تاریخ دریافت: ۱۱ مهر ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: ۴ بهمن ۱۴۰۱ صفحات ۹۲ الی ۱۱۸

بررسی متغیرهای کلیدی برای کمی کردن اثر رفتار ساکنان بخش مسکونی بر بهره‌وری انرژی ساختمان

محمد کاظمی

دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

a.s.m.kazemi@gmail.com

عالیه کاظمی*

دانشیار مدیریت صنعتی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

aliyehkazemi@ut.ac.ir

چکیده: بخش ساختمان نقش مهمی در مصرف انرژی کل کشور و جهان در چند دهه اخیر داشته است. براین اساس در نظر گرفتن اقداماتی برای کاهش این میزان مصرف انرژی این بخش لازم و ضروری است. بکارگیری تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان بدون تأثیر بر آسایش ساکنان، هدف اصلی است. هر چند برخی از این تکنولوژی‌ها در دسترس هستند و منافع زیاد دارند اما برخی از متغیرهای رفتاری مانع از استفاده از آنها می‌شوند. در این تحقیق، مقالات مختلف از مجلات معتبر موجود در پایگاه Science Direct و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام برای تعیین این متغیرهای کلیدی، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. این مقالات از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ میلادی چاپ شدند. بر اساس بررسی و تحلیل آنها، سه گروه اصلی برای متغیرهای رفتاری کلیدی و مؤثر بر بهره‌وری انرژی ساختمان در نظر گرفته شدند: شرایط اقامت ساکنان، رفتار صرفه‌جویانه ساکنان و خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان. هم‌چنین پنج زیر گروه فرعی برای هر کدام از این گروه‌ها تعریف شدند. ارتباط این گروه‌بندی‌ها با انواع ساختمان و مناطق جغرافیایی نیز در جداول مختلف، مشخص شد. این یافته‌ها، چگونگی کمی کردن اثر رفتار بر بهره‌وری انرژی ساختمان را مشخص می‌کنند و مانع جمع‌آوری اطلاعات تکراری و غیر لازم می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: رفتار صرفه‌جویانه انرژی، بهره‌وری انرژی ساختمان، تکنولوژی‌های پایدار، مقاومت در برابر تغییر عادات، شبکه‌های هوشمند.

* نویسنده مسئول

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

۱. مقدمه

تغییرات اقلیمی و کمبود منابع باعث افزایش بکارگیری اقدامات بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف جهان شده‌اند. ساختمان‌ها یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان انرژی هستند. مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل رشد جمعیت، افزایش بخش ساختمانی و تغییرات سبک زندگی در حال افزایش هستند (Alam et al., ۲۰۱۹). افزایش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای با افزایش متوسط دمای جهان مرتبط هستند و می‌توانند باعث رویدادهای خطرناک مرتبط با تغییرات اقلیمی در آینده شوند. این موضوع یک چالش بزرگ برای توسعه شهرها و جوامع پایدار است.

بر اساس ترازنامه انرژی ایران در سال ۱۳۹۸، میزان تولید انرژی در کشور معادل با ۲۸۹۷/۷ میلیون تن نفت خام است. مصرف انرژی کل کشور معادل با ۱۴۴۵/۷ میلیون تن نفت خام است که معادل با ۴۱۱/۰ میلیون تن نفت خام در بخش مسکونی مصرف می‌شود. در این صورت، بخش مسکونی ۲۸/۴ درصد از مصرف انرژی کل کشور و ۱۹/۹ درصد از انتشار گاز دی‌اکسید کربن را شامل می‌شود. همچنین، سرانه مصرف انرژی در ساختمان‌های کشور، ۱/۸ برابر متوسط سرانه مصرف انرژی در سطح جهان است (ترازنامه انرژی ایران، ۱۴۰۰). بیش از ۸۰ درصد از مصرف انرژی ساختمان در مرحله بهره‌برداری و در طول عمر ساختمان شکل می‌گیرد اما ارتباط بین مصرف انرژی و رفتار ساکنان همچنان شفاف نیست (Dong et al., ۲۰۱۵). این موضوع توجه بسیاری از افراد دانشگاهی و صنعتی را به خود جلب کرده است. رفتار ساکنان، به عنوان مهمترین عامل تأثیرگذار بر کارایی انرژی ساختمان شناخته شده است (Jia et al., ۲۰۱۷) بر این اساس، بررسی و تعیین متغیرهای کلیدی برای اندازه‌گیری اثر رفتار ساکنان بر بهره‌وری انرژی ساختمان لازم و ضروری است.

بر اساس ترازنامه انرژی ایران در سال ۱۳۹۸، برای ارتقای رفتار بهره‌وری انرژی ساختمان بر چهار راهکار اصلی تمرکز کرده است. (۱) اطلاع‌رسانی در مورد میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های بخش مسکونی، (۲) آموزش راه‌حل‌های بهره‌وری انرژی خصوصاً برای دوره متوسطه، (۳) ارتقای سطح آگاهی عمومی با رسانه، روزنامه‌ها، مجلات و برگزاری سمینارها و (۴) تأمین مالی طرح‌های تحقیقاتی در مورد بهره‌وری انرژی ساختمان، این چهار راهکار را تشکیل می‌دهند. این راهکارها بر

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

اســاس تمام متغیرهای کلیدی موجود در این زمینه در ســطح جهان تعریف نشــده‌اند. به این دلیل، شــناســایی و گروه‌بندی متغیرهای کلیدی برای کمی کردن اثر رفتار بر بهره‌وری انرژی ســاختمان و پیشنهاد راهکار بر این اساس، هدف این تحقیق است. در این صورت، مرور ادبیات جامع از مقالات نشریه‌های معتبر در این زمینه انجام شد. این مقالات در پایگاه Science Direct و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام موجود هستند و از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ میلادی چاپ شدند. مرور ادبیات با پنج مرحله انجام شــد. (۱) جمع‌آوری مقالات مرتبط، (۲) تفکیک مقالات بر اســاس عنوان، چکیده و کلمات کلیدی، (۳) خواندن متن کامل مقالات، (۴) جمع‌آوری متغیرهای کلیدی مختلف و (۵) بررســی زمینه، نوع ســاختمان‌ها و منطقه جغرافیایی، این پنج مرحله را تشــکیل می‌دهند. بر اســاس این مرور ادبیات جامع، سه گروه اصلی از متغیرهای کلیدی شناسایی شدند. (۱) شرایط اقامت ساکنان، (۲) رفتار صرفه‌جویانه ساکنان و (۳) خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان، این سه گروه اصلی را تشکیل می‌دهند. بر اساس تحلیل‌ها، برای هر گروه اصلی، پنج زیر گروه فرعی تعریف شد. در این صــورت، ۱۵ متغیر کلیدی برای کمی کردن اثر رفتار ســاکنان بر بهره‌وری انرژی ســاختمان معرفی و تحلیل شدند.

