Archive of SID

مقایسهٔ برچسب‌گذاری انرژی ساختمان‌های مسکونی بر اساس دو روش متفاوت در ارزیابی عملکرد حرارتی

نمونهٔ موردی: ساختمان‌های مسکونی شهر بابلسر[1]

ماریا کردجمشیدی[2]
استادیار دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه مازندران

دریافت: ۲۷ مهر ۱۳۹۷
پذیرش: ۲۳ بهمن ۱۳۹۸
(صفحهٔ ۷۰-۵۷)

چکیده

برچسب‌گذاری انرژی ساختمان‌ها سیاستی کاربردی برای ترغیب جامعه به استفاده از ساختمان‌های بهینه و کاهش مصرف انرژی سالانه در بخش ابنیه است، که عموماً بر اساس ارزیابی عملکرد حرارتی سالانهٔ ساختمان محاسبه می‌شود. روش برچسب‌گذاری انرژی در ایران با روش‌های معرفی‌شده در استانداردهای بین‌المللی متفاوت است. هدف در این مقاله مقایسهٔ روش مورد استفاده در ایران با روش متداول بین‌المللی است. به این منظور عملکرد حرارتی ۱۸۴ نمونهٔ مسکونی، به دو روش مدل‌سازی و محاسباتی، برای اقلیم معتدل و مرطوب شهر بابلسر انجام شده است. مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس برای پیش‌بینی مصرف انرژی سالانه و محاسباتی بر اساس روش کارکردی اعلام‌شده در «مقررات ملی مبحث ۱۹» برای محاسبهٔ ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان انجام شده است. برچسب‌گذاری ابتدا بر اساس پیش‌بینی مصرف انرژی سالانه و سپس بر اساس نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که همبستگی بین دو شاخص ارزیابی برچسب‌گذاری ضعیف (۰٫۲) و در ۴۰٪ نمونه‌ها نتیجه برچسب‌گذاری در دو سیستم متفاوت بودند. بنابراین بازنگری در روش کنونی برای بهسازی ابنیه در ایران ضروری است. در انتها سیستمی تلفیقی برای برچسب‌گذاری انرژی ساختمان‌های مسکونی در ایران پیشنهاد شده است.

کلیدواژگان: برچسب انرژی، ساختمان‌های مسکونی، عملکرد حرارتی، بابلسر.

مقدمه

برچسب‌گذاری و رده‌بندی انرژی ساختمان‌ها تدبیری است که برای ترویج ساختمان‌های کم‌مصرف و به منظور تلاش برای صرفه‌جویی و کاهش مصرف انرژی، در کشورهای توسعه‌یافته و بسیاری از کشورهای در حال توسعه از اوایل دههٔ ۱۳۹۰ به کار گرفته شده است. این روش نه‌تنها باعث توسعهٔ ساختمان‌های کم‌مصرف می‌شود، بلکه تعدیل قیمت ساختمان‌ها[3] و ترویج ساختمان‌های بهینه در بازار ساخت‌وساز را نیز در پی دارد[4]. پیش از این برچسب انرژی برای تأسیسات و نیز وسایل الکترونیکی مورد استفاده در ساختمان‌ها اعمال شده بود. در مطالعات محدودی تأثیر مثبت این روش در بهسازی و

۱. این مقاله بر گرفته از طرحی پژوهشی است تحت عنوان *تدوین چارچوبی برای برچسب انرژی ساختمان‌های مسکونی در ایران (نمونهٔ مورد مطالعه: بابلسر)* که با حمایت دانشگاه مازندران و نظارت مرکز تحقیقات وزارت راه، مسکن و شهرسازی از مهرماه ۱۳۹۶ به مدت یک سال انجام شده است. نویسنده بر خود لازم می‌داند از خانم سمیرا آیین به خاطر انجام مدل‌سازی نمونه‌های این پژوهش تشکر و تقدیر کند.

2. m.kordjamshidi@umz.ac.ir

۳. نک:
D. Popescu, et al, "Impact of Energy Efficiency Measures on the Economic Value of Buildings".

۴. نک:
B.C. Farhar, et al, *Linking Home Energy Rating Systems with Energy Efficiency Financing*.

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش مصرف انرژی تأیید شده است.[۵] محققین این حوزهٔ مطالعاتی معتقدند که برای برچسب‌گذاری ابتدا باید چارچوب و شاخصی معتبر معرفی شود.[۶] سیر تغییرات و توسعهٔ برنامه‌های برچسب انرژی ساختمان در مطالعه‌ای مروری بررسی شده است.[۷] بسیاری از کشورها استفاده از برچسب انرژی ساختمان را به صورت اختیاری یا اجباری آغاز کرده‌اند. در مطالعهٔ مروری دیگری برنامه‌های برچسب انرژی استفاده‌شده در امریکا، کانادا، استرالیا، و اروپا بررسی و مقایسه شده‌اند.[۸] به طور کلی رده‌بندی یا برچسب انرژی ساختمان با توجه به مقررات ملی ساختمان و بر مبنای شاخصی تعریف‌شده انجام می‌گیرد. معیار محاسبهٔ برچسب انرژی ساختمان را می‌توان از معیارهای ساده مانند ضریب انتقال حرارت[۹] پوستهٔ خارجی تا معیارهای پیچیده مانند میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان، میزان تولید گازهای آلایندهٔ هوا، و تأثیر بر شرایط زیست‌محیطی انتخاب کرد. تعیین معیارها با توجه به زیرساخت‌های کشورها و میزان حساسیت آن‌ها نسبت به مصرف انرژی و توسعهٔ پایدار متغییر است. سیستم‌های رده‌بندی مختلفی مانند NatHERS و NABERS در استرالیا، Ener Guide،R-200 و Energy Star در کانادا، CASBE در ژاپن، EPCs و NHERS در انگلستان، EPB در اروپا، Hot 2000 و Ohio در امریکا تعریف و به کار گرفته شده‌اند. اعتبار و دقت سیستم‌های رده‌بندی بستگی به شاخص تعریف‌شده برای ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان و روش برچسب‌گذاری دارد[۱۰]. عموماً شاخص‌های تعریف‌شده برای ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان برگرفته از انرژی مورد نیاز سالانه بر اساس کیلووات ساعت یا مگاژول در سال (MJ/year , kWh/year) برای گرمایش، سرمایش، و تأمین روشنایی هستند که بعضاً با عامل‌هایی مانند مساحت کلی یا حجم بنا تعدیل می‌شوند (انرژی مصرفی سالانه به ازای واحد سطح ساختمان MJ/m²/year, kWh/m²/ year). در تعداد محدودی از برنامه‌ها مانند NABERS در استرالیا، با استفاده از مصرف انرژی واقعی ساختمان، برچسب انرژی تعیین می‌شود. این برنامه‌ها صرفاً برای ساختمان‌های در حال استفاده کاربرد دارند. در اغلب برنامه‌های برچسب انرژی ساختمان، بر اساس پیش‌بینی مصرف انرژی سالانه و به طور مقایسه‌ای با یک ساختمان مرجع، عمل رده‌بندی ساختمان را انجام می‌دهند. این برچسب مبین مصرف واقعی ساختمان نیست، ولی میزان بهره‌وری آن بنا را در مقایسه با سایر بناهای مشابه نشان می‌دهد. عرضهٔ برچسب انرژی

پرسش تحقیق

استفاده از شاخص‌های متفاوت چه تأثیری بر ارزیابی عملکرد حرارتی و نهایتاً رده‌بندی انرژی ساختمان‌های مسکونی دارند؟

۵. نک:
T.M. Dinan & J.A. Miranowski, "Estimating the Implicit Price of Energy Efficiency Improvements in the Residential Housing Market"; R.W. Gilmer, "Energy Labels and Economic Search".

۶. نک: ماریا کردجمشیدی و همکاران، «رده‌بندی ابنیه، راهی بسوی کاهش مصرف انرژی»؛
T. Olofsson, et al, "Rating the Energy Performance of Buildings".

۷. نک:
L. Perez-Lombard, et al, "A Review of Benchmarking, Rating and Labelling Concepts within the Framework of Building Energy Certification Schemes".

۸. نک:
K.B. Janda, "Worldwide status of Energy Standards for Buildings"; P. Rajagopalan & T.C.Y. Leung, "Progress on Building Energy Labelling Techniques".

۹. ضریب انتقال حرارت طرح(Building Heat Loss Coefficient) بر اساس تعریف عرضه‌شده در مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹، برابر است با مجموع انتقال حرارت از جدارهای فضاهای کنترل‌شده در صورتی که ←

www.SID.ir

Archive of SID

ساختمان به روش‌های مختلفی انجام می‌شود؛ ازجمله روش‌های موجودْ سیستم امتیازدهی بین ۱–۱۰۰، طبقه‌بندی طلا/ نقره/ برنز، چندستاره بین ۱–۱۰ ستاره، و حروف الفبا A تا G.

در ایران مقررات ملی ساختمان، مبحث ۱۹، برای بهسازی مصرف انرژی ابنیه تدوین شده است. اخیراً با اتکا به همین آیین‌نامهٔ ساختمانی و با استفاده از نسبت ضریب انتقال حرارت ساختمان به ضریب انتقال حرارت ساختمان مرجع روشی برای رده‌بندی ساختمان‌ها تدوین شده است. به نظر می‌رسد که ارتباط معنی‌داری بین ضریب انتقال حرارت طرح و میزان انرژی گرمایشی/ سرمایش مصرفی ساختمان وجود داشته باشد. در این صورت نتیجهٔ برچسب‌گذاری و رده‌بندی یک ساختمان، بر اساس هریک از دو شاخص تعریف‌شده، باید مطابقت داشته باشند.

