مقاله

بررسی برچسب انرژی ساختمان در ایران با رویکرد مدیریت مصرف انرژی

آزاده شهیدیان*
استادیار دانشکدهٔ مهندسی مکانیک
دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
shahidian@kntu.ac.ir

فرهاد ریاضی
دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد دانشکده مکانیک
دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
farhad_riazi87@yahoo.com

مهدی محقق امین
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مکانیک
دانشگاه علم و صنعت ایران
mohaghegh69@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۳۰

چکیده

از جمله بخش‌های اصلی مصرف‌کنندهٔ انرژی در ایران ساختمان است؛ به‌طوری‌که این میزان مصرف انرژی بسیار بیشتر از متوسط میزان مصرف انرژی در کشورهای توسعه‌یافته می‌باشد. یکی از راه‌های کاهش مصرف انرژی که سالیانی است در جهان مورد توجه قرار گرفته، استفاده از برچسب انرژی ساختمان است. در این مقاله پس از بررسی تقسیم‌بندی اقلیمی در ایران، استانداردهای مربوط به برچسب انرژی ساختمان و ضوابط مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان بیان می‌گردد. سپس مقررات مذکور روی یک ساختمان نمونه بررسی می‌شود. در پایان پارامترهای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان و میزان ارتقای ردهٔ برچسب انرژی ساختمان نمونه مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهند که مطلوب‌ترین شرایط مصرف انرژی ساختمان نمونه در حالت اولیه مربوط به اقلیم‌های۲ و ۸ و در حالت بهبودیافته مربوط به اقلیم‌های۱ و ۲ می‌باشد. کمترین تأثیر بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان در اقلیم ۸ و بیشترین تأثیر بهینه‌سازی ساختمان از لحاظ مصرف انرژی را در اقلیم‌های۳، ۴ و ۵ شاهد هستیم. لذا اجرای راه‌کارهای مذکور در اقلیم‌های پرمصرف ۳، ۴ و ۵ بیشترین صرفهٔ اقتصادی را خواهد داشت. ضمناً رعایت اصول مقررات ملی ساختمان در ابتدای طراحی با هدف کاهش مصرف انرژی، در اقلیم ۸ ضروری است.

واژگان کلیدی: برچسب انرژی ساختمان، مبحث نوزدهم، اقلیم، ضریب انتقال حرارت، مدیریت مصرف انرژی

۱. مقدمه

انرژی همواره نقش مهمی در توسعهٔ انسانی، اقتصادی و رفاه جامعه داشته است. با توجه به نقش انرژی در ساختار اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی کشورها و محدودیت منابع انرژی فسیلی در ایران و افزایش رشد جمعیت و

به‌دنبال آن افزایش در مصرف انرژی و آلودگی محیط زیست، استفادهٔ بهینه از انرژی جایگاه ویژه‌ای به‌خود اختصاص داده است. لذا جهت دوری از مشکلات فوق، تعدیل مصرف انرژی به‌نحوی‌که متوسط نرخ رشد آن در سال‌های آتی از متوسط رشد تولید ناخالص داخلی تجاوز ننماید، ضروری است [۱]. براساس آخرین آمارهای وزارت نیرو سهم مصرف هر یک از بخش‌های مختلف مصرف‌کنندهٔ انرژی در کشور مطابق جدول ۱ منتشر شده است.

جدول ۱. سهم مصرف انرژی بخش‌های مختلف در ایران [۲]

بخش مصرف‌کننده	درصد سهم مصرف
ساختمان	۳۶/۱
صنعت	۲۴/۶
حمل و نقل	۲۴/۸
کشاورزی	۳/۹
سایر	۱۰/۶

این ارقام بیان‌گر این حقیقت است که بخش ساختمان بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ انرژی در کشور است. برای آنکه کارایی انرژی مصرفی یک ساختمان بهبود یابد، نخست باید مشخص شود آن ساختمان در چه وضعیتی از لحاظ مصرف و اتلاف انرژی قرار دارد. در این راستا در سال ۱۳۹۰ وزارتخانه‌های نفت و نیرو اقدامات متعددی از جمله انجام ممیزی انرژی، تدوین استانداردهای مربوط به بخش ساختمان و تجهیزات انرژی‌بر ساختمان را در برنامه‌های خود داشته‌اند [۲]. از جملهٔ این طرح‌ها تدوین و انتشار استاندارد ملی برچسب انرژی ساختمان برای ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی بوده است. اجرایی شدن این استانداردها می‌تواند گام بلندی در بهبود میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان بردارد.