این تحقیق شــامل بخش‌های روش تحقیق، یافته‌های تحقیق و بحث و نتیجه‌گیری اســت. در بخش روش تحقیق، مراحل مختلف مرور ادبیات و جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات معرفی شــدند. در بخش یافته‌های تحقیق، ســه گروه اصــلی برای کمی کردن اثر رفتار بر بهره‌وری انرژی ســاختمان، معرفی و تحلیل شــدند. در بخش بحث و نتیجه‌گیری، در مورد یافته‌ها و ارتباط آنها با یکدیگر بحث شــد. هم‌چنین پیشنهادهایی برای مطالعات آینده ارائه شدند.

۲. روش تحقیق

بررســی متغیرهای کلیدی برای کمی کردن اثر رفتار بر بهره‌وری انرژی ســاختمان، هدف این تحقیق است. بر این اساس پنج سؤال کلیدی زیر برای این تحقیق تعریف شدند.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

- چگونه می‌توان اثر رفتار ساکنان بخش مسکونی بر بهره‌وری انرژی ساختمان را اندازه‌گیری کرد؟
- چه متغیرهای کلیدی می‌بایست برای کمی کردن اثر رفتار بر بهره‌وری انرژی ساختمان مورد توجه قرار بگیرند؟
- آیا شرایط اقامت ساکنان بر بهره‌وری انرژی ساختمان تأثیر دارند و این مورد شامل چه متغیرهایی است؟
- آیا رفتار صرفه‌جویانه ساکنان بر بهره‌وری انرژی ساختمان تأثیر دارد و این مورد شامل چه متغیرهایی است؟
- آیا خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی بر بهره‌وری انرژی ساختمان تأثیر دارد و این مورد شامل چه متغیرهایی است؟

برای یافتن پاسخ‌های مناسب برای پنج سؤال ذکر شده، ابتدا مرور ادبیات تحقیق بر اساس پنج مرحله شکل گرفت. (۱) جمع‌آوری مقالات مرتبط، (۲) تفکیک مقالات بر اساس عنوان، چکیده و کلمات کلیدی آنها، (۳) خواندن متن کامل مقالات، (۴) جمع‌آوری متغیرهای رفتاری مختلف و (۵) بررسی زمینه، نوع ساختمان‌ها و منطقه جغرافیایی در مقالات منتخب، این پنج مرحله را تشکیل می‌دهند (Cristiono et al., ۲۰۲۱).

- جمع‌آوری مقالات مرتبط: Science Direct و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، پایگاه‌های اطلاعاتی انتخاب شده برای این تحقیق هستند. این پایگاه‌های اطلاعاتی شامل نشریه‌های معتبر، چکیده‌های مقالات و نقل قول‌ها[۱]ی آنها است. هدف از این مرحله، جستجو و شناسایی نمونه‌های با ارزش از مقالات مرتبط با متغیرهای رفتاری در زمینه بهره‌وری انرژی ساختمان است. این جستجو بر اساس عنوان، چکیده و کلمات کلیدی مقالات شکل گرفته است. مقالات از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ میلادی چاپ شدند.