هدف اصلی در این پژوهش مقایسهٔ نتایج رده‌بندی یا برچسب‌گذاری ساختمان‌های مسکونی بر اساس روش بیان‌شده در آیین‌نامهٔ ساختمانی ایران و روش متداول به کار گرفته‌شده در کشورهای توسعه‌یافته است. به همین منظور، با استفاده از تیپولوژی ساختمان‌های مسکونی شهر بابلسر به سؤال تحقیق پاسخ داده خواهد شد:

ـ استفاده از شاخص‌های متفاوت چه تأثیری بر ارزیابی عملکرد حرارتی و نهایتاً رده‌بندی انرژی ساختمان‌های مسکونی دارند؟

۱. پیشینهٔ تحقیق

در مطالعات متعددی بر روی سیستم‌های برچسب‌گذاری ساختمانْ تأثیر عوامل مختلف و همچنین میزان دقت و اعتبار سیستم‌های رده‌بندی ساختمان بررسی شده است.[۱۱] برچسب‌گذاری روشی مطمئن و موفق برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها معرفی شده است.[۱۲] بنا بر مطالعات متعدد تمایل و تلاش کشورهای بسیاری برای استفاده از ساختمان‌های سبز با بهره‌وری بالا بیشتر شده است[۱۳]. در همین خصوص همهٔ این کشورها مقررات و استانداردهای ملی ساختمانی خود را تدوین و بازنگری کرده‌اند. در همین خصوص همهٔ این کشورها مقررات و استانداردهای ملی ساختمانی خود را تدوین کرده‌اند. اغلب استانداردهای ملی بر مبنای «استاندارد اشری» تنظیم شده‌اند.[۱۴] این استاندارد شامل حداقل‌های مورد نیاز برای طراحی یک ساختمان بهینه است؛ همچنین هر سه سال یک بار بازنگری می‌شود و در آن حداقل‌های لازم برای همهٔ پارامترهای ساختمانی با توجه به اقلیم مرتبط با مکان ساختمان تعیین می‌گردد.

بررسی مقایسه‌ای سیستم‌های ارزیابی ساختمانی در مطالعات محدودی انجام شده است. در بررسی مقایسه‌ای بین استاندارد ساختمانی چین برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی با استاندارد اشری[۱۵] مشخص شد که بهینه‌سازی یک ساختمان تجاری بر اساس آیین‌نامهٔ چین منجر به ۲۷٪ و بر اساس استاندارد اشری منجر به ۲۱٪ صرفه‌جویی در مصرف انرژی خواهد شد. مقایسهٔ مدل‌های پایهٔ برچسب انرژی در برزیل با استاندارد اشری نشان داد که برای برخی اقلیم‌ها عملکرد مدل‌های پایه مشابه هستند؛ تمایز اصلی بین این دو آیین‌نامه در میزان عایق پیشنهادی برای جدارهٔ خارجی ساختمان است، در استاندارد اشری عایق بیشتری برای ساختمان پیشنهاد می‌شود. با مقایسهٔ رده‌بندی و نتایج حاصل از لید[۱۶] با برنامه‌های ESGB، BEAM، CASBEE، دقت بیشتر لید و انعطاف کمتر آن نسبت به سایر برنامه‌ها مشاهده می‌شود[۱۷]. وجه مشترک همهٔ این برنامه‌ها تعیین پیش‌نیازهایی برای طرحی یک ساختمان بهینه در مقررات ملی ساختمان و استفاده از یک برنامهٔ مدل‌سازی برای محاسبهٔ انرژی مورد نیاز سالانهٔ بنا و تعیین برچسب انرژی ساختمان بر اساس چارچوب تعیین‌شده برای رده‌بندی ساختمان‌ها با کاربری‌های متفاوت است. مطالعات پراکنده‌ای در خصوص تأثیر شاخص ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان بر رده‌بندی گویای این هستند که تغییر شاخص می‌تواند منجر به تغییر رتبهٔ ساختمان در یک سیستم برچسب‌گذاری انرژی شود[۱۸]. تغییر پارامترهایی مانند تغییر

اختلاف دمای داخل و خارج ساختمان برابر یک درجهٔ کلوین باشد. در روش کارکردی این شاخص (W/K) برای هر ساختمان با ضریب انتقال حرارت ساختمان مرجع مقایسه می‌شود.

۱۰. نک:
Kordjamshidi, *House Rating Schemes: From Energy to Comfort Base*.

۱۱. نک:
Perez-Lombard, et al, ibid; P. Hernandez, et al, "Development of Energy Performance Benchmarks and Building Energy Ratings for Non-domestic Buildings"; B. Poel, et al, "Energy Performance Assessment of Existing Dwellings"; J.L. Miguez, et al, "Review of the Energy Rating of Dwellings in the European Union as a Mechanism for Sustainable Energy"; W. Chung, et al, "Benchmarking the Energy Efficiency of Commercial Buildings"; B. Bordass & A. Leaman, "Occupancy-post-occupancy Evaluation"; K. Kotsaki & G. Sourys, *Critical Review and State of the Art of the Existing Rating and Classification Techniques*; J. Fairey, et al, *The HERS Rating Method and the Derivation of the Normalized Modified Loads Method*; N. Baker &

www.SID.ir

Archive of SID

محدودهٔ آسایش حرارتی و تغییر زمان سکونت در ساختمان، که معمولاً پیش‌فرض در برنامه‌های مدل‌سازی هستند، نیز می‌تواند نتایج برچسب‌گذاری را تغییر دهد.

باقری و همکاران برنامه‌ای مشابه با سیستم‌های فوق‌الذکر برای ساختمان‌های اداری در ایران پیشنهاد کرده است.[۱۹] ایشان ساختمان‌های اداری را بر اساس میزان مصرف سالانهٔ انرژی در هفت گروه A تا G رده‌بندی و برچسب‌گذاری می‌کنند. برای ساختمان‌های مسکونی بر اساس محاسبهٔ ضریب انتقال حرارت طرح، ساختمان‌ها در پنج گروه A تا E دسته‌بندی می‌شوند. نگارندهٔ مقالهٔ پیش رو و همکاران در مطالعهٔ دیگری چارچوبی را برای برچسب‌گذاری انرژی ساختمان در ایران پیشنهاد کرده‌اند[۲۰]. متأسفانه مطالعهٔ مقایسه‌ای برای سنجش میزان دقت و اعتبار سیستم‌های پیشنهادی با روش‌های متداول در سایر کشورها انجام نشده است. در مطالعهٔ یادشده تمایز و تطابق سیستم رده‌بندی پیشنهادی در ایران با متداول‌ترین روش ارزیابی در کشورهای توسعه یافته مقایسه شده است.

۲. ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان‌های مسکونی

ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان‌های احداث‌شده، به منظور برچسب‌گذاری انرژی، عموماً بر اساس مقایسهٔ کل انرژی مصرفی سالانهٔ یک بنا با یک ساختمان مرجع با کاربری مشابه انجام می‌شود. برای ساختمان‌های نوساز، با استفاده از نرم‌افزارهای مدل‌سازی، مصرف انرژی سالانه بر اساس پیش‌فرض‌هایی ثابتْ پیش‌بینی و در مقایسه با ساختمان مرجع تعریف‌شده در مقررات ملی ساختمانْ ارزیابی می‌شود. اغلب کشورها شرایط حداقلی را برای یک ساختمان بهینه بر مبنای استاندارد اشری تعیین و چارچوبی را برای برچسب انرژی ساختمان‌ها مشخص کرده‌اند. سیستم‌های برچسب‌گذاری عموماً انرژی سالانهٔ مورد نیاز به ازای هر مترمربع ساختمان (MJ/m^2) را شاخص ارزیابی تعریف کرده‌اند. لازم به ذکر است که در مطالعات مختلف روش‌های دیگری نیز برای ارزیابی ساختمان‌ها به کار برده‌اند، ولی از هیچ‌یک از آن روش‌ها برای برچسب‌گذاری انرژی استفاده نشده است. به طور نمونه در برخی مطالعات ارزیابی عملکرد حرارتی بر مبنای دمای فضاهای درونی انجام گردیده است[۲۱]. هدف در آن تحقیق‌ها صرفاً بررسی عملکرد حرارتی نمونه‌های مطرح شده در محدودهٔ تحقیق بوده است.

۲ . ۱. برچسب انرژی در ایران

مبنای ارزیابی عملکرد حرارتی در *آیین‌نامهٔ ملی ایران*، ضرایب انتقال حرارتی جداره‌های خارجی یا نسبت ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان به ضریب انتقال حرارت ساختمان مرجع است. در *آیین‌نامهٔ اجرایی صرفه‌جویی در مصرف انرژی و معیارهای برچسب انرژی ایران* ساختمان‌ها در پنج گروه از A (حداکثر بهره‌وری) تا E (حداقل بهره‌وری لازم) دسته‌بندی شده است. این دسته‌بندی به دو روش تجویزی (برای ساختمان‌های موجود) و کارکردی (برای ساختمان‌های نوساز) قابل‌محاسبه است. در روش تجویزی با محاسبهٔ مقاومت‌های حرارتی جداره‌های پوستهٔ خارجی، رده‌بندی بر اساس نسبت مقاومت‌های محاسبه‌شده به مقاومت‌های تعیین‌شده در مبحث ۱۹ مطابق محدوده‌های تعریف‌شده در آیین‌نامه تعیین می‌گردد. در روش کارکردی، رده‌بندی بر اساس نسبت ضریب انتقال طرح به ضریب انتقال ساختمان مرجع ــ مطابق مبحث ۱۹ ــ با استفاده از محدوده‌های تعریف‌شده محاسبه می‌شود. در «ت ۱» بازهٔ تعریف‌شده برای تعیین ردهٔ انرژی ساختمان‌های نوساز به روش کارکردی و نمونهٔ گواهی برچسب برای این گروه نشان داده شده است. تبصره‌هایی نیز برای ارتقای ردهٔ ساختمان در نظر گرفته شده است که، به دلیل محدودیت در حجم نوشتار مقاله، در اینجا ذکر نشده‌اند. ضرایب انتقال حرارت ساختمان‌های مرجع برای کاربری‌ها و اقلیم‌های مختلفْ متفاوت هستند، ولی دامنهٔ تغیرات شاخص ارزیابی هر ردهٔ

M. Standeven, "Thermal Comfort for Free Running Buildings"; J.A. Ballinger, "The Nationwide House Energy Rating Software (NatHERS), Canberra"; R. Haas, "Energy Efficiency Indicators in the Residential Sector: What Do We Know and What Has to Be Ensured?".