۲. تقسیمات اقلیمی در ایران

اقلیم در بسیاری از مناطق دنیا به‌وسیلهٔ عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا مشخص می‌شود. ایران با قرارگرفتن بین عرض جغرافیایی ۲۵ و ۴۰ درجهٔ شمالی در منطقهٔ گرم قرار گرفته است و از نظر ارتفاع نیز فلاتی است مرتفع که درصد بسیار کمی از مناطق آن ارتفاعشان از سطح دریا کمتر از ۴۷۵ متر است [۳]. با وجود آنکه ایران دارای دو حوزهٔ بزرگ آبی دریای خزر و خلیج فارس می‌باشد، اما به‌دلیل نحوهٔ قرارگیری رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس آثار این دو حوزهٔ آبی محدود به نواحی نزدیک آنها بوده و تأثیری در تعدیل درجه حرارت قسمت‌های مرکزی ندارد [۴].

در مورد تقسیم‌بندی اقلیمی ایران روش‌های گوناگونی به‌کار گرفته شده است که نمونه‌ای از آن تقسیم‌بندی اقلیمی چهارگانه بر اساس روش کوپن است که توسط دکتر حسن گنجی پیشنهاد شده است. این تقسیم‌بندی به‌شرح زیر است:

۱. اقلیم معتدل و مرطوب (سواحل جنوبی دریای خزر)
۲. اقلیم سرد (کوهستان‌های غربی)
۳. اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی)
۴. اقلیم گرم و مرطوب (سواحل جنوبی ایران)

بدیهی است این تقسیم‌بندی چهارگانه به‌دلیل وضعیت جغرافیایی ایران کامل و دقیق نبوده و نیاز به روشی دقیق‌تر، که قابل تعمیم به مناطق بیشتری از کشور باشد، وجود دارد. در حال حاضر یکی از کامل‌ترین تقسیم‌بندی‌های اقلیمی، تقسیم‌بندی هشت‌گانه است که با تطبیق تقسیم‌بندی اقلیمی زمستانی و تابستانی کشور به‌دست آمده و در آن مناطق مختلف براساس شرایط سالیانه دما و رطوبت طبقه‌بندی می‌شود که در جدول ۲ به نمایش درآمده است [۵]. خوشبختانه در تدوین استاندارد ملی برچسب انرژی ساختمان نیز از این طبقه‌بندی استفاده شده است.

۳. برچسب انرژی ساختمان

برچسب انرژی نشانی است که روی محصولاتی که مصرف‌کنندهٔ انرژی هستند نصب می‌شود و نشان‌دهندهٔ کیفیت محصولات از نظر میزان مصرف انرژی است [۶]. در صنعت ساختمان یکی از ابتدایی‌ترین و مهم‌ترین اقدامات در زمینهٔ مدیریت مصرف انرژی، تهیه و تدوین معیار مصرف انرژی جهت تعیین چارچوب مناسب برای اعمال قوانین و دستورالعمل‌ها و پیش‌بینی‌های مربوط به تقاضا و برنامه‌ریزی جهت تولید انرژی می‌باشد. با اجرای طرح برچسب انرژی ساختمان می‌توان تا حد بسیار زیادی میزان مصرف انژری در ساختمان‌ها را کاهش داد.

جدول ۲. تقسیم‌بندی هشت‌گانهٔ اقلیمی کشور [۵]

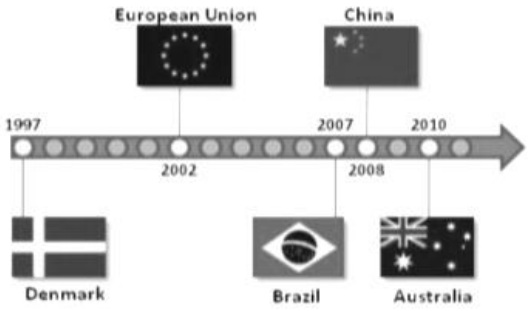
ردیف	نوع اقلیم	حداکثر دما در تابستان (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی در تابستان (درصد)	حداقل دما در زمستان (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی در زمستان (درصد)	شهر نمونه
۱	بسیار سرد	۳۰ – ۲۵	۵۵ – ۴۵	۱۰- تا ۵-	۷۵ – ۶۵	سراب
۲	سرد	۴۰ – ۳۵	۴۰ – ۲۵	۱۰- تا ۵-	۷۵ – ۶۵	تبریز
۳	معتدل و بارانی	۳۰ – ۲۵	بیشتر از ۶۰	۵ – ۰	بیشتر از ۶۰	رشت
۴	نیمه‌معتدل و بارانی	۳۵ – ۳۰	بیشتر از ۵۰	۵ – ۰	بیشتر از ۶۰	مغان
۵	نیمه‌خشک	۴۰ – ۳۵	۴۵ – ۲۰	۵ – ۰	۶۰ – ۴۰	تهران
۶	گرم و خشک	۴۵ – ۳۵	۲۰ – ۱۵	۵ – ۰	۵۰ – ۳۵	زاهدان
۷	بسیار گرم و خشک	۵۰ – ۴۵	۳۰ – ۲۰	۱۰- ۵	۷۰ – ۶۰	اهواز
۸	بسیار گرم و مرطوب	۴۰ – ۳۵	بیشتر از ۶۰	۲۰ – ۱۰	بیشتر از ۶۰	بندرعباس