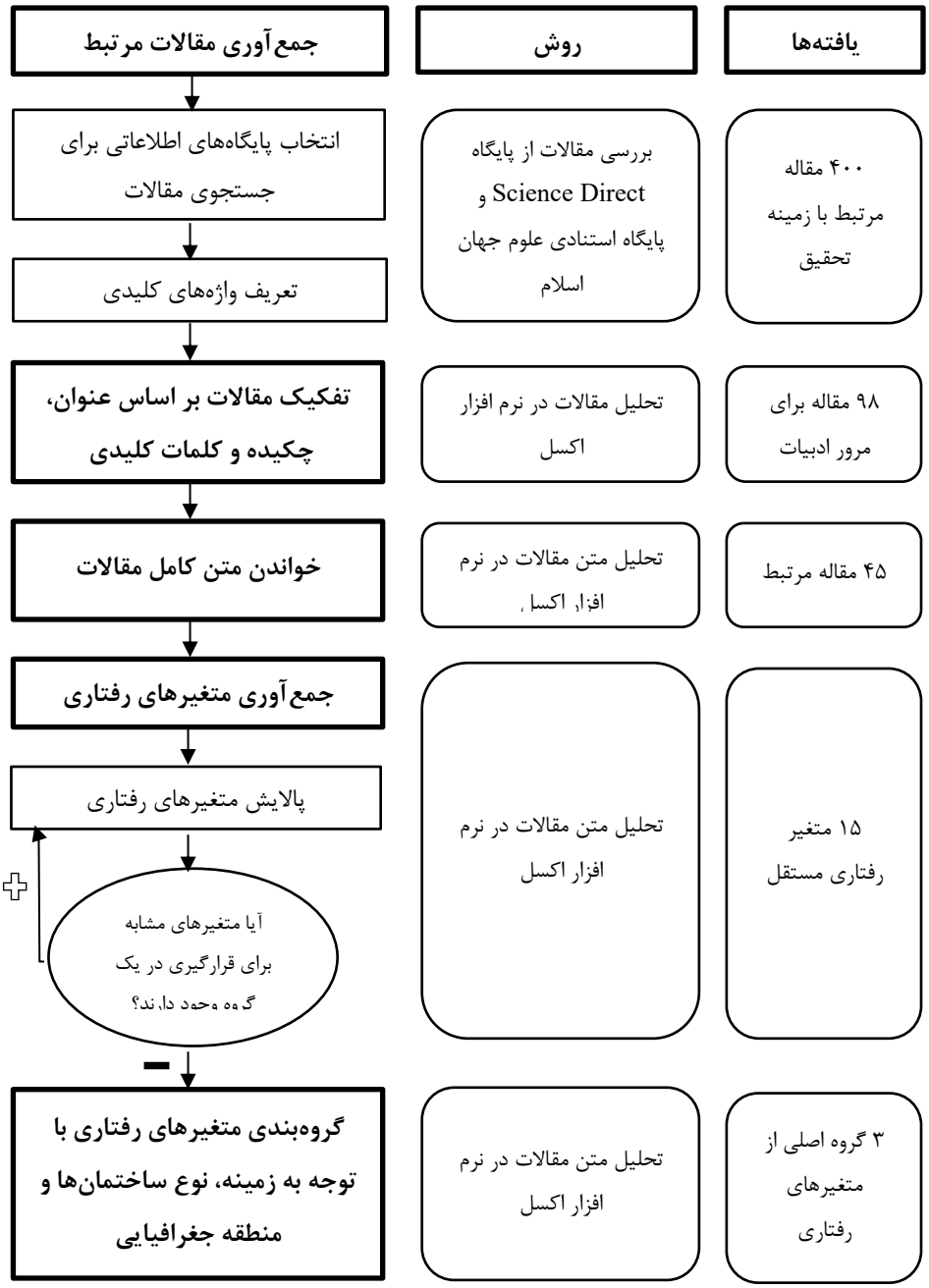
[۱] Citations

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

- تفکیک مقالات بر اساس عنوان، چکیده و کلمات کلیدی آنها: این مرحله با بررسی دقیق عنوان، چکیده و کلمات کلیدی مقالات جستجو شده، همراه است. بر این اساس، مقالات مرتبط با متغیرهای رفتاری در زمینه بهره‌وری انرژی ساختمان از مقالاتی که به طور اتفاقی از واژه‌های رفتار پایدار و رفتار بهره‌وری انرژی استفاده کردند، تفکیک می‌شوند. تعداد مقالات انتخاب شده در این مرحله تقریباً یک‌چهارم مقالات مرحله اول هستند.
- خواندن متن کامل مقالات: در این مرحله، متن کامل تمام مقالات انتخاب شده، بررسی می‌شوند. در این صورت، از حذف نشدن اطلاعات مرتبط، اطمینان ایجاد می‌شود. سپس، تمام مقالاتی که به هر نوع از متغیرهای رفتاری مرتبط با مصرف انرژی در حوزه ساختمان پرداختند، برای تحلیل بیشتر انتخاب می‌شوند. در این مرحله، تقریباً نصف مقالات قبل برای تحلیل بیشتر، انتخاب شدند.
- جمع‌آوری متغیرهای رفتاری مختلف: در این مرحله، مقالات انتخاب شده به طور عمیق و دقیق خوانده می‌شوند. در این صورت، متغیرهای رفتاری از این مقالات، جمع‌آوری می‌شوند. بر اساس شباهت‌های متغیرهای معرفی شده و روابط بین آنها، گروه‌های اصلی تعریف می‌شوند. هم‌چنین برای هر گروه اصلی، زیر گروه‌های فرعی تعیین می‌شوند.

شکل ۱، خلاصه‌ای از روش تحقیق بکار رفته را نشان داده است. متغیرهای کلیدی برای اندازه‌گیری اثر رفتار بر بهره‌وری انرژی ساختمان در زمینه‌ها، انواع ساختمان و مناطق جغرافیایی مختلف بررسی شده‌اند. به این دلیل، نتایج موجود به طور مستقیم برای انواع دیگر ساختمان و مناطق جغرافیایی دیگر مناسب نیستند. همچنین برخی از تفاوت‌های مهم بین کشور ایران و کشورهای دیگر وجود دارند. وجود فرهنگ و ارزش‌های دینی و ملی از مهمترین این تفاوت‌ها است. این فرهنگ و ارزش‌ها، افراد جامعه را به صرفه‌جویی در مصرف انرژی تشویق می‌کنند. به این دلیل رفتارهای صرفه‌جویانه در جامعه ایران، از اهمیت خاص برخوردار هستند. توجه به این مورد و متغیرهای آن از تفاوت‌های این تحقیق با مطالعات دیگر است. همچنین، اغلب مطالعات موجود به طور مستقل به یکی از متغیرهای رفتاری و خصوصاً شرایط خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان پرداخته‌اند. اما این تحقیق،

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]



شکل ۱: خلاصه روش تحقیق

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

تمام متغیرهای کلیدی موجود همچون شـــرایط اقامت ســـاکنان، رفتارهای صـــرفه‌جویانه و خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان را به طور کامل و با نگرشـی جامع مورد بررسـی قرار داده است.

۳. یافته‌های تحقیق

بر اساس مرور ادبیات تحقیق، گروه‌بندی‌های مختلف برای متغیرهای رفتاری در زمینه مصرف انرژی در حوزه ساختمان وجود دارند. برای نمونه، تروتا[۱] در سال ۲۰۱۸ میلادی، مطالعات موجود در مورد گروه‌بندی رفتارهای انرژی در سطح خانگی را ارزیابی کرد. بر اساس این ارزیابی در این مطالعه، دو گروه اصـــلی از رفتار انرژی تعریف شـــدند (Trotta, ۲۰۱۸). گروه اول به عادات و امور روزمره و رفتار صـــرفه‌جویانه اشـــاره دارد. گروه دوم به فعالیت‌های انتخاب و خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ســـاختمان اشـــاره دارد. یتس۲ و دیگران در ســـال ۲۰۱۷ میلادی، ســـه گروه در مورد موانع و راهکارهای رفتار بهره‌وری انرژی ســـاختمان تعریف کردند. (۱) دانش و آگاهی از تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی و چگونگی دسـتیابی و اسـتفاده از آنها، (۲) دسـترسـی به این تکنولوژی‌ها و موجود بودن سرمایه و (۳) تمایل، نگرش و اراده رفتاری نسبت به این تکنولوژی‌ها، این سه گروه را تشکیل می‌دهند (Yeatts et al., ۲۰۱۷). چن و دیگران در ســـال ۲۰۲۱ میلادی در مطالعه دیگر، ســـه گروه شـــرایط اقامتی، تعامل ســـاکنان و بهره‌وری رفتاری را تعریف کردند. آنان این ســـه گروه را بر میزان مصرف انرژی ساختمان مؤثر دانستند (Chen et al., ۲۰۲۱). با توجه به تمام مطالعات موجود در این زمینه، در این تحقیق سه گروه برای متغیرهای رفتاری در زمینه مصرف انرژی در حوزه ساختمان در نظر گرفته شدند. گروه اول به شرایط اقامت ساکنان، اشاره دارد. گروه دوم بر رفتار صرفه‌جویانه، تأکید دارد. گروه سوم به خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی توسط ساکنان ساختمان‌ها توجه دارد.

[۱] Trotta
[۲] Yeatts

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

شرایط اقامت ساکنان

شرایط اقامت ساکنان شامل متغیرهای مختلف و مؤثر بر میزان مصرف انرژی در حوزه ساختمان هستند. (۱) تعداد ساکنان، (۲) فعالیت‌های ساکنان، (۳) موقعیت ساکنان در ساختمان، (۴) ورود و خروج از ساختمان و (۵) مدت بودن در ساختمان، این متغیرها را تشکیل می‌دهند. بر اساس مطالعه چن و دیگران در سال ۲۰۲۱ میلادی، اطلاعات اقامت ساکنان را می‌توان در دو گروه فضایی و زمانی قرار داد (Chen et al., ۲۰۲۱) بسیاری از مطالعات در زمینه رفتار بهره‌وری انرژی برای تعیین وضعیت حضور ساکنان و فعالیت‌های اقامتی، اطلاعات فضایی را ارائه کردند. برای نمونه، آرتس و دیگران در سال ۲۰۱۴ میلادی بیان کردند که اطلاعات دقیق اندکی در مورد چگونگی تعامل ساکنان با خانه‌هایشان، موجود هستند. به دلیل کمبود این اطلاعات، در ارزیابی کارایی ساختمان‌ها فقط از یک الگوی کاربر استاندارد استفاده می‌شود. برای تعیین دقیق تقاضای انرژی می‌بایست از الگوهای کاربر شامل نوسانات مختلف رفتاری، استفاده کرد. بر این اساس، در این مطالعه، سه وضعیت ممکن اقامتی تعریف شدند. (۱) در خانه بودن و بیدار بودن، (۲) در خانه بودن و خوابیدن و (۳) در خانه نبودن، این سه وضعیت را تشکیل می‌دهند (Aerts et al, ۲۰۱٤). در بسیاری از مطالعات اخیر، اطلاعات زمانی با سه الگوی بلند مدت، کوتاه مدت و بر اساس مدت معین و قانونی معرفی شدند. برای نمونه، نبی زاده[۱] و دیگران در سال ۲۰۱۸ میلادی، الگوهای تکرار شونده از رفتارهای مصرف انرژی ساکنان ساختمان‌های اداری در ورودها و خروج‌ها را تحلیل کردند. رفتارهای ساکنان ساختمان‌های اداری موقع ورودها و خروج‌ها، تأثیر زیادی بر مصرف انرژی دارند چون بسیاری از ساکنان در این مواقع، دستگاه‌های مختلف را روشن و خاموش می‌کنند. در این مطالعه، رفتارهای مصرف انرژی ۱۲ نفر از ساکنان در دو ساختمان اداری بررسی شدند. تغییرات انرژی در این ساختمان‌ها بر اساس الگوی تکرار شونده، بازه‌ای و تأخیری پیشنهاد شدند (Nabizadeh et al., ۲۰۱۸). علاوه بر این، تراکم اقامتی نیز برای ارائه اطلاعات اقامت ساکنان، اهمیت دارد. جدول۱، مطالعات موجود در زمینه شرایط اقامت ساکنان را ارائه کرده است.