۱۲. نک:
D. Turrent & J. Mainwaring, "Saving Energy on the Rates"; E. Vine, et al, "Implementing Home Energy Rating Systems"; J.A. Ballinger & D. Cassell, "Solar Efficient Housing and NatHERS: an Important Marketing Tool".

۱۳. نک:
G. Seyfang, "Community Action for Sustainable Housing"; S.N. Kharrufa & Y. Adil, "Upgrading the Building Envelope to Reduce Cooling Loads"; Z. Huang, et al, "Contribution of Promoting the Ggreen Residence Assessment Scheme to Energy Saving".

۱۴. نک:
A.P. Melo, et al, "Building Energy Performance Assessment: Comparison between ASHRAE Standard 90.1 and Brazilian Regulation".

www.SID.ir

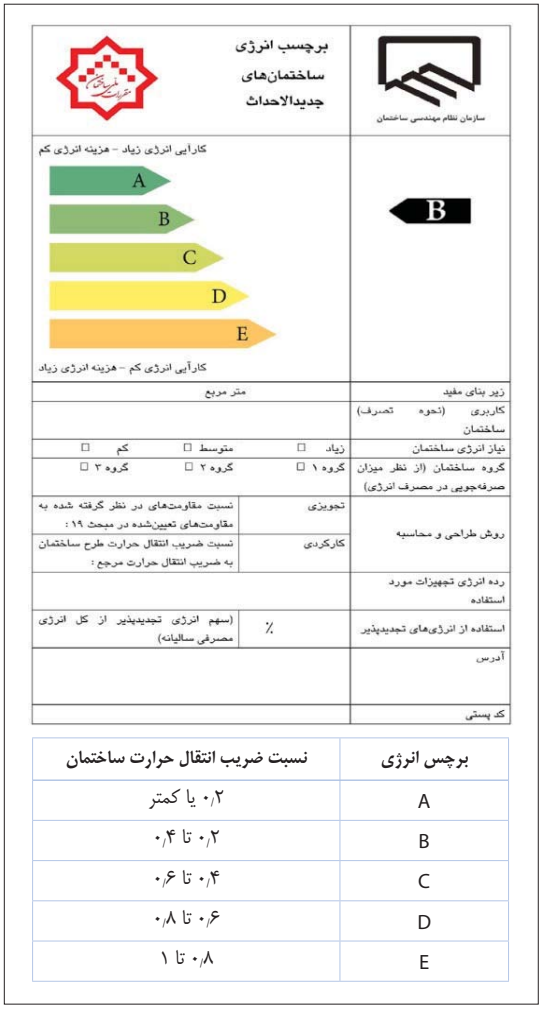
Archive of SID

ساختمانی برای همهٔ ساختمان‌ها و اقلیم‌ها به طور یکسان تعریف شده است. این روش دقت و اعتبار سیستم را کاهش می‌دهد[۲۲] و لازم است در بازنگری آیین‌نامه لحاظ گردد.

۲ . ۲. استاندارد اشری[۲۳]

استاندارد اشری مرجع تدوین سیستم‌های ارزیابی و رده‌بندی ساختمان‌ها در اکثر کشورها است[۲۴] و ضمن تعیین شرایط لازم برای یک ساختمان بهینه، آن را با یک ساختمان مرجع مقایسه و ارزیابی می‌کند. در این استاندارد شرایط مندرج مربوط به مقاومت حرارتی جداره‌های خارجی، نسبت سطوح شفاف به مساحت بنا، میزان نشت و تعویض هوا، روشنایی ساختمان و حداقل بهره‌وری تأسیسات ساختمان برای کاربری‌های مسکونی و تجاری در هشت اقلیم مشخص تفکیک شده‌اند؛ شرایط ساختمان مرجع نیز در ضمیمه G همین استاندارد مشخص شده است. هر ساختمان باید حداقل عملکردی مشابه ساختمان مرجع و کاهش مصرف انرژی نسبت به آن داشته باشد تا در یک سیستم ارزیابی برای برچسب‌گذاری انرژی قابل‌قبول باشد. برای محاسبهٔ میزان صرفه‌جویی و کاهش مصرف انرژی، استفاده از برنامه‌های مدل‌سازی رایانه‌ای مانند Energy Plus، BLAST، DOE2 پیشنهاد شده است. بر این اساس بهره‌وری ساختمان‌ها بر اساس محاسبهٔ انرژی مورد نیاز سالانه (MJ/m^2, kWh/m^2) تعیین می‌شود.

مهم‌ترین تفاوت *آیین‌نامهٔ برچسب انرژی ساختمان* در ایران با استاندارد اشری و سایر کشورها در استفاده از شاخص ارزیابی عملکرد حرارتی است؛ تعیین شرایط حداقل برای هر ساختمان و مقایسهٔ آن با یک ساختمان مرجع نیز از مهم‌ترین جنبه‌های اشتراک آن‌هاست. شاخص ارزیابی در ایران نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع و در سایر کشورها مصرف سالانه انرژی در واحد سطح (MJ/m^2) است. استفاده از این شاخص‌ها در شرایط اقلیمی حاد مانند اقلیم‌های خیلی سرد و خیلی گرم، که عایق‌بندی ساختمان برای تفکیک هوای درون از محیط بیرونی مورد تأکید است، تغییر اساسی در رده‌بندی ساختمان ایجاد نمی‌کند[۲۵]. ولی در اقلیم معتدل، که استفاده از شرایط مطبوع محیط بیرون مطلوب است، احتمال تفاوت در ارزیابی بر مبنای هریک از دو شاخص هست که در این مطالعه بررسی خواهد شد.


برچسب انرژی ساختمان‌های جدیدالاحداث

سازمان نظام مهندسی ساختمان

کارآیی انرژی زیاد - هزینه انرژی کم

A
B
C
D
E

کارآیی انرژی کم - هزینه انرژی زیاد

B

زیر بنای مفید	متر مربع
کاربری (نحوه تصرف) ساختمان	
نیاز انرژی ساختمان	زیاد ☐ متوسط ☐ کم ☐
گروه ساختمان (از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی)	گروه ۱ ☐ گروه ۲ ☐ گروه ۳ ☐
روش طراحی و محاسبه	تجویزی: نسبت مقاومت‌های در نظر گرفته شده به مقاومت‌های تعیین‌شده در مبحث ۱۹ :
	کارکردی: نسبت ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان به ضریب انتقال حرارت مرجع :
رده انرژی تجهیزات مورد استفاده	
استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر	٪ (سهم انرژی تجدیدپذیر از کل انرژی مصرفی سالیانه)
آدرس	
کد پستی	

برچس انرژی	نسبت ضریب انتقال حرارت ساختمان
A	۰٫۲ یا کمتر
B	۰٫۲ تا ۰٫۴
C	۰٫۴ تا ۰٫۶
D	۰٫۶ تا ۰٫۸
E	۰٫۸ تا ۱

ت ۱. رده‌بندی و برچسب انرژی ساختمان در ایران، مأخذ: *آیین‌نامهٔ اجرایی مشخصات فنی مصرف انرژی در ساختمان*، ۱۳۸۹.

۱۵. نک:
Y. Pan, et al, "Energy Modelling of Two Office Buildings with Data Center for Green Building Design". 16. LEED

۱۷. نک:
Lee, et al, "Thermal Performance Evaluation of Low-income Buildings Bbased on Indoor Temperature Performance".

۱۸. نک:
P.C. Thomas & L. Thomas, "A Study of an Energy Consumption Index Normalized for Area in House Energy Rating Schemes"; Kordjamshidi, ibid.

۱۹. نک:
Bagheri, et al, "Developing Energy Performance Label for Office Buildings in Iran".

۲۰. نک: کردجمشـــیدی و همکاران، همان.

۲۱. نک:
A. Albatayneh, et al, "Development of a New Metric to Characterise the Buildings Thermal Performance in a Temperate Climate"; Lee, et al, ibid.

www.SID.ir

Archive of SID

۳. متدولوژی

برای بررسی مقایسه‌ای روش‌های ارزیابی عملکرد حرارتی در سیستم‌های برچسب‌گذاری مختلف مراحل ذیل انجام گردید:

۱) ارزیابی عملکرد حرارتی نمونه‌های مسکونی به تفکیک تیپولوژی موجود و بر اساس دو شاخص تعریف‌شده به منظور تعیین دامنهٔ تغییرات عملکرد حرارتی ساختمان‌ها برای هر مورد به طور مجزا

۲) بررسی و تحلیل آماری همبستگی بین دو سیستم

۳) رده‌بندی ساختمان‌ها برای هر سیستم

۴) بررسی مقایسه‌ای برچسب‌گذاری ساختمان‌ها در دو سیستم

۳ . ۱. نمونه‌ها

استفاده از همهٔ نمونه‌های ساختمانی تقریباً امری محال بود. بنابراین در این مطالعه بر روی تیپولوژی شهر بابلسر در اقلیم معتدل و مرطوب ناحیهٔ خزری تمرکز شد[۲۶]. نمونه‌های مسکونی در دو دستهٔ ویلایی و آپارتمانی در هشت گروه دسته‌بندی شدند[۲۷] و دارای همهٔ مشخصات متداول در مجموعه‌های مسکونی این شهر هستند. ویژگی‌های کلی این نمونه‌ها در «جدول ۱» نشان داده شده است. لازم به ذکر است که نمونه‌های آپارتمانی برای سه حالت مختلف قرارگیری در یک بلوک مسکونی شامل طبقه اول- روی پیلوت، طبقات وسط، و طبقهٔ آخر ارزیابی شدند. در «جدول ۱» ضریب انتقال حرارت فقط برای طبقه اول نشان داده شده است. ضرایب انتقال حرارت طرح و ضریب انتقال حرارت مرجع با در نظر گرفتن مشخصات جداره‌های خارجی، اعم از ویژگی‌های دیوار و سطوح شفاف، مطابق با روش مطرح‌شده در مبحث ۱۹ محاسبه شده‌اند.