اولین رتبه‌بندی انرژی ساختمان در سال ۱۹۹۷ م در دانمارک صورت گرفت. پس از آن در سال ۲۰۰۲ م دستورالعمل کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان[۱] در اتحادیهٔ اروپا به تصویب رسید و از آن پس به مرور در کشورهای مختلف اجرایی شد. در شکل ۱ روند تدوین برچسب انرژی در کشورهای مختلف به نمایش درآمده است. در حال حاضر نیز در بیش از ۳۰ کشور جهان به‌کارگیری برچسب انرژی برای ساختمان‌ها الزامی شده است.

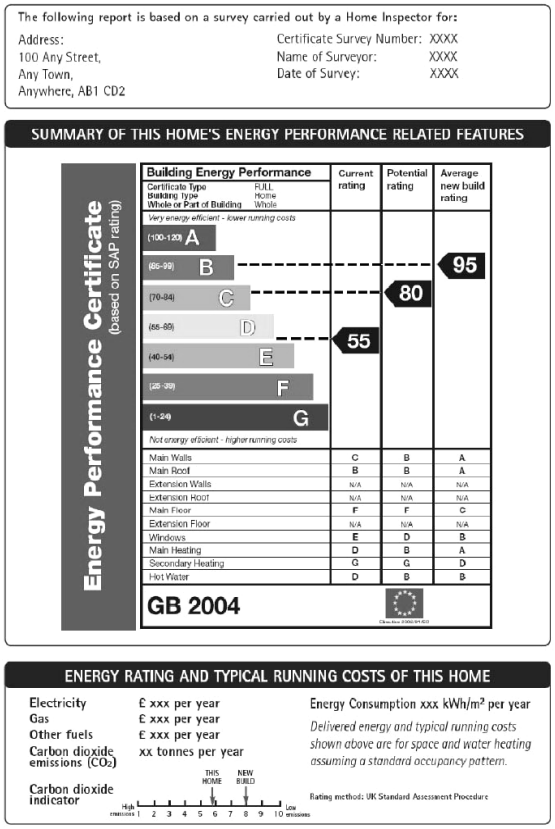
به‌عنوان نمونه در کشور انگلیس از ژوئن ۲۰۰۷، همهٔ خانه‌ها و ساختمان‌ها در هنگام فروش و یا اجاره مجبور به ارائهٔ گواهی عملکرد انرژی (برچسب انرژی ساختمان) شدند. این الزام در راستای دستورالعملی که در سال ۲۰۰۳ در اتحادیهٔ اروپا به تصویب رسید و کشورهای عضو این اتحادیه ملزم به اجرای آن بودند صورت گرفت. در شکل ۲ نمونهٔ مرسوم برچسب انرژی برای ساختمان‌های انگلستان ارائه شده است.

در کشور امریکا نیز در سال ۱۹۹۲ برچسبی با عنوان ستارهٔ انرژی[۲] توسط آژانس ملی حفاظت از محیط زیست امریکا تهیه شد که از آن برای رتبه‌بندی و امتیازدهی ساختمان‌ها استفاده گردید. پس از آن سیستم کارآمدتری نسبت به برچسب ستارهٔ انرژی توسط انجمن مهندسان حرارتی،

برودتی و تهویه مطبوع امریکا[3] برای ساختمان‌ها طراحی گردید. سیستم جدید به نام بهرهٔ انرژی ساختمان[4] نامگذاری شده است. این سیستم نمرات را مانند یک کارت گزارش برای تمام انواع ساختمان ارائه می‌دهد.