[۱] Nabizadeh

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

جدول ۱: مطالعات موجود در زمینه شرایط اقامت ساکنان

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
وانگ و دیگران (Wang et al., ۲۰۱۹)	۲۰۱۹ میلادی	بررسی دو ساختمان اداری به عنوان نمونه موردی	تأکید بر کنترل‌کننده‌ها با قابلیت پیش‌بینی برای کاهش مصرف انرژی در سیستم‌های تهویه مطبوع ساختمان‌های اداری. تأکید بر لزوم پیش‌بینی از میزان جذب حرارتی داخلی بر اساس یادگیری الگوهای اقامتی ساکنان برای تنظیم کار این کنترل‌کننده‌ها. تأکید بر استفاده از شبکه‌های دارای حافظه کوتاه مدت طولانی برای کاهش خطاهای پیش‌بینی از جذب حرارتی داخلی.
کانگ و دیگران (Kang et al., ۲۰۱۸)	۲۰۱۸ میلادی	تحلیل همبستگی، درخت تصمیم و آزمون من-ویتنی	تأکید بر لزوم جمع‌آوری اطلاعات اقامتی برای ارزیابی و تنظیم کارایی انرژی ساختمان. تأکید بر کمبود اطلاعات و استانداردها برای تعیین تراکم اقامتی. لزوم تعیین تراکم اقامتی بهینه برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری. ۵۰/۳ درصد صرفه‌جویی متوسط در مصرف انرژی در ساختمان‌های دارای تراکم اقامتی بیشتر از ۳۱/۴۱ متر مربع برای هر فرد نسبت به ساختمان‌های دارای تراکم اقامتی کمتر از ۳۱/۴۱ متر مربع برای هر فرد.
لو و دیگران (Luo et al., ۲۰۱۷)	۲۰۱۷ میلادی	تحلیل آماری و استفاده از مدل شبیه-سازی	تأکید بر شرایط اقامت ساکنان به عنوان عامل مهم و مؤثر بر کارایی ساختمان. تأکید بر مدل‌های اقامتی تغییرپذیر برای ارائه بهتر تنوع فضایی و زمانی ساکنان ساختمان.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
			تأیید امکان استفاده از شبیه‌ساز اقامتی برای شبیه‌سازی طیف حضور ساکنان و رفتارهای حرکتی در ساختمان‌های اداری. تأیید امکان استفاده از شبیه‌ساز اقامتی برای ایجاد برنامه زمانی تغیرپذیر ساکنان در اتاق‌های کاری برای تعیین کارایی ساختمان.
لیانگ و دیگران (Liang et al., ۲۰۱۶)	۲۰۱۶ میلادی	تحلیل خوشه‌ای، درخت تصمیم و وسایل اندازه‌گیری نصب شده در ساختمان اداری	تأکید بر شرایط اقامت ساکنان به عنوان عامل مهم و ضروری در مصرف انرژی ساختمان. تأکید بر ارائه نشدن چگونگی یادگیری الگوهای اقامتی و پیش‌بینی برنامه زمانی ساکنان به دلیل بسیاری از فعالیت‌های تغییرپذیر ساکنان و اطلاعات ناکافی. لزوم تعیین الگوهای حضور ساکنان از طریق تحلیل خوشه‌ای، یادگیری برنامه زمانی از طریق درخت تصمیم و پیش‌بینی برنامه زمانی ساکنان بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده.
ریو و دیگران (Ryu and Moon, ۲۰۱۶)	۲۰۱۶ میلادی	درخت تصمیم و الگوریتم مدل مارکوف پنهان	تأکید بر تأثیر مهم حضور و رفتار ساکنان بر تقاضای گرمایش فضا، سرمایش و تهویه، مصرف انرژی در تجهیزات نورپردازی و کنترل‌کننده‌های ساختمان. تأکید بر گرایش در حال توسعه برای مدل‌سازی رفتار ساکنان و اطلاعات اقامتی. تأکید بر مدل پیش‌بینی اقامتی غیر مستقیم با استفاده از اطلاعات محیط داخلی به دلیل ملاحظات حریم خصوصی و اندازه‌گیری‌های نادرست در روش مستقیم.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
			لزوم توسعه مدل داده محور محیط داخلی با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری برای پیش‌بینی شرایط اقامت ساکنان.
ژائو و دیگران (Zhao et al., ۲۰۱۴)	۲۰۱۴ میلادی	روش آزمایشگاهی و مدل‌سازی در نرم‌افزار انرژی پلاس در ۱۷ منطقه اقلیمی مختلف	تأکید بر سلامت، آسایش و کارآمدی ساکنان به عنوان اهداف طراحی و اجرای ساختمان‌های سبز. لزوم توسعه روش داده کاوی غیر مستقیم با استفاده از اطلاعات مصرف انرژی تجهیزات برای یادگیری رفتار ساکنان. تأکید شبیه‌سازی‌ها بر تفاوت تأثیر برنامه زمانی ساکنان بر مصرف انرژی سیستم‌های تهویه مطبوع در شرایط اقلیمی مختلف.

عوامل مرتبط دیگر با ساکنان همچون سن و جنسیت با احساس حرارتی، ارتباط اندک دارند یا ارتباطی ندارند (Namatchoua et al., ۲۰۱۷; Maykot et al., ۲۰۱۸; Indraganti et al., ۲۰۱۵). این اختلافات در دمای آسایش، تأثیر خاصی بر مصرف انرژی در حوزه ساختمان ندارند. به این دلیل، این عوامل به عنوان متغیر رفتاری برای کمی کردن رفتار بهره‌وری انرژی ساختمان معرفی نمی‌شوند.