۳ . ۲. برنامه مدل‌سازی

انرژی مورد نیاز سالانه با مدل‌سازی نمونه‌ها و با کمک نرم‌افزار Energy Plus 8.9 محاسبه گردید. دقت، حساسیت، و میزان اعتبار این نرم‌افزار در مطالعات متعددی[۲۸] ارزیابی و تأیید و در بسیاری از پژوهش‌های علمی استفاده شده است. این نرم‌افزار قابلیت محاسبهٔ میزان مصرف انرژی سرمایشی، گرمایشی، و روشنایی مورد نیاز یک ساختمان را، برای هر دورهٔ مشخص، دارد. مقایسهٔ مصرف انرژی واقعی یکی از نمونه‌های این مطالعه با محاسبات مستخرج از انرژی پلاس نشان داد که پیش‌بینی برآمده از نرم‌افزار ۱۰٪– ۱۵٪ بیشتر از مصرف واقعی در طی یک سال و برای ماه‌های مختلف است. علت این تفاوت در استفادهٔ

تیپ	دامنه تغییرات مساحت کل (m²)	مساحت کل (m²)	مساحت دیوارهای خارجی (m²)	مساحت پنجره‌ها (m²)	ضریب انتقال حرارت سقف (W/m² K)	ضریب انتقال حرارت دیوارهای خارجی (W/m² K)	ضریب انتقال حرارت طرح (W/K)	ضریب انتقال حرارت مرجع (W/K)
ویلایی ۱	۱۰۰–۷۰	۸۵	۹۸٫۴	۱۰٫۲	۴٫۶۴	۲٫۲۱–۱٫۸۲	۵۵۴٫۱۲	۲۴۰٫۴۲
ویلایی ۲	۱۳۰–۹۹	۱۲۰	۱۲۱٫۶۵	۱۰٫۸	۴٫۶۵	۱٫۸۲ –۲٫۲۳	۸۲۳٫۵۳	۳۸۲٫۰۵
ویلایی ۳	۱۶۰–۱۲۹	۱۴۵	۱۳۳٫۶	۱۳٫۵	۴٫۶۵	۱٫۸۰ –۱٫۸۲	۷۶۹٫۴۰	۳۴۰٫۲۰
ویلایی ۴	۲۰۰–۱۵۹	۱۷۰	۱۴۴٫۴	۱۴	۴٫۶۵	۱٫۸۲ –۲٫۲۱	۱۰۸۴٫۲۲	۴۷۷٫۴۵
آپارتمان ۱	۷۰–۴۰	۴۸	۵۶٫۳۱	۸٫۱	۱٫۳۵	۱٫۴ –۱٫۶	۲۴۱٫۲۳	۱۹۸٫۱۳
آپارتمان ۲	۱۰۰–۶۹	۸۴	۱۰۱٫۶۸	۱۰٫۲	۱٫۳۵	۰٫۷ –۱	۳۳۱٫۴۹	۲۵۷٫۲۵
آپارتمان ۳	۱۳۵–۹۹	۱۲۰	۱۰۸٫۳۱	۱۵٫۵	۱٫۳۵	۱٫۲۸ –۱٫۶	۵۱۱٫۸۴	۳۶۳٫۳
آپارتمان ۴	۱۸۵–۱۳۴	۱۷۰	۱۳۵٫۳۱	۲۰٫۹	۱٫۳۵	۱٫۲ –۱٫۶	۶۶۹٫۶۹	۵۰۵٫۶۲

جدول ۱. مشخصات تیپولوژی مسکن در بابلسر، تدوین: نگارنده.

۲۲. نک: Kordjamshidi, ibid.

23. ASHRAE

۲۴. در دو جلد مجزا «ASHRAE 90.1,2017» برای ساختمان‌های بلندمرتبه و «ASHRAE 90.2, 2013» برای ساختمان‌های کوچک و حداکثر سه‌طبقه تدوین شده است.

۲۵. نک: Kordjamshidi, et al, "Modeling Efficient Building Design: a Comparison of Conditioned and Free-running House Rating Approaches".

۲۶. نگارنده تیپولوژی مسکن بابلسر را در بخش اول همین مطالعات استخراج و در مقاله‌ای دیگر عرضه کرده است؛ نک. پانوشت ۲۷.

۲۷. کردجمشیدی، «ارائه تیپولوژی مسکونی با رویکرد بهسازی عملکرد حرارتی مسکن در شهر بابلسر» (در دست انتشار).

۲۸. نک: M.J. Witte, et al, Experience Testing Energy Plus with the ASHRAE 1052-RP Building Fabric Analytical Test"; R.H. Henninger, et al, "Experience Testing Energy Plus With the IEA HVAC Bestest E100-E200 Series"; Julia Purdy & Ian Beausoleil-Morrison, "A

www.SID.ir

Archive of SID

ناپیوستهٔ ساکنان از ساختمان بود، درحالی‌که پیش‌فرض‌های تعیین‌شده در نرم‌افزار برای استفادهٔ مداوم در کل سال بود. این شرایط برای همهٔ نمونه‌ها ثابت در نظر گرفته شده است و تأثیری در بررسی مقایسه‌ای نخواهد داشت، با توجه به آنچه گفته شد، نرم‌افزار یادشده برای استفاده در این مطالعه انتخاب گردید.

۳ . ۳. مدل‌سازی و تعیین جامعه آماری

مجموعاً ۱۸۴ نمونهٔ ساختمانی از روی ۸ نمونهٔ معرفی‌شده برای اقلیم بابلسر مدل‌سازی شد و عملکرد حرارتی آن‌ها بر مبنای انرژی سالانهٔ مورد نیاز (MJ) محاسبه و ضریب انتقال حرارت طرح (W/K) آن‌ها در شرایط مشابه با استفاده از فرمتی تعریف‌شده در نرم‌افزار اکسل محاسبه گردید. نمونه‌ها در یک روند بهسازی مرحله‌ای، با توجه به شرایط موجود و مقررات مبحث ۱۹، بهینه‌سازی شدند. تغییرات اصلی در نوع پنجره‌ها، انتخاب مصالح ساختمانی، افزودن لایهٔ عایق حرارتی به جداره‌های خارجی شامل سقف/ دیوار/ کف و تغییر مقاومت حرارتی عایق، و تغییر نسبت جداره‌های شفاف به دیوار خارجی در هر وجه بودند. عملیات بهسازی ابتدا بر اساس تغییر ضریب انتقال حرارت طرح مطابق مبحث ۱۹ اعمال و سپس نمونهٔ حاصل‌شده برای محاسبه و پیش‌بینی مصرف انرژی سالانه در شرایط مشابه مدل‌سازی شد.

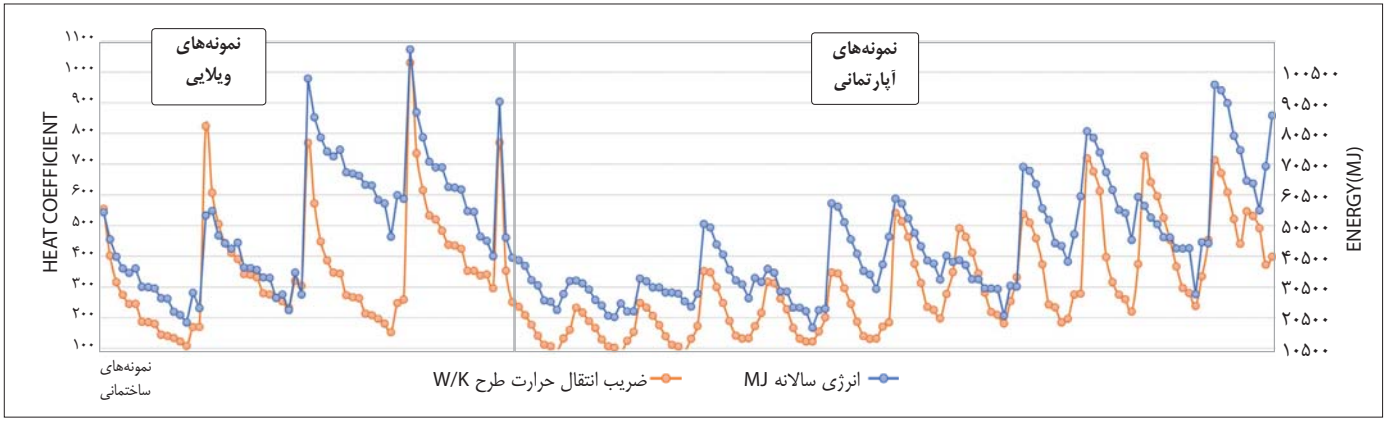
۴. ارزیابی عملکرد حرارتی

ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان‌ها، به منظور تعیین نمونهٔ بهینه‌تر، در صورتی که شرایط بهره‌برداری مانند زمان، فعالیت‌های درون ساختمان، اقلیم، و شاخص ارزیابی مشابه نباشند، می‌تواند امری پیچیده باشد.[۲۹] در اینجا برای همهٔ نمونه‌ها شرایط مشابهی اعمال شد و صرفاً طراحی معماری و فیزیک ساختمان بر اساس نوع تیپولوژی آن‌ها متفاوت بودند. تنظیم گرمایش و سرمایش برای آسایش حرارتی بین ۲۰–۲۴ درجه سانتی‌گراد و تعداد ساکنان ساختمان ۴ نفر در نظر گرفته شد. سیستم گرمایش و سرمایش تهویهٔ مطبوع زمستانی (پکیج گازی) و تابستانی (کولر اسپلیت برقی) در نظر گرفته شد.

