sustainability*, (February), 1–20. https://doi.org/10.3390/su11030823

Akkurt, G. G., Aste, N., Borderon, J., Buda, A., Calzolari, M., Chung, D., … Turhan, C. (2020), Dynamic thermal and hygrometric simulation of historical buildings: Critical factors and possible solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *118*(October 2019), 109509. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109509

Berg, F., Flyen, A. C., Godbolt, Å. L., & Broström, T. (2017), User-driven energy efficiency in historic buildings: A review. *Journal of Cultural Heritage*, *28*, 188–195. https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.05.009

Cabeza, L. F., de Gracia, A., & Pisello, A. L. (2018), Integration of renewable technologies in historical and heritage buildings: A review. *Energy and Buildings*, *177*, 96–111. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.07.058

Caro, R., & Sendra, J. J. (2020). Evaluation of indoor environment and energy performance of dwellings in heritage buildings . The case of hot summers in historic cities in Mediterranean Europe. *Sustainable Cities and Society*, *52*(August 2019), 101798. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101798

Feilden, B. (2003), *Conservation of Historic Buildings* (Third edit). Architectural Press.

Flores, J. (2013), *The investigation of energy efficiency measures in the traditional buildings in Oporto World Heritage Site*. Oxford Brookes University.

Franco, G., & Magrini, A. (2017), *Historical Buildings and Energy-Springer International Publishing.pdf*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52615-7

Hassan, M., & Xie, H. (2020), Climate change and conservation of waders. In *Coastal Conservation*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8672-5

Hayter, S. J., Grzywacz, C. M., Arnold, D., Balaras, C. A., Collins, S., Eligator, R., … Humble, J. (2019), *Energy Guideline for Historic Buildings*. *8400*, 42.

Jahed, N., D. Akta, Y., Rickaby, P., & Güliz Bilgin Altınöz, A. (2020). Policy Framework for Energy Retrofitting of Built Heritage : A Critical Comparison of UK and Turkey. *Atmosphere*, *11(6)*, 674.

K. Akande Oluwafemi. (2019), Improving Environmental Sustainability in Reuse of Some of England's Churches: Challenges and Options for Sustainable Practices. In *Urban and Architectural Heritage Conservation within Sustainability* (pp. 1–16). https://doi.org/10.5772/intechopen.81222

Martínez-Molina, A., Tort-Ausina, I., Cho, S., & Vivancos, J. L. (2016), Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *61*, 70–85. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.018

Moschella, A., Gagliano, A., Faro, A. Lo, Salemi, A., & Sanfilippo, G. (2018), A Methodology for an Integrated Approach for Seismic and Energy Refurbishment of Historic Buildings in Mediterranean Area. *Sustainability*, (July), 1–22. https://doi.org/10.3390/su10072448

Munarim, U., & Ghisi, E. (2016), Environmental feasibility of heritage buildings rehabilitation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *58*, 235–249. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.334

Pickles, D., Brocklebank, I., & Wood, C. (2010), *ENERGY EFFICIENCY AND HISTORIC Application of part L of the Building*. English Heritage.

R. d'Ambrosio Alfano, F., & Mazzarella, L. (2018), *Energy Efficiency in Historic Buildings* (F. R. d'Ambrosio Alfano & L. Mazzarella, Eds.). Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations.

Roberti, F., Oberegger, U. F., Lucchi, E., & Troi, A. (2017), Energy retrofit and conservation of a historic building using multi-objective optimization and an analytic hierarchy process. *Energy and Buildings*, *138*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.028

Santoli, L. De. (2014), Guidelines on energy efficiency of cultural heritage. *Energy & Buildings*, 1–21. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.050

Technical Commitee CEN/TC 346. (2015), *prEN 16883:2015. Conservation of cultural heritage. Guidelines for improving the energy performance of historic buildings* (Vol. 44).

Troi, A., & Bastian, Z. (2015), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook* (illustrate; A. Troi & Z. Bastian, Eds.). https://doi.org/10.1515/9783038216506

Webb, A. L. (2017), Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *77*(January), 748–759. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.145

# Conservation, Adaptation and Reuse of Architectural Heritage, an Approach Based on Energy Efficiency (Determining the Process and Describing the Measures)*

*Gholamhosein Gholami[1], Shahin Heidari[**2], Pirouz Hanachi[3]*

[1] Ph.D Student, Department of Conservation, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.
[2] Professor, Department of Technology, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.
[3] Professor, Department of Conservation, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.
(Received: 19 Sep 2020, Accepted: 19 Feb 2021)

An Example of sustainable conservation is energy management in the reuse of the architectural heritage. Reuse of historical building by an energy efficient approach is found to play a prominent role in reducing greenhouse gas emissions, and as consequence, yields a dynamic balance between natural and human environments. However, the main challenge is defining the measures improving the energy efficiency, while the reliable performance and controlled destructive interventions are achieved simultaneously. Thinking about how to conservation and reuse historic buildings and how to control climate change makes energy efficiency improvements an inevitable necessity. While an extensive research has been devoted on this topic in the developed countries, the current study is among the first steps in Iran. In this research, it is aimed at obtaining a systematic process and framework of measures conserving the historic buildings and optimizing the energy consumption. In addition to reduction of carbon dioxide emissions and climate change control, the anticipated measures for improving the energy efficiency will lead a sustainable conservation of architectural heritage. Accordingly, in this research, a thorough review and detailed analysis was performed on the processes and measures reported in the literature. In this article, library research method is utilized for data collection and the data are analyzed qualitatively with content analysis strategy. As it is shown in this study, the first steps toward improving the energy efficiency in historic buildings are non-intervention measure, including: A) Increasing user awareness and modifying user energy behavior, which is a qualitative and time-consuming measure. B) Implementing measures benefiting from the principles of climate-compatible architecture; Such as adapting the physical quality, spatial quality, quality of architectural elements and components in the historical buildings at the time of reuse, with the climatic principles used by traditional architects at the time of the construction of the historical buildings. According to the assessments, in the case of required intervention measures in historic buildings, the flowchart of measures to improve energy efficiency should be in the form of a recurring flow, making it possible to review a variety of measures with minimum intervention measures priority. The intervention measures are implemented in the second step which include: A) At first, minimal intervention measures will be taken in the building envelop. Such as: Airtightness windows, installing curtains and awnings and shading to reduce solar gains, Solar Window Films to reduce solar gain and, if the results of the evaluations are not appropriate, in the next step, the envelope is optimized by thermal insulation of the walls, ceiling and floor. B) Evaluation and optimization of the lighting system, which may be limited to minor modifications of the lighting system in the current situation or require the installation or replacement of lighting systems and special lighting with intervention measures. C) If the measures are perceived insufficient by the assessment, it is necessary to conduct the last part of the intervention measures which is dedicated to the installation or optimization of cooling, heating and air conditioning systems compatible with historical buildings.

**Keywords**
Sustainable Conservation, Values, Adaptive Reuse, Process, Efficient Energy, Historical Buildings.

* This article is extracted from tthe first author's doctoral dissertation, entitled: "conservation and regeneration of iran's residential architecture heritage, an approach based on energy efficiency (Case Study: Qajar house in Yazd)" under the supervision of second and third authors in University of Tehran.

** Corresponding Author: Tel: (+98-21) 66972083,Fax:(+98-21) 66415282, E-mail: shheidari@ut.ac.ir