شکل ۱. روند تدوین برچسب انرژی در جهان [۷]



شکل ۲. نمونهٔ مرسوم برچسب انرژی ساختمان در انگلستان [۸]

۳-۱. برچسب انرژی ساختمان در ایران

در ایران، معیارها و استانداردهای مصرف انرژی ساختمان و تدوین برچسب انرژی ساختمان که توسط وزارت نفت و شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت تهیه شد در مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۲ توسط سازمان ملی استاندارد ایران منتشر گردید. این استاندارد در دو بخش مجزا برای ساختمان‌های مسکونی[5] و ساختمان‌های غیرمسکونی[6] تدوین شده است که برای ساختمان‌های موجود و در حال ساخت کاربرد دارد [۵]. در استاندارد مربوطه، ساختمان‌های مسکونی به دو دسته ساختمان‌های مسکونی کوچک با مساحت زیر بنای مفید کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع و ساختمان‌های مسکونی بزرگ با مساحت بیش از ۱۰۰۰ مترمربع تقسیم می‌شود. همچنین ساختمان‌های اداری نیز به دو دستهٔ ساختمان‌های اداری دولتی و ساختمان‌های اداری خصوصی طبقه‌بندی می‌شوند. نمونه ای از برچسب انرژی ساختمان در ایران در شکل ۳ ارائه شده است.

شکل ۳. برچسب انرژی ساختمان در ایران [۹]

۳-۲. تعیین ردهٔ مصرف انرژی ساختمان

ردهٔ مصرف انرژی ساختمان بر اساس نسبت انرژی (R) تعیین می‌شود. نسبت انرژی از حاصل قسمت شاخص

مصرف انرژی ساختمان در وضعیت موجود به مصرف انرژی ساختمان در حالت ایده‌آل برحسب کیلووات بر متر مربع بر سال به‌دست می‌آید [۹].

$$R = \frac{E_{act}}{E_{ideal}} \qquad (۱)$$

مقدار شاخص مصرف انرژی اولیه سالیانه ساختمان ایده‌آل (E_{ideal}) برحسب نوع اقلیم و کاربری ساختمان در جدول‌های استاندارد برچسب انرژی ساختمان مشخص شده است. شاخص مصرف انرژی سالیانهٔ ساختمان (E_{actual}) برای ساختمان‌های موجود از فرمول ۲ مشخص می‌گردد:

$$E_{actual} = \frac{\sum(QF_i\, HV_i \times 0.276) + Q_E \times F_C}{A_F} \qquad (۲)$$

به‌طوری‌که در این رابطه QF_i مجموع مصرف انرژی حامل iام، HV_i ارزش حرارتی حامل انرژی iام، Q_E مجموع میزان مصرف برق، F_C ضریب تبدیل برق به انرژی اولیه معادل ۳/۷ و A_F مساحت زیربنای مفید بر حسب متر مربع می‌باشد. شاخص مصرف انرژی سالیانهٔ ساختمان (E_{actual}) برای ساختمان‌های در حال ساخت از رابطهٔ ۳ مشخص می‌گردد.

$$E_{actual} = \frac{E_{fuel} + F_C \times E_{elec}}{A} \qquad (۳)$$

به‌طوری‌که در این رابطه E_{fuel} کل انرژی سوخت مصرفی ساختمان از فرمول ۴ و برحسب کیلووات ساعت بر سال، F_C ضریب تبدیل برق به انرژی اولیه معادل ۳/۷ و E_{elec} کل انرژی برق مصرفی ساختمان از فرمول ۵ و برحسب کیلووات ساعت بر سال است.

$$E_{actual} = (QH_{use} - GESH \times RSH) \times RHT + (QC_{use} - GESH \times RSC) \times RCT + (QDHW - GESH \times RSD) \times RDT + GCCHP \qquad (۴)$$

$$E_{elec} = (QH_{use} - GESH \times RSH) \times (1 - RHT) + (QC_{use} - GESH \times RSC) \times (1 - RCT) + (QDHW - GESH \times RSD) \times (1 - RDT) - GEPV - GEWT - GECHP + W_c \qquad (۵)$$

به‌طوری‌که در رابطهٔ ۴ QH_{use} انرژی سالیانهٔ مورد نیاز جهت تأمین گرمایش، $GESH$ انرژی سالیانهٔ تولیدی توسط آب‌گرم‌کن خورشیدی، QC_{use} انرژی سالیانهٔ مورد نیاز جهت تأمین سرمایش، $QDHW$ انرژی سالیانهٔ مورد نیاز جهت تأمین آب گرم مصرفی و $GCCHP$ میزان انرژی سوخت مصرفی سیستم CHP می‌باشد. سهم هر یک انرژی‌ها نیز توسط ضرایب R مشخص می‌شود.