مقایسهٔ بین عملکرد حرارتی نمونه‌ها بر اساس دو شاخص ضریب انتقال حرارت طرح و مصرف انرژی سالانه در نمودار «ت ۲» نشان داده شده است. محور افقی این نمودار نشان‌دهندهٔ نمونه‌های ویلایی و آپارتمانی، و محور عمودی در سمت راست

Validation Suite for Fuel-Fired Furnace Models, Proc, Building Simulation 2003"; C. Chantrasrisalai, et al, "Experimental Validation of the Energy Plus Low-Temperature Radiant Simulation".

۲۹. نک:
M. Kordjamshidi & S. King. "Overcoming Problems in House Energy Ratings in Temperate Climates: A Proposed New Rating Framework".



ت ۲. نمودار مقایسهٔ عملکرد حرارتی نمونه‌ها بر اساس ضریب انتقال حرارت طرح و انرژی سالانه، ترسیم: نگارنده.

www.SID.ir

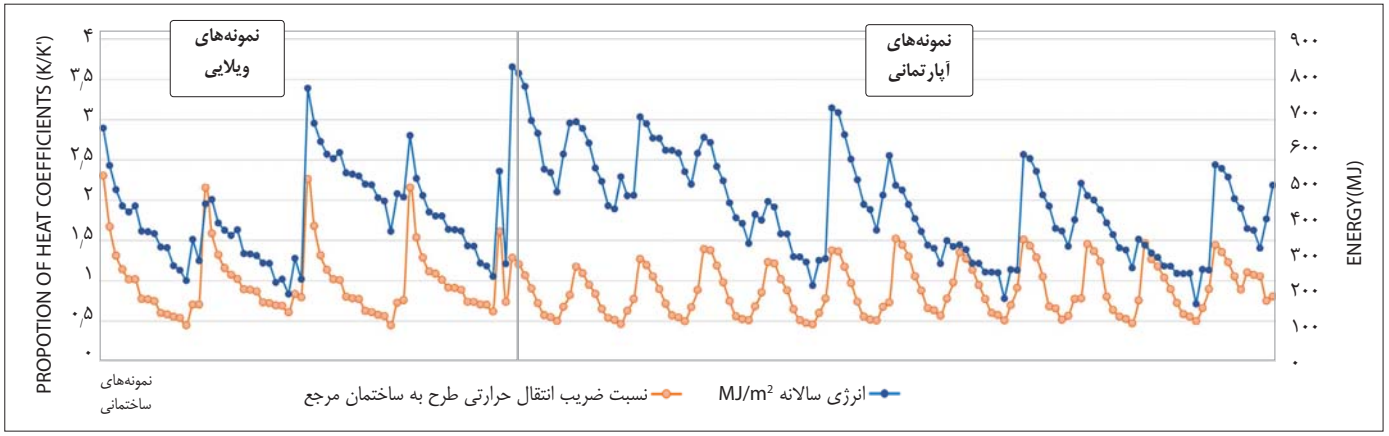
Archive of SID

مبین مصرف انرژی سالانه هر نمونه (MJ) و در سمت چپ مبین ضریب انتقال حرارتی آن نمونه است. دو گراف روی نمودار نشان‌دهندهٔ تغییرات مصرف انرژی سالانه (گراف ۱) در تعامل با ضریب انتقال حرارتی نمونه‌ها (گراف ۲) هستند. این نمودار نشان می‌دهد که فاصلهٔ بین دو شاخص نشان داده‌شده بر روی محور عمودی برای همهٔ نمونه‌ها مساوی نیست، بنابراین افت‌وخیزهای دو گراف با هم تطابق کامل ندارند. ظاهراً مشابه هستند؛ ولی فاصله بین دو شاخص همواره یکسان نیست. بنابراین تغییر یک پارامتر برای بهینه‌سازی ضریب انتقال حرارت طرح یک ساختمان همواره تأثیری مشابه بر میزان کاهش مصرف انرژی آن نخواهد داشت. مثلاً با افزودن عایق حرارتی در کف واحدهای آپارتمانی که بر روی پیلوت واقع شده‌اند، ضریب انتقال حرارت طرح کاهش و بر همین اساس عملکرد حرارتی ساختمان بهبود می‌یابد، درحالی‌که مصرف انرژی سالانه افزایش یافته است؛ یعنی عملکرد حرارتی افت کرده است. دلیل این امر افزایش مصرف انرژی سرمایشی در طول تابستان به سبب فقدان تبادل حرارتی بین کف و هوای آزاد برای کاهش دمای فضای درون ساختمان است. این یافته می‌تواند نشان‌دهندهٔ تفاوت‌هایی قابل‌توجه در دو سیستم ارزیابی برچسب انرژی ساختمان باشد.

دو شاخص مورد استفاده در برچسب انرژی را نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع و انرژی سالانهٔ واحد سطح زیربنای ساختمان دانسته‌اند. در نمودار «ت ۳» عملکرد حرارتی نمونه‌ها بر اساس این دو ضریب با هم مقایسه شده است. با این مقایسه نیز نتیجهٔ فوق تأیید می‌شود و نشان می‌دهد که تفاوت بین دو شاخص همواره ثابت نیستند. در ادامه برای تعیین میزان وابستگی این دو شاخص، ضریب همبستگی بررسی می‌شود.

۴. ۱. همبستگی بین شاخص‌های ارزیابی

همبستگی بین دو متغییر را می‌توان از طریق ضریب همبستگی پیرسون بررسی کرد. ضریب پیرسون نشانگر میزان همبستگی خطی بین دو متغییر است و بین «۱- تا ۱» تغییر می‌کند. «۱» به معنای همبستگی مثبت کامل، «۰» به معنی نبود همبستگی، و «۱-» به معنی همبستگی منفی کامل است. همبستگی بین دو شاخص انرژی سالانه و ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان در نمودار «ت ۴» نشان داده شده است. در اینجا ضریب همبستگی «۰٫۶» نشانگر همبستگی متوسط بین دو شاخص ارزیابی است و تقریباً ۶۰٪ دامنهٔ تغییرات مربوط به



ت ۳. نمودار مقایسهٔ عملکرد حرارتی نمونه‌ها بر اساس دو شاخص برچسب انرژی، انرژی سالانه و نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع، ترسیم: نگارنده.

www.SID.ir

Archive of SID

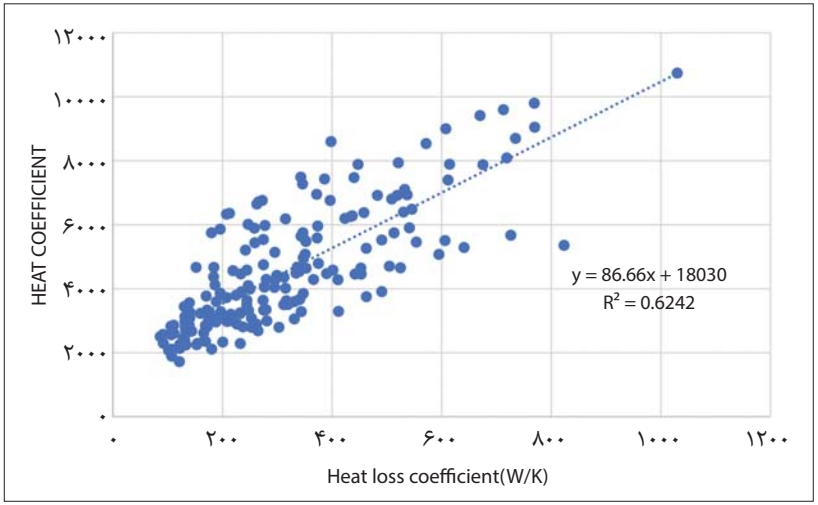
مصرف انرژی سالانهٔ یک ساختمان بر اساس ضریب انتقال حرارت آن قابل‌تفسیر است. این نتیجه تأیید می‌کند که استفاده از دو شاخص متفاوت می‌تواند نتیجه برچسب‌گذاری را برای یک نمونه خاص تغییر دهد. نمودار «ت ۵» نشان می‌دهد که همبستگی بین دو شاخص استفاده‌شده برای برچسب انرژی خیلی ضعیف (۰٫۲) است و بنابراین نمی‌توان انتظار داشت که نتیجهٔ برچسب‌گذاری یک ساختمان در دو سیستمْ مشابه باشد .