رفتار صرفه‌جویانه ساکنان

رفتارهای صرفه‌جویی به عنوان فعالیت‌های روزمره و عادت‌های ساکنان تعریف می‌شوند و بر کاهش محسوس در مصرف انرژی ساختمان تمرکز دارند (Trotta, ۲۰۱۸). تصمیم‌گیری ساکنان در مورد (۱) چگونگی گرمایش فضا در زمستان، (۲) چگونگی خنک نگه داشتن فضا در تابستان، (۳) روشن گذاشتن لامپ‌ها و تجهیزات یا خاموش کردن آنها در فضاهای خالی، (۴) دمای آب برای شستشوی لباس‌ها، (۵) چرخه ماشین ظرفشویی موقع استفاده و (۶) خاموش کردن سیستم تهویه مطبوع موقع ترک ساختمان برای چند ساعت، نمونه‌های عادت‌های روزمره و مرتبط با سبک زندگی افراد هستند. ساکنان به طور فعال یا غیر فعال در مورد چگونگی استفاده از سیستم‌های اصلی انرژی ساختمان

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

تصـــمیم می‌گیرند. این فعالیت‌های عادتی بر اســـاس فراوانی و میزان تأثیر خود بر مصـــرف انرژی، متفاوت هستند. علاوه بر این، ممکن است که رفتارهای اعضای مختلف، اثر متضاد بر مصرف انرژی ساختمان داشته باشند (Palmer and Cooper, ۲۰۱٦).

با توجه به مطالعه چن و دیگران در ســال ۲۰۲۱ میلادی می‌توان رفتارهای صــرفه‌جویانه را در پنج زیر گروه فرعی قرار داد. (۱) واکنش به ســیســـتم تهویه مطبوع، (۲) واکنش به ســیســـتم تأمین آب گرم مصرفی، (۳) واکنش به سیستم نورپردازی، (۴) واکنش به تجهیزات الکتریکی و (۵) باز و بسته کردن پنجره‌ها، پنج زیر گروه فرعی از رفتارهای صرفه‌جویانه را تشکیل می‌دهند.

ســاکنان در ســاختمان‌های هوشــمند به طور مســتقیم، ســیســتم تهویه مطبوع را تنظیم نمی‌کنند. کنترل‌کننده‌های ســیســتم تهویه مطبوع با محور تقاضــای ســاکنان، برنامه‌های کاربردی مرتبط و راهکارهای بازخورد محور، می‌توانند باعث افزایش کارایی انرژی ساختمان شوند (Giskes, ۲۰۱۷). برای نمونه، پنگ[۱] و دیگران در ســال ۲۰۱۸ میلادی با بررســی یازده فضــای اداری نشــان دادند که کنترل‌کننده‌های سیستم سرمایش با محور شرایط واقعی اقامت، باعث ۷ تا ۵۲ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی در مقایسه با سیستم‌های سرمایش معمولی می‌شوند (Peng et al., ۲۰۱۸). سیستم تأمین آب گرم مصـــرفی، ســـیســـتم نورپردازی و تجهیزات الکتریکی در کنار ســـیســـتم تهویه مطبوع از مصرف‌کنندگان اصلی انرژی در حوزه ساختمان هستند. واکنش نامناسب ساکنان به این سیستم‌ها و تجهیزات می‌تواند باعث اتلاف انرژی زیاد شود. بر اساس مطالعه ماسوسو[۲] و گرابر[۳] در سال ۲۰۱۰ میلادی، میزان مصـــرف انرژی در ســـاعات غیر کاری در ســـاختمان‌های تجاری به دلیل این واکنش نامناسب (۵۶ درصد)، بیشتر از میزان مصرف انرژی در ساعات کاری (۴۴ درصد) است. این میزان بر اساس پنج ممیزی انرژی در اقلیم گرم و خشک بوتسوانا و آفریقای جنوبی تعیین شد (Masoso and Grobler, ۲۰۱۰). کنترل‌کننده‌های خودکار تضــعیف نور و ترکیب کنترل‌کننده‌های نور طبیعی با حسـگرهای اقامتی از بهترین روش‌های صـرفه‌جویی در مصـرف انرژی برای سـیسـتم‌های نورپردازی

[۱] Peng
[۲] Masoso
[۳] Grober

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

هستند. میزان صرفه‌جویی با این روش‌ها می‌تواند به ۴۳ تا ۷۱ درصد برسد (Yun et al., ۲۰۱۲). کنترل‌کننده‌های خودکار تقاضا برای سیستم تأمین آب گرم مصرفی و تجهیزات الکتریکی از تکنولوژی‌های جدید در مدیریت تقاضای انرژی ساختمان هستند. در مطالعه کزمی[۱] و دیگران در سال ۲۰۱۶ میلادی، کنترل بهینه سیستم تأمین آب گرم مصرفی با روش اکتشافی و محاسباتی باعث ۲۷ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی شد. این صرفه‌جویی از طریق یادگیری رفتار ساکنان، مدل‌های ترمودینامیک و تعیین برنامه زمانی گرمایش بهینه در ۴۶ ساختمان صفر انرژی در هلند شکل گرفت (Kazmi et al., ۲۰۱۶). علاوه بر این موضوعات، صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی در این سیستم‌ها و تجهیزات، هزینه اولیه را به سرمایه‌گذار باز می‌گرداند (Wang et al., ۲۰۱۷).

باز و بسته کردن پنجره‌ها در ساختمان‌های دارای تهویه طبیعی بر آسایش حرارتی داخلی، دمای خارج، شرایط محیط داخلی، غلظت دی‌اکسیدکربن، غلظت ذرات معلق محیطی، کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر، شرایط اقامت ساکنان و اولویت‌های شخصی تأثیر می‌گذارد. تحلیل‌های کمی و روش‌های محاسباتی برای تعیین تغییرات انرژی موقع باز و بسته کردن پنجره‌ها دارای محدودیت‌هایی هستند و می‌بایست توسعه یابند (Pan et al., ۲۰۱۸). علاوه بر این، پنجره‌ها در ساختمان‌های مدرن و دارای سیستم تهویه مطبوع مرکزی کمتر تأثیر دارند (Markovic et al., ۲۰۱۷). جدول۲، مطالعات موجود در زمینه رفتارهای صرفه‌جویانه ساکنان را ارائه کرده است.

[۱] Kazmi

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

جدول۲. مطالعات موجود در زمینه رفتارهای صرفه‌جویانه ساکنان.

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
بلدی و دیگران (Baldi et al., ۲۰۱۸)	۲۰۱۸ میلادی	استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار انرژی پلاس	تأکید بر مناسب نبودن تعیین دمای ثابت ترموستات به دلیل جلوگیری از بخش‌بندی هوشمند. تأکید بر بخش‌بندی هوشمند بر اساس تعیین پویای دمای هر فضا در طبقات مختلف با توجه به هندسه، جهت‌گیری و الگوهای رفتاری ساکنان. لزوم استفاده از بخش‌بندی هوشمند برای کاهش مسئله مدیریت تقاضای انرژی به مسئله کنترل بهینه و بازخورد محور و بر اساس رفتارهای مختلف ساکنان. تعیین میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی به میزان ۱۵ درصد و افزایش آسایش حرارتی به میزان ۲۵ درصد با استفاده از بخش‌بندی هوشمند.
آن و چو (Ahn and Cho, ۲۰۱۷)	۲۰۱۷ میلادی	مدل تصمیم‌گیری و تحلیل مقایسه‌ای	تأکید بر ابزارهای شبیه‌سازی، رتبه‌بندی، سیستم ممیزی جامع و اندازه‌گیری هوشمند برای تخمین و ارزیابی کارایی انرژی ساختمان. تأکید بر نامناسب بودن تعیین برخی از عوامل از رفتار ساکنان به عنوان موضوعات ثابت و تبدیل آنها به اعداد ساده و بخشی از ورودی مدل‌های شبیه‌سازی. لزوم بکارگیری مدل‌های عرضه انرژی یکپارچه بر اساس واکنش هوشمند به حس‌های معمول و غیر معمول مؤثر بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی. تعیین اثربخشی مدل تصمیم‌گیری یکپارچه با ارتقای سطح آسایش حرارتی به میزان ۲/۵ درصد در ساختمان اداری و تقریباً ۱۰/۲ درصد در ساختمان‌های مسکونی و هم‌چنین کاهش مصرف