همچنین در رابطهٔ ۵، $GEPV$ میزان انرژی الکتریکی تولیدی توسط سلول‌های فتوولتاییک، $GEWT$ میزان انرژی الکتریکی تولیدی توسط توربین‌های بادی ساختمان، $GECHP$ میزان انرژی الکتریکی تولیدی توسط سیستم CHP و Wc میزان انرژی الکتریکی مصرفی ساختمان در بخش روشنایی می‌باشد. بدین ترتیب ردهٔ مصرف انرژی ساختمان با استفاده از نسبت انرژی تعیین می‌شود. به‌عنوان نمونه تعیین ردهٔ مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. تعیین ردهٔ مصرف انرژی ساختمان غیرمسکونی براساس نسبت انرژی [۹]

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

۳-۳. تعیین ضریب انتقال حرارت مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان

جهت در نظر گرفتن ضوابط مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان در زمینهٔ عایق‌کاری حرارتی پوستهٔ خارجی ساختمان، باید اقدام به تعیین ضریب انتقال حرارت طرح و مقایسهٔ آن با مقدار حداکثر (مرجع) نمود. محاسبات باید برای هر واحد ساختمان به‌صورت مستقل انجام گردد. اگر واحدهای ساختمان از نظر حرارتی همگن باشند، کافی است محاسبات روی بری از واحدهای شاخص صورت گیرد. ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان $\hat{H}$ برابر با میزان انتقال حرارت برای یک درجه سلسیوس اختلاف دما بین داخل و خارج از طریق دیوارها، بام‌ها، کف‌های در تماس با هوا یا خاک و سطوح نورگذر است. این جدارها می‌توانند در تماس با فضای خارج یا فضاهای کنترل نشده باشند. $\hat{H}$ از رابطهٔ ۶ محاسبه می‌شود [۱۰].

$$\hat{H} = A_w U_w + A_R U_R + A_F U_F + P U_P + A_G U_G R_G + A_D U_D + A_{WB} U_{WB} \qquad (۶)$$

در رابطهٔ ۶، A مساحت سطوح در تماس با فضاهای خارجی است. A_w بیانگر مساحت دیوارها، A_R مساحت بام، A_F مساحت کف زیرین، A_G مساحت جدارهای نورگذر و A_D مساحت مربوط به درهای خارجی است. ضریب U نیز بیانگر ضریب انتقال حرارت مرجع برای سطوح در تماس با فضاهای خارجی است. P محیط پیرامون و R_G نسبت متوسط سطوح جدارهای نورگذر به سطوح جدارهای نورگذر با قاب آنها می‌باشد. ضرایب مورد نیاز برای محاسبهٔ ضریب انتقال حرارت مرجع $\hat{H}$ ساختمان‌های غیرویلایی در جدول ۴ نشان داده شده است.

در مرحلهٔ بعدی ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان یا بخش کنترل‌شدهٔ آن (H) با روش‌های شناخته شده مطابق با مشخصات حرارتی مصالح به‌کار رفته محاسبه می‌گردد. طراحی عایق‌کاری حرارتی ساختمان باید به‌گونه‌ای صورت گیرد که ضریب انتقال حرارت طرح (H) کوچکتر یا مساوی ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان ($\hat{H}$) باشد.

$$H < \hat{H} \qquad (۱)$$

۴-۳. ارتقای درجهٔ برچسب انرژی ساختمان نمونه

در این قسمت تأثیر پارامترهای مختلف بهبود مصرف انرژی ساختمان و نیز تأثیر اقلیم‌های آب‌وهوایی بر ساختمان نمونه بررسی می‌شود. جهت انجام محاسبات تهویهٔ مطبوع و به‌دست آوردن بارهای گرمایشی و سرمایشی کل بنا از نرم‌افزار کریئر[۷] استفاده شده است. روند کلی کار بدین صورت است که ابتدا در حالت عادی محاسبات تهویهٔ مطبوع صورت می‌گیرد. سپس با اعمال پارامترهای بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان و نیز تغییر اقلیم‌های آب‌وهوایی نتایج حاصل از هر عامل به‌طور جداگانه و همچنین به‌صورت کلی برداشت می‌شود. با مقایسهٔ ردهٔ مصرف انرژی ساختمان و ضوابط مربوط به مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان در هر مورد می‌توان به نتایج قابل توجهی دست یافت. ساختمان مورد بررسی یک ساختمان آموزشی در شهر تهران است. این ساختمان از نظر مشخصات اقلیمی، در اقلیم شمارهٔ ۵ و در شهر تهران واقع شده است و شامل ۱۰ طبقه می‌باشد که در سال ۱۳۸۵ مورد بهره‌برداری قرارگرفته است. سیستم تهویه مطبوع ساختمان از دو سیستم هواساز[۸] و سیستم فن‌کویل[۹] تشکیل شده است. هوای تازهٔ پیش‌گرم و یا پیش‌سرد شده توسط سیستم هواساز در فضای ساختمان پخش می‌گردد و کویل‌های گرمایشی و سرمایشی سیستم فن‌کویل دمای بخش‌های مورد نظر را به شرایط مطلوب می‌رسانند. ضرایب انتقال حرارت مصالح ساختمانی در جدول ۵ نشان داده شده است.