۵. رده‌بندی ساختمان

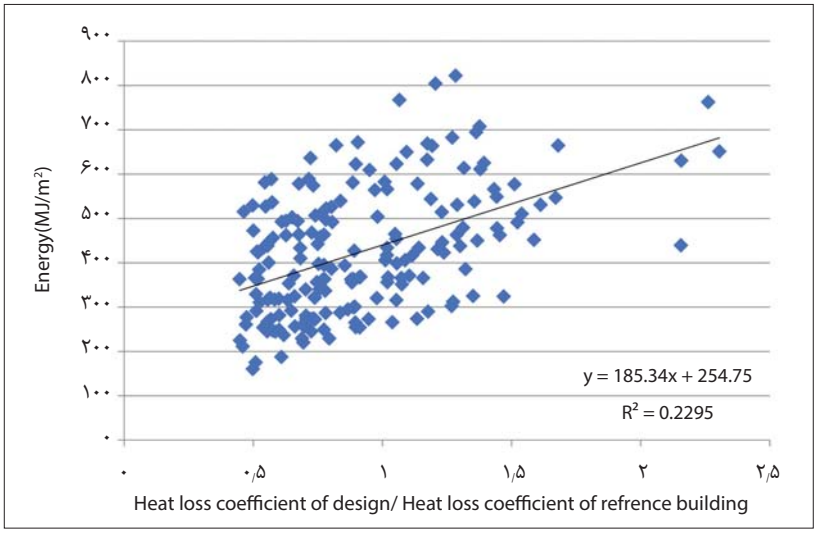
برای اینکه بتوان در شرایط مشابه رده‌بندی ساختمان‌ها را در دو سیستم مختلف، مقایسه کرد، لازم است که چارچوب رتبه‌بندی مشابهی برای هر دو سیستم تعریف شود. ارزش‌گذاری هر ردهٔ ساختمانی و تعیین دامنهٔ تغییرات آن، بسته به قوانین و اهداف برنامه‌ریزان هر کشور، متفاوت است. در اینجا از طبقه‌بندی مشابه برچسب انرژی در ایران «E–A» استفاده شده است. به منظور افزایش دقت در مقایسه، رده‌بندی در هفت دستهٔ «G-A» انجام گردید[۳۰]. در این سیستم حداقل کسب ردهٔ D برای تأیید عملکرد حرارتی هر ساختمان الزامی است. این دسته‌بندی بر روی عملکرد حرارتی جامعهٔ آماری و بر اساس دو شاخص تعریف‌شده و به طور مجزا انجام گردید.

دامنهٔ تغییرات هر ردهٔ ساختمانی را می‌توان با استفاده از روش ارزیابی Nfm[۳۱] به دست آورد.[۳۲] در این روشْ عملکرد هر نمونه با جامعهٔ آماری وابسته به خودش سنجیده می‌شود. برای اینکه بتوان مقایسهٔ درستی بین دو سیستم رده‌بندی، با روش‌های اندازه‌گیری متفاوت، انجام داد، باید توزیع نرمال داده‌ها استانداردسازی (Z) شوند. در این تحقیق طبقه‌بندی رده‌ها با استانداردسازی داده‌ها (Z) و استفاده از میانگین و انحراف معیار بر روی منحنی توزیع نرمال داده‌ها صورت گرفت. از این روش در مطالعات مشابه برای رتبه‌بندی ابنیه نیز استفاده شده است[۳۳]. تنها شرط لازم برای کاربردی بودن این روشْ توزیع نرمال

ت ۵ (پایین). همبستگی بین دو شاخص برچسب انرژی ساختمان (MJ/m^2)، انرژی مورد نیاز سالانهٔ واحد سطح ساختمان و نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع، ترسیم: نگارنده.



ت ۴ (بالا).
نمودار همبستگی بین انرژی سالانهٔ مورد نیاز و ضریب انتقال حرارت طرح، ترسیم: نگارنده.

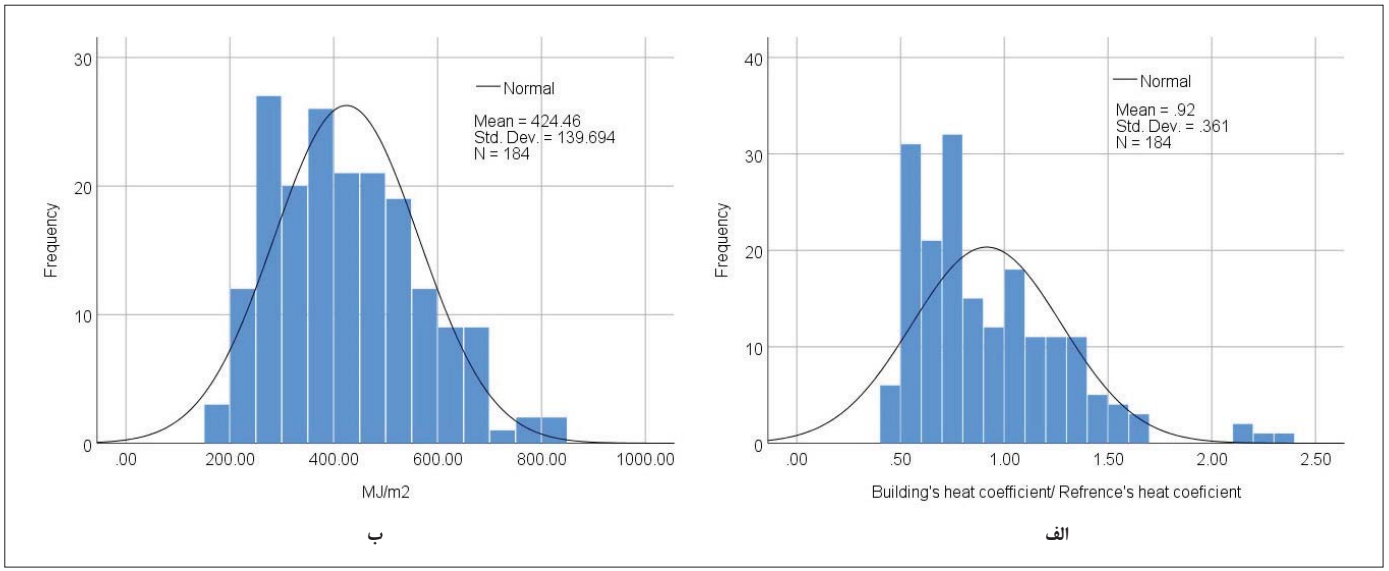


www.SID.ir

Archive of SID

داده‌ها است. توزیع نرمال داده‌ها برای شاخص‌های مورد استفاده در برچسب انرژی در نمودار «ت ۶» نشان داده شده است.

دامنهٔ تغییرات شاخص‌های تعریف‌شده برای رده‌بندی ساختمان‌ها در «جدول ۲» نشان داده شده‌اند. برای به دست آوردن دامنهٔ تغییرات مصرف انرژی (MJ/m^2) متناسب با تغییرات نسبت توان‌های حرارتی (K/K`) ساختمان‌ها، ابتدا Z هر رده برای «K/K`» محاسبه و همان Z برای تعیین دامنه تغییرات انرژی به کار برده شد. رتبهٔ A نشانگر ساختمان با کارایی انرژی زیاد است و رتبه‌های پایین‌تر کارایی کمتری دارند. یادآوری می‌شود که محدوده‌های به‌دست‌آمده برای هر ردهٔ ساختمانی صرفاً برای ساختمان‌های مسکونی بابلسر قابل‌استفاده است و قابلیت تعمیم برای اقلیم‌های دیگر را ندارد. برای استفادهٔ گسترده در سطح کشور باید نمونه‌برداری بیشتری مربوط به هر اقلیم و به طور مجزا انجام گیرد.



ت ۶ (بالا). نمودار توزیع داده‌ها برمبنای مصرف انرژی سالانه در واحد سطح (ب) و نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع (الف)، ترسیم: نگارنده.

جدول ۲ (پایین). محدوده‌های تعیین‌شده در برچسب انرژی برای مصرف انرژی سالانه و نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع، تدوین: نگارنده.

محدودهٔ تعیین‌شده بر روی توزیع نرمال داده‌ها	رده‌بندی یا برچسب انرژی	انرژی سالانه E (MJ)	انرژی سالانه E (MJ/m^2)	نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع X
Std dev. < −۱٫۷۵	A	E < ۱۲۲۰۲	E < ۱۸۰	X < ۰٫۲۹
−۱٫۷۵ < Std dev. < −۱٫۵	B	۱۲۲۰۲ < E < ۱۶۹۳۶	۱۸۰ < E < ۲۱۵	۰٫۲۹ < X < ۰٫۳۸
−۱٫۵ < Std dev. < −۰٫۵	C	۱۶۹۳۶ < E < ۳۵۸۷۱	۲۱۵ < E < ۳۵۵	۰٫۳۸ < X < ۰٫۷۸
−۰٫۵ < Std dev. < +۰٫۵	**D**	**۳۵۸۷۱ < E < ۵۴۸۰۶**	**۳۵۵ < E < ۴۹۴**	**۰٫۷۸ < X < ۱٫۱**
+۰٫۵ < Std dev. < +۱٫۵	E	۵۴۸۰۶ < E < ۷۳۷۴۱	۴۹۴ < E < ۶۳۴	۱٫۱ < X < ۱٫۴۶
+۱٫۵ < Std dev. < +۲٫۵	F	۷۳۷۴۱ < E < ۹۲۶۷۶	۶۳۴ < E < ۷۷۴	۱٫۴۶ < X < ۱٫۸۲
+۲٫۵ < Std dev.	G	۹۲۶۷۶ < E	۷۷۴ < E	۱٫۸۲ < X

www.SID.ir

Archive of SID

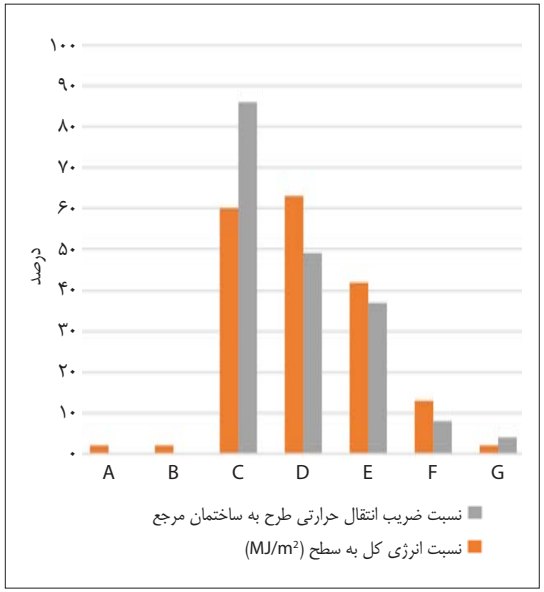
۵. ۱. مقایسهٔ دو سیستم برچسب‌گذاری انرژی