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
			انرژی سالانه به میزان تقریباً ۱۷/۴ درصد در ساختمان اداری و تقریباً ۲۵/۷ درصد در ساختمان‌های مسکونی.
لنگوین و دیگران (Langevin et al., ۲۰۱۶)	۲۰۱۶ میلادی	استفاده از نرم‌افزار Toolkit و شبیه‌سازی در نرم‌افزار انرژی پلاس	تأکید بر نرم‌افزار Toolkit بر پایه واکنش بین انسان و ساختمان، برای شبیه‌سازی رفتارهای انطباق حرارتی و تعیین آسایش حرارتی ساکنان اداری در کنار تعیین میزان مصرف انرژی ساختمان. تأکید بر گزینه‌های گرمایش و سرمایش محلی زوج، تعیین پویای دمای ترموستات، کیفیت هوای داخلی و هزینه‌های موجود. تعیین ۲۸ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی ماهانه در سیستم تهویه مطبوع و ارتقای پذیرش شرایط حرارتی با گزینه‌های گرمایش و سرمایش محلی بهره‌ور.
سرقیدس و دیگران (Serghides et al., ۲۰۱۵)	۲۰۱۵ میلادی	استفاده از پرسشنامه و تحلیل با نرم‌افزار SPSS	انجام مطالعه مقایسه‌ای در مورد رفتار ساکنان و تأثیر آن بر میزان مصرف انرژی ساختمان. اندازه‌گیری دمای هوا، رطوبت نسبی و سطح نورپردازی با ابزارهای اندازه‌گیری دما، رطوبت و لوکس. تأیید تأثیر رفتار ساکنان بر آسایش حرارتی و بصری و میزان مصرف انرژی ساختمان.
کاووسیان و دیگران (Kavousian et al., ۲۰۱۳)	۲۰۱۳ میلادی	جمع‌آوری داده‌ها از میزان مصرف برق در	لزوم بررسی تأثیر عوامل رفتاری و ساختاری بر مصرف برق در بخش مسکونی و توسعه مدل‌های مستقل برای تعیین مصرف روزانه حداقل و حداکثر. تأکید بر شرایط آب و هوایی، موقعیت و مساحت ساختمان به عنوان مهمترین عوامل تأثیرگذار بر مصرف برق در بخش مسکونی.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
		۱۶۲۸ واحد مسکونی	تأکید بر نصب پنجره‌های دو جداره و تجهیزات روشنایی بهره‌ور برای کاهش مصرف برق. تأکید بر وجود نداشتن ارتباط مهم بین مصرف برق و سطح درآمد، مالکیت و سن ساختمان. تعیین میزان اندک افزایش مصرف برق با استفاده از تجهیزات بهره‌ور، ترموستات‌های قابل برنامه‌ریزی و عایقکاری. این میزان افزایش می‌تواند به دلیل روشن شدن سیستم تهویه مطبوع توسط ترموستات قابل برنامه‌ریزی حتی موقع خالی بودن واحد مسکونی باشد.
کیم و دیگران (Kim et al., ۲۰۱۷)	۲۰۱۷ میلادی	مشاهدات زمینه‌ای و استفاده از تلفن‌های هوشمند و ابزارهای اندازه‌گیری دما در ۴۲ واحد مسکونی استرالیا	تأکید بر رفتار ساکنان به عنوان یک متغیر کلیدی مهم در پیش‌بینی مصرف انرژی در بخش مسکونی به دلیل فعالیت‌های مختلف ساکنان و سطوح مختلف کنترل شخصی بر محیط داخلی. تأکید بر مدل‌های آماری برای پیش‌بینی درصد مفید بودن راهکارهای انطباقی به عنوان تابعی از دما. تعیین تأثیر مهم ویژگی‌های شخصی و اقامتی بر تصمیم ساکنان در استفاده از سیستم تهویه مطبوع.

خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان

نوع دیگر از رفتار انرژی به فعالیت‌های خرید و انتخاب تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان اشاره دارد. این فعالیت‌ها بر اساس میزان منابع مالی لازم، متفاوت هستند (Trotta, ۲۰۱۸). بهبود ساختار اصلی ساختمان، تغییرات فیزیکی ساختمان، ارتقا یا تغییر محفظه ساختمان، نصب عایق، جایگزین کردن پنجره‌های دو جداره، تغییر سیستم‌های تهویه مطبوع و تأمین آب گرم مصرفی، نصب

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

پمپ‌های حرارتی زمینی، نصب دیگ‌های چگالشی، نصب آبگرمکن‌های خورشیدی و خرید تجهیزات الکتریکی بهره‌ور، نمونه‌های این فعالیت‌ها هستند. یخچال، ماشین لباسشویی، ماشین ظرفشویی، تلویزیون، رایانه، تجهیزات صوتی، اجاق مایکروویو، توستر، کتری و اتو نمونه‌های تجهیزات الکتریکی در بخش مسکونی هستند.

فعالیت‌های خرید و انتخاب تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی از جنبه‌های فرهنگی، اجتماعی و رفتاری تأثیر می‌گیرند. بر اساس مطالعه کریستیانو و دیگران در سال ۲۰۲۱ و یتس و دیگران در سال ۲۰۱۷ میلادی، موضوعات فرهنگی، اجتماعی و رفتاری در این زمینه را می‌توان در پنج زیر گروه فرعی قرار داد. (۱) اطلاعات و آموزش برای تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان، (۲) ترس و مقاومت در برابر تغییرات رفتاری مرتبط با بهره‌وری انرژی ساختمان، (۳) انگیزه برای توسعه اقدامات بهره‌وری انرژی، (۴) امکان اعتماد به اطلاعات ارائه شده توسط دولت یا بازار بهره‌وری انرژی و (۵) موجود بودن تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان و دسترسی به آنها، این پنج زیر گروه فرعی را تشکیل می‌دهند.