با توجه به اطلاعات جدول ۵ و بهره‌گیری از رابطهٔ ۶ ضرایب انتقال حرارت طرح و مرجع ساختمان محاسبه می‌شود.

$$\hat{H} = 10.75 \ \ KW/^{o}K$$

$$H = 12.43 \ \ KW/^{o}K$$

با توجه به مقادیر ضرایب انتقال حرارت طرح و مرجع و در نظر گرفتن فرمول ۷ مشخص می‌شود که ساختمان نمونه حداقل شرایط مربوط به پوستهٔ خارجی مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان را دارا نیست. به‌همین جهت اقدامات لازم برای بهبود برخی موارد در قسمت‌های مختلف ساختمان در جدول ۶ آمده است. با توجه به اطلاعات مندرج در جدول ۶ و بهره‌گیری از رابطهٔ ۶ ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان بهبود یافته محاسبه می‌گردد.

جدول ٤. ضرایب مورد نیاز برای محاسبهٔ ضریب انتقال حرارت مرجع ساختمان‌های غیرویلایی [۱۰]

نوع انرژی مصرفی	غیر برقی			برقی		
گروه ساختمان	۱	۲	۳	۱	۲	۳
دیوار U_w	۱/۱۰	۱/۳۹	۱/۶۱	۰/۹۲	۱/۱۶	۱/۳۴
بام U_R	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۸۰	۰/۴۶	۰/۵۸	۰/۶۷
کف در تماس با هوا U_F	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۸۰	۰/۴۶	۰/۵۸	۰/۶۷
کف در تماس با خاک U_P	۱/۶۰	۲/۰۲	۲/۳۴	۱/۳۳	۱/۶۸	۱/۹۵
جدار نورگذر U_G	۳/۴۰	۴/۲۸	۴/۹۶	۲/۸۳	۳/۵۷	۴/۱۴
در U_D	۳/۵۰	۴/۴۱	۵/۱۱	۲/۹۲	۳/۶۸	۴/۲۶
فضای کنترل‌نشده U_{WE}	۰/۷۰	۰/۸۸	۱/۰۲	۰/۵۸	۰/۷۴	۰/۸۵

جدول ۵. ضرایب انتقال حرارت مصالح ساختمانی

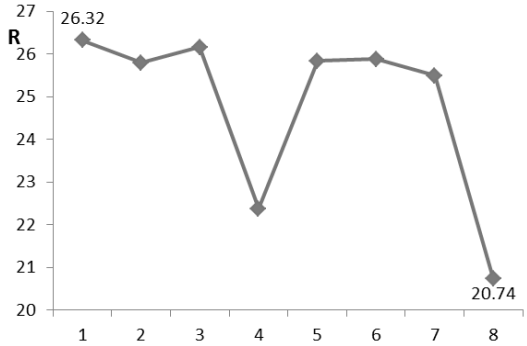
اجزای ساختمان	ضریب انتقال حرارت (وات بر متر مربع درجهٔ کلوین)
پنجرهٔ تک‌جداره	۶/۲۳۵
پنجرهٔ دو جداره	۴/۴۸۷
دیوار داخلی	۲/۰۹۷
دیوار خارجی	۱/۶۶۷
درب چوبی	۲/۰
درب شیشه‌ای	۶/۰
کف	۳/۰
بام تخت	۰/۸۵۵

جدول ٦. اطلاعات موارد بهبودیافتهٔ مصالح ساختمانی

دیوار روشن	U= 0.45 W/m².°K
سقف روشن	U= 0.45 W/m².°K
دیوار عایق‌کاری شده	U=0.251 W/m².°K
سقف عایق‌کاری شده	U=0.219 W/m².°K
پنجرهٔ سه‌جداره	U=3.64 W/m².°K
سایبان	برآمدگی ۱۶ اینچ و فرورفتگی ۲ اینچ