نمونه‌های مدل‌سازی‌شده با استفاده از «جدول ۲» بر اساس شاخص‌های تعریف‌شده برچسب‌گذاری شدند. به طور مثال در رده‌بندی بر اساس نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع، اگر این نسبت برای یک ساختمان ۰٫۳ باشد، برچسب انرژی آن B خواهد بود. این نمونه در رده‌بندی بر اساس مصرف انرژی سالانه، در صورتی برچسب انرژی B را اخذ می‌کند که مصرف انرژی سالانهٔ آن بین ۱۲۲۰۲ تا ۱۶۹۳۶ مگاژول باشد. بسیاری از نمونه‌ها در دو سیستم فوق برچسب‌های متفاوت دریافت کردند؛ این وضعیت نشان‌دهندهٔ تفاوت اساسی بین دو سیستم ارزیابی است. در رده‌بندی بر اساس مصرف انرژی (MJ/m^2)، ۱٪ نمونه‌ها برچسب A، ۱٪ برچسب B، ۳۳٪ برچسب C، ۳۴٪ برچسب D، ۲۳٪ برچسب E، ۷٪ برچسب F، و ۱٪ برچسب G گرفتند؛ درحالی‌که در برچسب‌گذاری بر اساس نسبت ضریب انتقال طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع، به هیچ‌یک از نمونه‌ها برچسب A یاB تعلق نگرفت؛ ۴۷٪ نمونه‌ها برچسب C، ۲۷٪ برچسب D، ۲۰٪ برچسب E، ۴٪ برچسب F، و ۲٪ برچسب G را اخذ کردند. در برچسب‌گذاری بر اساس نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجعْ تقریباً ۴۰٪ نمونه‌ها حداقل یک رده کمتر از برچسب بر اساس انرژی (MJ/m^2) اخذ کردند. نتیجهٔ مقایسهٔ برچسب‌گذاری نمونه‌ها برای دو شاخص متفاوت در نمودار «ت ۷» نشان داده شده است. «نکتهٔ مهم اینکه، برخی ساختمان‌ها با مصرف انرژی کمتر و اخذ برچسب بالاتر در سیستم (MJ/m^2)، در سیستم «K/K` ردهٔ پایین‌تری کسب کردند.

این یافته نشان‌دهنده تفاوت ارزش‌گذاری در سیستم برچسب‌گذاری ایران در مقایسه با روش متداول مورد استفاده در کشورهای دیگر است. اگرچه به نظر می‌رسد که با تعدیل دامنهٔ تغیرات تعریف‌شده برای نسبت ضریب انتقال حرارت به ضریب انتقال حرارت مرجع می‌توان نتیجهٔ برچسب‌گذاری را به سیستم‌های دیگر نزدیک کرد، این روش راهکار مناسبی برای اعتبار بخشیدن به سیستم نیست و بعضاً ساختمان‌های با مصرف انرژی کمتر، بخصوص ساختمان‌هایی که با شیوهٔ معماری غیرفعال طراحی شده‌اند، را نمی‌توان به‌درستی در این سیستم برچسب‌گذاری کرد[۳۴]. مطالعات دیگر با بررسی مقایسه‌ای بین شاخص‌های ارزیابی نشان داده‌اند که مصرف انرژی سالانه در واحد سطح نیز باعث خطاهایی در ارزیابی و برچسب‌گذاری ساختمان‌های غیرفعال (پسیو) می‌شود.[۳۵] در همین باره استفاده از شاخص‌های دیگر و روش‌های ترکیبی برای برچسب انرژی ساختمان پیشنهاد شده است[۳۶].

۶. یافته‌های تحقیق

۱) همبستگی بین دو سیستم برچسب‌گذاری بر اساس مصرف انرژی سالانه و نسبت ضریب انتقال حرات طرح به ضریب انتقال حرارت مرجعْ ضعیف (۰٫۲) است.



ت ۷. نمودار مقایسهٔ برچسب‌گذاری نمونه‌های ساختمانی بر مبنای دو شاخص متفاوت، ترسیم: نگارنده.

۳۰. نک: Bagheri, et al, ibid.

31. Norm referenced measurement

۳۲. نک: R.L. Ebel & D.A. Frisbie, *Essentials of Educational Measurement*.

۳۳. نک: M. Kordjamshidi & S. King, ibid; Kordjamshidi, *House Rating Schemes: From Energy to Comfort Base*; S. Krichkanok, *A Collaborative Approach to the Development of a House Energy Rating Scheme for Bangkok*.

۳۴. نک: Kordjamshidi, et al, "Why Rating Schemes Always Wrong? Regulatory Frameworks for Passive Design and Energy Efficiency".

۳۵. نک: Thomas & Thomas, ibid; Kordjamshidi, et al, ibid.

۳۶. نک: Kordjamshidi, *House Rating Schemes: From Energy to Comfort Base.*

www.SID.ir

Archive of SID

۲) نتیجهٔ ارزیابی عملکرد حرارتی و برچسب انرژی یک ساختمان بر اساس نسبت ضریب انتقال حرارت به ضریب انتقال حرارت مرجع متفاوت از ارزیابی بر اساس مصرف انرژی سالانهٔ آن است. در اقلیم معتدل و مرطوب بابلسر ۴۰٪ ساختمان‌ها برچسب متفاوتی در دو سیستم دریافت کردند. بنابراین برچسب‌گذاری انرژی بر مبنای ضریب انتقال حرارت الزاماً منجر به کاهش مصرف انرژی سالانهٔ یک ساختمان نخواهد شد.

۷. نتیجه و پیشنهادها

در این مطالعه با هدف مقایسهٔ سیستم برچسب انرژی ساختمان در ایران با سیستم استاندارد مورد استفاده در سایر کشورها، تأثیر شاخص‌های متفاوت بر ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان‌ها بررسی شد. برچسب انرژی در آیین‌نامهٔ ملی ایران بر اساس نسبت ضریب انتقال حرارت طرح به ضریب انتقال حرارت مرجع (K/K`) و در سایر سیستم‌های بین‌المللی، انرژی مورد نیاز سالانهٔ واحد سطح زیربنای ساختمان (MJ/m^2) هستند. یافته‌های این مطالعه حاکی از عدم تطابق نتایج رده‌بندی یا برچسب‌گذاری انرژی ساختمان‌ها در دو سیستم ارزیابی است. این یافته الزاماً به معنی بهتر بودن سیستم بین‌المللی نیست. اگر برچسب انرژی نتواند به‌درستی ارزش عملکرد حرارتی بنا را نشان دهد، نمی‌توان از آن برای ترویج ساختمان‌های بهینه و کاهش مصرف انرژی در بخش ابنیه استفاده کرد. برچسب انرژی بر مبنای ضریب انتقال حرارتی می‌تواند روشی کاربردی و مناسب برای اقلیم‌های سرد و گرم و خشک در ایران باشد؛ چون در این دو اقلیم مبنای طراحی و بهینه سازی برای تأمین آسایش حرارتی ساکنان ساختمان استفاده از تأسیسات مکانیکی با بهره‌وری بالا و کاهش اتلاف حرارتی ساختمان‌ها است. بنابراین عایق‌بندی حرارتی ساختمان و کاهش ضریب انتقال حرارت پوسهٔ بنا می‌تواند مبنای مناسبی برای برچسب انرژی باشد؛ اما در اقلیم معتدل مانند ناحیهٔ خزری این روش صرفاً باعث عدم استفاده از شرایط اقلیمی مناسب برای تعدیل دمای فضاهای درونی و وابستگی ساختمان‌ها به تأسیسات مکانیکی و نتیجتاً افزایش مصرف انرژی در بخش مسکن خواهد شد و به همین دلیل روش مطمئنی برای کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان نیست.

بنابراین بازنگری در مقررات ملی مبحث ۱۹ و بازنگری در روش برچسب انرژی ساختمان در ایران ضروری است. مواردی که در بازنگری باید مورد توجه باشند را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

ـ تعیین شاخص مناسب برای ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان‌ها به طوری که همهٔ ساختمان‌ها، اعم از ساختمان‌های با طراحی فعال و غیرفعال، را بتوان بر آن اساس ارزیابی کرد،

ـ استفاده از الگوریتم ترکیبی برای بر چسب انرژی با استفاده از شاخص‌های تعریف‌شده،

ـ تعیین رده‌های انرژی به طور مجزا برای اقلیم‌های متفاوت،

ـ استفاده از تیپولوژی ساختمان‌های متداول در هر منطقه برای تعیین دامنهٔ تغییرات هر ردهٔ ساختمانی.

منابع و مآخذ

آیین‌نامهٔ اجرایی مشخصات فنی مصرف انرژی در ساختمان، ۱۳۸۹.

کردجمشیدی، ماریا. *تدوین چارچوبی برای برچسب انرژی ساختمانهای مسکونی در ایران (نمونهٔ مورد مطالعه: بابلسر)*، مجری طرح: دانشگاه مازندران، به سفارش و نظارت مرکز تحقیقات وزارت راه، مسکن و شهرسازی ۱ مهر ۱۳۹۶ تا ۱ مهر ۱۳۹۷.

ـــــــــ . «ارائه تیپولوژی مسکونی با رویکرد بهسازی عملکرد حرارتی مسکن در شهر بابلسر»، در: *مجلهٔ معماری و شهرسازی ایران*، در دست انتشار.