اطلاعات و آموزش ناکافی برای بهره‌وری انرژی ساختمان باعث می‌شوند که ساکنان، اجرای اقدامات بهره‌وری انرژی را کمتر بپذیرند و در برابر تغییرات رفتاری مورد نیاز برای صرفه‌جویی انرژی مقاومت کنند (Alreshidi et al., ۲۰۱۸). ساکنان، ناسازگاری خاص نسبت به خرید و انتخاب تکنولوژی‌های صرفه‌جویی انرژی ساختمان نشان می‌دهند. این موضوع می‌تواند به دلیل نیاز به نگهداری این تکنولوژی‌ها در طول عمر مفید ساختمان باشد. هر چند اجرای روش‌های نگهداری آنها توسط ساکنان، سخت نیست اما این موضوع در برخی از مطالعات، دلیل اصلی اجرا نشدن اقدامات لازم در زمینه بهره‌وری انرژی دانسته شده است (Caputo and Pasetti, ۲۰۱۷). ترس از تغییر عادات باعث کند شدن اقدامات ارتقای بهره‌وری انرژی و کاهش تقاضای ساکنان برای پروژه‌های بهره‌وری انرژی ساختمان می‌شود (Oduyemi et al., ۲۰۱۷). ساکنان در بسیاری از موارد، از استفاده از تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی موجود به دلیل انگیزه ناکافی، ترس دارند. هر چند برخی از ساکنان از پتانسیل‌های تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی، آگاهی کافی دارند اما انگیزه لازم برای بهبود

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

بهره‌وری انرژی ساختمان خود را ندارند (Zhou et al., ۲۰۱۳). در این صورت تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان، انتخاب، خریداری و استفاده نمی‌شوند. عدم اعتماد به اطلاعات ارائه شده توسط دولت و بازار و موضوعات امنیت اطلاعاتی از خرید و انتخاب تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی توسط ساکنان جلوگیری می‌کنند (Alreshidi et al., ۲۰۱۸).

(۱) افزایش آگاهی بهره‌وری انرژی ساکنان خصوصاً در مورد منافع اقتصادی و کاربردی، (۲) راهنمایی آنان برای شناسایی رفتارهای نادرست خود و (۳) کمک به تصمیم‌گیری آگاهانه برای خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی، می‌توانند باعث افزایش کارایی انرژی ساختمان شوند (Pan et al., ۲۰۱۸). روش‌های آموزشی در این زمینه شامل سه جریان اصلی هستند. آموزش معمول، روش بازخوردی و نصب تکنولوژی‌های هوشمند، این سه جریان را تشکیل می‌دهند. آموزش معمول همچون ایجاد انگیزه، قوانین اجتماعی و پیام‌های هنجاری می‌توانند آگاهی عمومی از صرفه‌جویی انرژی در حوزه ساختمان را افزایش دهد (Anderson et al., ۲۰۱۷). روش بازخوردی بر خط، منطقی‌تر و کاراتر از آموزش معمول صرفه‌جویی انرژی است. روش بازخوردی می‌تواند به ساکنان ساختمان برای ارزیابی مصرف انرژی روزانه، مقایسه میزان‌های مختلف از مصرف انرژی، شناسایی رفتارهای نامناسب و ارائه پیشنهادهای شخصی برای بهبود بهره‌وری انرژی کمک کند (Konstantakopoulos et al., ۲۰۱۹). ترکیب روش آموزش معمول و روش بازخوردی می‌تواند اثربخشی آنها را بیشتر کند. استفاده از تکنولوژی‌های هوشمند، روش جدید آموزش رفتاری است و می‌تواند انعطاف‌پذیری انرژی ساختمان را افزایش دهد. شبکه‌های هوشمند به ساکنان برای تغییر عادات مصرف انرژی کمک می‌کنند (Aelenei et al., ۲۰۱۹).

موجود بودن تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی و دسترسی به آنها، زیر گروه فرعی پنجم را تشکیل می‌دهند. ممکن است که ساکنان نتوانند از تکنولوژی بهره‌وری انرژی به دلیل عدم هماهنگی بین عرضه و تقاضا استفاده کنند (Griffin et al., ۲۰۱۰). ممکن است که تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی برای شرایط جغرافیایی خاص مناسب باشند و در شرایط دیگر در دسترس نباشند. برای نمونه، استفاده از انرژی باد در مناطق دارای حجم و سرعت باد کم، کاربردی نیست. ممکن است که تکنولوژی‌های

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

بهره‌وری انرژی برای ساختمان‌های خاص مناسب باشند و برای انواع دیگر ساختمان و خصوصاً ساختمان‌های قدیمی در دسترس نباشند. علاوه بر این، فقط تعدادی از تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی در آزمایشگاه بررسی و تأیید شده‌اند و ممکن است اعتبار تکنولوژی‌های دیگر مورد تردید قرار بگیرد (Griffin et al., ۲۰۱۰). هزینه تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان و وجود سرمایه لازم نیز در این زمینه تأثیرگذار است (Kazemi and Kazemi, ۲۰۲۲). جدول۳، مطالعات موجود در زمینه خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان را ارائه کرده است.

جدول۳. مطالعات موجود در زمینه خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان.

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
تنگ و دیگران (Teng et al., ۲۰۱۶)	۲۰۱۶ میلادی	تحلیل آماری و مصاحبه	تأکید بر موانع اصلی برای توسعه ساختمان‌های سبز و روش‌های رفع این موانع. تأکید بر در دسترس نبودن بسیاری از تکنولوژی‌های سبز و هزینه زیاد آنها به عنوان دو مانع اصلی برای توسعه کامل و متعادل ساختماهای سبز. تأکید بر اولویت دادن به تکنولوژی‌های برتر بهره‌وری انرژی ساختمان در رتبه‌بندی‌های مختلف و کمک دولت برای کاهش هزینه‌های زیاد تکنولوژی‌های سبز.
دادزی و دیگران (Dadzie et al, ۲۰۱۸)	۲۰۱۸ میلادی	مصاحبه‌های نیمه ساختار یافته	تأکید بر ساخت فقط ۲ درصد از بخش ساختمانی در سال و وجود ۹۸ درصد از آن. تأکید بر ارتقا نیافتن بهره‌وری انرژی و آسایش حرارتی داخلی در بخش ساختمانی موجود به دلیل چالش‌های مرتبط با این بخش. تأکید بر شکاف‌ها، نفوذ هوا، عایقکاری نامناسب، اتلاف حرارتی و میزان زیاد از تکنولوژی‌های غیر

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
			پایدار به عنوان چالش‌های مرتبط با بخش ساختمانی موجود. تأکید بر منافع درک نشده توسط ساکنان برای تخریب و ساخت، سن ساختمان، هزینه تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی، ادراک نامناسب از زمان بازگشت سرمایه، اطلاعات غیر قابل اعتماد برای صرفه‌جویی انرژی و طراحی موجود به عنوان موانع بکارگیری تکنولوژی‌های پایدار.
ژانگ و دیگران (Zhang et al., ۲۰۱۸)	۲۰۱۸ میلادی	استفاده از مرور ادبیات، گزارش‌های دولتی، مقررات مرتبط و مصاحبه‌های نیمه ساختار یافته	تأکید بر موانع و راهکارهای موجود برای اجرای اقدامات بهره‌وری انرژی ساختمان. تأکید بر آگاهی ناکافی از بهره‌وری انرژی ساختمان، اطلاعات ناکافی و درآمد کم ساکنان به عنوان موانع موجود. تأکید بر استفاده از سیاست چماق و هویج توسط دولت، شکل‌گیری مؤسسات تحقیق و توسعه برای تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان، ارتقای پروژه‌های بهره‌وری انرژی ساختمان که در معرض نمایش هستند، آموزش در زمینه بهره‌وری انرژی و ایجاد انگیزه‌های مالی به عنوان راهکارهای موجود.
کانستنتکوپ ولاس و دیگران (Konstantakopoulos et al., ۲۰۱۹)	۲۰۱۹ میلادی	جمع‌آوری اطلاعات از فعالیت‌های مختلف ساکنان ساختمان	تأکید بر روش بازی‌وار سازی در ساختمان‌های هوشمند برای ایجاد انگیزه در ساکنان نسبت به صرفه‌جویی در مصرف انرژی شخصی و تأثیرگذاری مثبت بر محیط. تأکید بر شبکه‌های عصبی بازگشتی دو طرفه برای آموزش پیوسته و یادگیری عمیق در زمینه افزایش کارایی انرژی ساختمان.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