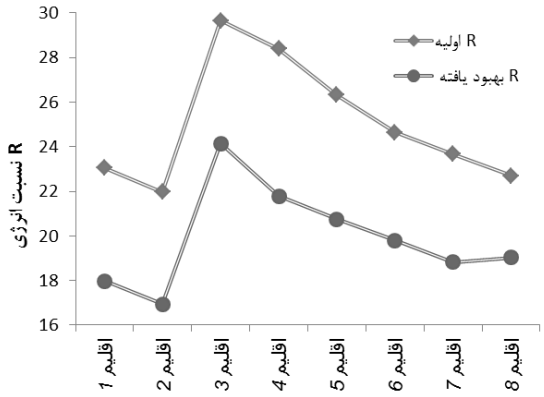
$$H = 6.16 \ KW/^{o}K$$

ملاحظه می‌شود که مطابق رابطهٔ ۷ ساختمان در حالت بهبودیافته شرایط مربوط به پوستهٔ خارجی مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان را دارا می‌باشد. نسبت انرژی ساختمان در حالت اولیه و حالت‌های مختلف بهبود مصرف انرژی ساختمان (پیشنهادهای جدول ۶) مطابق رابطهٔ ۱ محاسبه شده و در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ٤. نمودار تأثیر پارامترهای بهینه‌سازی بر نسبت انرژی ساختمان؛ ۱) حالت اولیه، ۲) دیوار روشن، ۳) سقف روشن، ۴) عایق دیوار، ۵) عایق سقف، ۶) سایبان، ۷) پنجرهٔ سه‌جداره، ۸) همهٔ موارد

نسبت‌های انرژی فوق بهبود مصرف انرژی در حالت‌های مختلف بهینه‌سازی مصرف انرژی را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که شاهد حدود ۵/۵۸ واحد ارتقاء در نسبت انرژی ساختمان هستیم که رقم قابل ملاحظه‌ای است. اما با تطابق نسبت‌های انرژی به‌دست آمده با جدول ۳ مشخص می‌گردد که ساختمان مورد نظر در حالت اولیه و همچنین در حالت بهینه‌سازی شده مشمول دریافت برچسب انرژی ساختمان نیست. با توجه به اقلیم‌های آب‌وهوایی مشخص شده در جدول ۲، ساختمان نمونه را در حالت اولیه و بهبودیافته در هریک از اقلیم‌های هشت‌گانه مدل می‌کنیم. بدین ترتیب میزان مصرف انرژی ساختمان در هر یک از شرایط آب‌وهوایی ایران به‌دست می‌آید. نسبت‌های انرژی هر اقلیم در حالت اولیه و بهبود یافته در شکل ۵ نشان داده شده است. در شکل ۵ مشاهده می‌شود که مطلوب‌ترین شرایط مصرف انرژی ساختمان نمونه در حالت اولیه مربوط به اقلیم‌های ۲ و ۸ و در حالت بهبودیافته مربوط به اقلیم‌های۱ و ۲ است. همچنین اقلیم‌های ۳، ۴ و ۵ بیشترین مصرف انرژی را داراست. کمترین تأثیر بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان در اقلیم ۸ و بیشترین تأثیر بهینه‌سازی ساختمان از لحاظ مصرف انرژی را در اقلیم‌های ۳، ۴ و ۵ شاهد هستیم. بدین ترتیب اجرای راه‌کارهای مذکور در اقلیم‌های پرمصرف ۳، ۴ و ۵ بیشترین صرفهٔ اقتصادی را خواهد داشت.

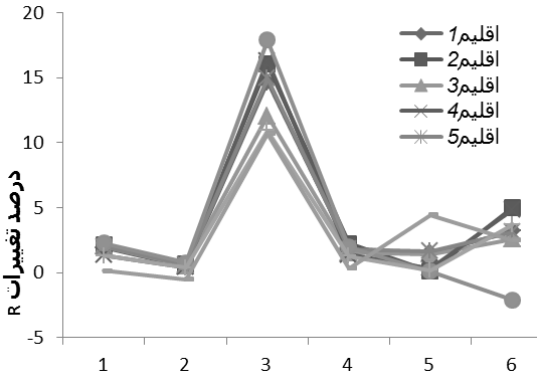


شکل ۵. نمودار تاثیر اقلیم‌های آب‌وهوایی بر نسبت انرژی ساختمان

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که ساختمان نمونه در شرایط بهبودیافته با اینکه حداقل شرایط مربوط به پوستهٔ خارجی مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان را داراست، اما مشمول دریافت برچسب انرژی ساختمان در هیچ یک از اقلیم‌های ایران نیست. با این‌حال با به‌کارگیری حالت‌های مختلف بهبود مصرف انرژی می‌توان کاهش قابل توجهی را در مصرف انرژی مشاهده نمود. جهت اتخاذ اثرگذارترین راه‌کار در هر اقلیم، درصد تغییرات نسبت انرژی ساختمان به ازای حالت‌های مختلف بهبود مصرف انرژی در شکل ۶ نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، عایق‌کاری مناسب دیوارها بیشترین تأثیر را در کاهش نسبت انرژی ساختمان و کاهش مصرف