کردجمشیدی ماریا و نازنین نصراللهی و جمال خداکرمی. «رده‌بندی ابنیه، راهی بسوی کاهش مصرف انرژی»، در *مهندسی ساختمان و علوم مسکن*، ش ۱۴ (بهار و تابستان ۱۳۸۸)، ص ۶۷-۷۴.

www.SID.ir

Archive of SID

Albatayneh, A., et al. "Development of a New Metric to Characterise the Buildings Thermal Performance in a Temperate Climate", in *Energy for Sustainable Development*, 51(2019), pp.1-12.

ASHRAE, ANSI/ ASHRAE Standard 90.1. *Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Buildings*, Atlanta: ASHRAE, GA, 2017.

ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 90.2. *Energy Efficient Design for Low-Rise Residential Buildings*, Atlanta: ASHRAE, GA, 2013.

Bagheri, F. & V. Mokarizadeh & M. Jabbar. "Developing Energy Performance Label for Office Buildings in Iran", in *Energy and Buildings*, 61(2013), p. 116-124.

Baker, N. & M. Standeven. "Thermal Comfort for Free Running Buildings", in *Energy and Buildings*, 23(3) (1996), pp. 175-182.

Ballinger, J.A. & D. Cassell. "Solar Efficient Housing and NatHERS: an Important Marketing Tool", in *Proceedings of the Annual Conference of the Australian and New Zealand Solar Energy Society*, Sydney, 1994, pp. 320- 326.

Ballinger, J.A. "The 5-star Design Rating System for Thermally Efficient", in *Comfortable Housing in Australia, Energy and Buildings*, 11(1-3) (1988), pp. 65-72.

_____ . "The Nationwide House Energy Rating Software (NatHERS), Canberra", in *Royal Australian Institute of Architects*, 1998, pp. 1-10.

Batista, N.d.N. & E.L.L. Rovere & J.C.R. Aguiar. "Energy Efficiency Labelling of Buildings: An Assessment of the Brazilian Case", in *Energy and Buildings*, 43(6) (2011), pp. 1179-1188.

Bordass, B. & A. Leaman. "Occupancy-post-occupancy Evaluation", in W.F.E. Preiser & J.C. Vischer, *Assessing Building Performance* , Sydney, Elsevier, 2005.

Chantrasrisalai, C. & V. Ghatti & D.E. Fisher & D.G. Schaetzle. "Experimental Validation of the Energy Plus Low-Temperature Radiant Simulation", in *ASHRAE Transactions*, Vol. 109, Part 2 (June 2003), Atlanta, Georgia: ASHRAE, 2003.

Chung, W & YV. Hui & YM Lam. "Benchmarking the Energy Efficiency of Commercial Buildings", in *Applied Energy* , 83 (2006), pp. 1-14.

Dinan, T.M. & J.A. Miranowski. "Estimating the Implicit Price of Energy Efficiency Improvements in the Residential Housing Market: A Hedonic Approach", in *Journal of Urban Economics*, 25(1) (1989), pp. 52-67.

Ebel, R.L. & D.A. Frisbie. *Essentials of Educational Measurement*, USA, Prentic-Hall,Inc, 1991.

Fairey, J. & D. Tait, D. Goldstein & M. Tracey & R. Holtz. *The HERS Rating Method and the Derivation of the Normalized Modified Loads Method*, Florida Solar Energy Centre, Cocoa, 2000.

Farhar, B.C. & N.E. Collins & R.W. Walsh. *Linking Home Energy Rating Systems with Energy Efficiency Financing: Progress on National and State Programs*, National Renewable Energy Laboratory, 1996.

Gilmer, R.W. "Energy Labels and Economic Search: An Example from the Residential Real Estate Market", in *Energy Economics*, 11(3) (1989), pp. 213-218.

Haas, R. "Energy Efficiency Indicators in the Residential Sector: What Do We Know and What Has to Be Ensured?", in *Energy Policy*, 25(7-9) (1997), pp. 789-802.

Henninger, Robert H. & Michael J. Witte & Drury B. Crawley. "Experience Testing Energy Plus With the IEA HVAC Bestest E100-E200 Series", in *Proc. 8th Int. IBPSA Conference*, Eindhoven, Netherlands, August 11-14 2003.

Hernandez, P. & K. Burke & J.O. Lewis. "Development of Energy Performance Benchmarks and Building Energy Ratings for Non-domestic Buildings: An Example for Irish Primary Schools", in *Energy and Buildings*, 40(3) (2008), pp. 249- 254.

Huang, Z. & H. Yuan & L. Shen. "Contribution of Promoting the Ggreen Residence Assessment Scheme to Energy Saving", in *Energy Policy*, 51 (2012), pp. 374-381.

Janda, K.B. "Worldwide status of Energy Standards for Buildings: a 2009 update", in *ECEEE 2009 Summer Study*, 2009, pp. 485-491.

Kharrufa, S.N. & Y. Adil. "Upgrading the Building Envelope to Reduce Cooling Loads", in *Energy and Buildings*, 55 (2012), pp. 389-396.

Kordjamshidi, M. & S. King & D. Prasad. "Why Rating Schemes Always Wrong? Regulatory Frameworks for Passive Design and Energy Efficiency", *23th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Vol. 2, Accepted to be

www.SID.ir

Archive of SID

published, Geneva, Switzerland, 2006, pp. 153- 158.

Kordjamshidi, M. & S. King & R. Zehner & D. Prasad. "Modeling Efficient Building Design: a Comparison of Conditioned and Free-running House Rating Approaches", in *Architectural Science Review* , 50 (1) (2007), pp. 52-59.

Kordjamshidi, M. & S. King. "Overcoming Problems in House Energy Ratings in Temperate Climates: A Proposed New Rating Framework", in *Energy and Buildings*, 41(2009), pp. 125-132.

Kordjamshidi, M. *Free Running Buildings and the Challenges in the Current Building's Performance Evaluation Systems, Earth Building in Modern Sustainable Architecture*, Albury, Australia, EBAA, 2017.

_____ . *House Rating Schemes: From Energy to Comfort Base*, Springer, 2011.

Kotsaki, K. & G. Sourys. *Critical Review and State of the Art of the Existing Rating and Classification Techniques*, University of Athens: Greece, 2000.

Krichkanok, S. *A Collaborative Approach to the Development of a House Energy Rating Scheme for Bangkok: A Pilot Project*, FBE. Sydney: University of New South Wales, 1997.

Lee, J., et al. "Thermal Performance Evaluation of Low-income Buildings Bbased on Indoor Temperature Performance", in *Applied Energy*, 221 (2017), pp. 425-436.

Lee, W.L. "Benchmarking Energy use of Building Enviromental Assessment Schemes", in *Energy and Buildings*, 45 (2012), pp. 326-334.

Melo, A.P. & M.J. Sorgato & R. Lamberts. "Building Energy Performance Assessment: Comparison between ASHRAE Standard 90.1 and Brazilian Regulation", in *Energy and Buildings*, 70 (2014), pp. 372-383.

Miguez, J.L. & J. Porteiro & L.M. Lopez-Gonzalez & J.E. Vicuna, & S. Murillo & J.C. Moran. "Review of the Energy Rating of Dwellings in the European Union as a Mechanism for Sustainable Energy", in *Renewable and Sustainable Energy Review s*, 10(1) (2007), pp. 24-45.

Olofsson, T. & A. Meier & R. Lamberts. "Rating the Energy Performance of Buildings", in *The International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, 3(2004), pp. 1-18.

Pan, Y. & R. Yin & Z. Huang. "Energy Modelling of Two Office Buildings with Data Center for Green Building Design", in *Energy and Buildings*, 40 (7) (2008), pp. 1145-1152.

Perez-Lombard, L. & J. Ortiz & R. Gonzalez & I.R. Maestre. "A Review of Benchmarking, Rating and Labelling Concepts within the Framework of Building Energy Certification Schemes", in *Energy Build*, 41(2009), pp. 272–278.

Popescu, D., et al. "Impact of Energy Efficiency Measures on the Economic Value of Buildings", in *Applied Energy*, 89(1) (2012), pp. 454-463.

Poel, B. & G. van Cruchten & C.A. Balaras. "Energy Performance Assessment of Existing Dwellings", in *Energy and Buildings*, 39(4) (2007), pp. 393-403.

Purdy, Julia & Ian Beausoleil-Morrison. "A Validation Suite for Fuel-Fired Furnace Models, Proc, Building Simulation 2003", in 8th Int'l IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands, August 11-14, 2003.

Rajagopalan, P. & T.C.Y. Leung. "Progress on Building Energy Labelling Techniques", in *Adv. Build. Energy Res.*, 6 (1) (2012), pp. 61-80.

Santamouris, M. *Energy Performance of Residential Buildings: A Practical Guide for Energy Rating and Efficiency*, UK and USA, James& James/Earthscan, 2005.

Seyfang, G. "Community Action for Sustainable Housing: Building a Low-carbon Future", in *Energy Policy*, 38(12) (2010), pp. 7624-7633.

Thomas, P.C. & L. Thomas. "A Study of an Energy Consumption Index Normalized for Area in House Energy Rating Schemes", Proceedings of the 38th Annual conference of Australian and New Zealand Solar Energy Society: From Fossils to Photons Renewable Energy Transforming business, Brisbane, 2000.

Turrent, D. & J. Mainwaring. "Saving Energy on the Rates", in *RIBA Journal*, September 1990, pp. 85-86.

Vine, E. & B.K. Barnes & R. Ritschard. "Implementing Home Energy Rating Systems", in *Energy*, 13(5) (1988), pp. 401-411.

Witte, Michael J. & Robert H. Henninger & Drury B. Crawley. "Experience Testing Energy Plus with the ASHRAE 1052-RP Building Fabric Analytical Test", Proceeding of Sim. Build 2004, Building Sustainability and Performance Through Simulation, Boulder, CO, USA, August 4-6 2004.

www.SID.ir