انرژی داراست. در مقابل تغییر رنگ سقف کمترین تأثیر را در کاهش مصرف انرژی دارد. ایجاد سایبان در اقلیم ۸ بیشترین تأثیر مثبت را دارد؛ در حالی‌که در اقلیم‌های ۲ ،۶ و ۷ تأثیر چندانی در کاهش مصرف انرژی ندارد و استفاده از آن صرفهٔ اقتصادی نخواهد داشت.



شکل ٦. درصد تغییرات نسبت انرژی ساختمان به ازای حالت‌های مختلف بهبود مصرف انرژی؛ ۱) حالت اولیه، ۲) دیوار روشن، ۳) سقف روشن، ۴) عایق دیوار، ۵) عایق سقف، ۶) سایبان، ۷) پنجرهٔ سه‌جداره، ۸) همهٔ موارد

به‌کارگیری پنجره‌های سه‌جداره نیز در تمامی اقلیم‌ها به جز اقلیم ۶ دارای تأثیر مثبت است. جهت ارتقای نسبت انرژی ساختمان به میزانی که مشمول دریافت برچسب انرژی ساختمان‌گردد، راه‌کارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. استفاده از آب‌گرم‌کن خورشیدی جهت کمک به تأمین گرمایش، سرمایش وآب گرم مصرفی ساختمان
۲. تولید انرژی الکتریکی توسط سلول‌های فتوولتاییک نصب‌شده در ساختمان
۳. تولید انرژی الکتریکی توسط توربین‌های بادی نصب‌شده در ساختمان
۴. تولید انرژی الکتریکی توسط سیستم سی. اچ. پی. نصب‌شده در ساختمان
۵. بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمندسازی ساختمان
۶. هوشمندسازی سیستم روشنایی ساختمان
۷. تغییر در هندسه و معماری ساختمان در صورت احداث ساختمان مشابه با پلان موجود
۸. بهینه‌سازی سیستم تأسیسات مکانیکی

در پایان ذکر این نکته ضروری است که بهترین راه‌حل جهت کاهش مصرف انرژی در ساختمان این است که پس از بررسی هر ساختمان از دیدگاه مبحث نوزدهم مقررات ملی، محاسبات نسبت انرژی و تعیین ردهٔ مصرف انرژی آن قبل از ساخت صورت گیرد. در صورتی‌که ساختمان دارای برچسب انرژی پایین است، با تجدید نظر و بهبود طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع، روشنایی و ملاحظات معماری مربوطه، به ساختمانی با برچسب انرژی بالاتر دست یافت.

۶. مآخذ

[۱] رضاپور، کامبیز، *مبانی صرفه‌جویی و اصول مدیریت انرژی*، سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، چاپ دوم، پاییز ۱۳۸۸.

[۲] ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰ کل کشور، معاونت امور برق و انرژی، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی وزارت نیرو.

[3] Kasmai M. Traditional Architectur of Iran and Its Relation to its History Climate and Culture.

[۴] کسمایی، مرتضی، *اقلیم و معماری*، شرکت چاپ بانک ملی ایران، چاپ اول ۱۳۷۸.

[۵] استاندارد ملی ایران ISIRI.14253 ، تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی ساختمان‌های مسکونی، سازمان ملی استاندارد ایران، چاپ اول.

[۶] *مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث اول*، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۱.

[7] International Building Energy Rating & Disclosure Policy Fact Sheet, Institute for Market Transformation. April 2011.

[8] Implementation of the Energy Performance of Buildings Directive Country reports 2008.

[۹] استاندارد ملی ایران ISIRI.14254، تعیین معیار مصرف انرژی و دستورالعمل برچسب انرژی ساختمان‌های غیرمسکونی، سازمان ملی استاندارد ایران، چاپ اول.

[۱۰] مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث نوزدهم، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۱.

پی‌نوشت

1. Energy Performance of Buildings Directive
2. Energy Star
3. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
4. Building Energy Quotient
5. ISIRI 14253
6. ISIRI 14254
7. Carrier Hourly Analysis Program
8. Air condition system
9. Fan coil system

آدرس : خیابان حافظ ، روبروی دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، کوچه آرژانتین ، پلاک ۲
فکس :۸۸۸۰۷۰۰۸ تلفن : ۸۸۸۹۲۱۴۴ ، ۸۸۸۹۵۹۶۹