نویسندگان	سال انتشار	روش مورد استفاده	نتایج
نیل و نیو (Neill and Niu, ۲۰۱۷)	۲۰۱۷ میلادی	استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار انرژی پلاس	تأکید بر عدم درک مناسب از رفتار ساکنان ساختمان، عدم ساده‌سازی آن و بی‌توجهی به متغیرهای زمانی. تأکید بر عدم آگاهی لازم ساکنان برای تعیین دمای ترموستات و تأثیر زیاد این موضوع بر مصرف انرژی در بخش مسکونی. تأکید بر تأثیر رفتارهای ساکنان مرتبط با دمای ترموستات و برنامه زمانی نورپردازی بر مصرف انرژی سالانه و اوج سیستم تهویه مطبوع، مصرف سالانه برق ساختمان و مصرف اوج ساعتی برق ساختمان.
لی و دیگران (Li et al., ۲۰۱۷)	۲۰۱۷ میلادی	استفاده از پرسشنامه و تحلیل آماری	تأکید بر نقش کلیدی انعطاف‌پذیری انرژی ساختمان بر مدیریت تقاضای انرژی. تأکید بر تأثیر ویژگی‌های فیزیکی ساختمان و رفتار ساکنان بر انعطاف‌پذیری انرژی ساختمان. تأکید بر لزوم بکارگیری تکنولوژی‌های هوشمند و تغییر رفتار مصرف انرژی ساکنان برای دستیابی به انعطاف‌پذیری انرژی ساختمان. تأکید بر افزایش آگاهی از شبکه‌های هوشمند و ارتقای بکارگیری تکنولوژی‌های هوشمند با ایجاد انگیزه‌های مالی و هدایا برای تشویق ساکنان به ساختمان‌های انعطاف‌پذیر انرژی.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

٤. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق، مرور اثرات رفتار ساکنان بر مصرف انرژی ساختمان بود. برای در نظر گرفتن تأثیر رفتار ساکنان بر مصرف انرژی ساختمان می‌بایست اطلاعات جامع و واقعی ساکنان را جمع‌آوری و لحاظ کرد. تنظیم تقاضای انرژی در عملیات مختلف ساختمان بر اساس شرایط رفتاری ساکنان می‌تواند باعث صرفه‌جویی زیاد در مصرف انرژی شود. گروه‌بندی و کمی کردن اطلاعات رفتاری ساکنان و اعتبارسنجی آنها برای این هدف لازم و ضروری هستند و می‌بایست در آینده ارتقا یابند.

در این تحقیق، رفتارهای ساکنان ساختمان در سه گروه اصلی قرار گرفتند. (۱) شرایط اقامت ساکنان، (۲) رفتار صرفه‌جویانه ساکنان و (۳) خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان، این سه گروه را تشکیل می‌دهند. هر گروه با پنج متغیر رفتاری تعریف شد. (۱) تعداد ساکنان، (۲) فعالیت‌های ساکنان، (۳) موقعیت ساکنان در ساختمان، (۴) ورود و خروج از ساختمان و (۵) مدت بودن در ساختمان، پنج متغیر رفتاری برای گروه شرایط اقامت ساکنان هستند. (۱) واکنش به سیستم تهویه مطبوع، (۲) واکنش به سیستم تأمین آب گرم مصرفی، (۳) واکنش به سیستم نورپردازی، (۴) واکنش به تجهیزات الکتریکی و (۵) باز و بسته کردن پنجره‌ها، پنج متغیر رفتاری برای گروه رفتار صرفه‌جویانه ساکنان هستند. در نهایت، (۱) اطلاعات و آموزش برای تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان، (۲) ترس و مقاومت در برابر تغییرات رفتاری مرتبط با بهره‌وری انرژی ساختمان، (۳) انگیزه برای توسعه اقدامات بهره‌وری انرژی، (۴) امکان اعتماد به اطلاعات ارائه شده توسط دولت یا بازار بهره‌وری انرژی و (۵) موجود بودن تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان و دسترسی به آنها، پنج متغیر رفتاری برای گروه خرید تکنولوژی‌های بهره‌وری انرژی ساختمان هستند.

یافته‌های تحقیق باعث ایجاد نگرش جامع به تأثیر رفتار بر مصرف انرژی ساختمان و شناسایی متغیرهای کلیدی موجود می‌شوند. در این صورت، سیاستمداران کشور می‌توانند در مورد موانع و راهکارهای رفتاری، بهتر تصمیم بگیرند. یافته‌های این تحقیق با نتایج مطالعه تروتا[1] در سال ۲۰۱۸

[1] Trotta

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

میلادی هماهنگ هستند. تروتا بر اهمیت رفتارهای صرفه‌جویانه برای کاهش مصرف انرژی در حوزه ساختمان تأکید کرده است (Trotta, ۲۰۱۸). همچنین این یافته‌ها با نتایج مطالعه چن و دیگران در سال ۲۰۲۱ میلادی هماهنگ هستند. چن و دیگران بر اهمیت شرایط اقامت ساکنان و رفتارهای صرفه‌جویانه تأکید کرده‌اند (Chen et al., ۲۰۲۱). لازم به ذکر است که خطوط کلی برای متغیرهای کلیدی شناسایی شده، در تحقیق کاظمی و نمازی در سال ۱۳۹۵ تأیید شده‌اند. در این تحقیق، مبانی نظری موجود توسط تیم تخصصی تأیید شده است. تیم تخصصی از متخصصان معماری، اقتصادی و اجتماعی از دانشگاه‌ها و وزارت‌های مختلف تشکیل شده است. همچنین مبانی نظری با شرایط واقعی جامعه ایران، منطبق شده است (کاظمی و نمازی، ۱۳۹۵). این تحقیق، خطوط کلی تأیید شده را گسترش داده و تمام متغیرهای موجود برای آنها را تعریف کرده است. در مطالعه دیگر، کاظمی و کاظمی در سال ۱۴۰۱، با تهیه پرسشنامه از این متغیرها و تکمیل و تحلیل آن در مناطق تهران، پایایی این تحقیق برای جامعه ایران را بررسی و تأیید کرده‌اند (کاظمی، کاظمی، ۱۴۰۱). مطالعات دیگر همچون کارگر شریف آباد و جلیلیان در سال ۱۳۹۵، کاظمی، ۱۳۹۶ و سرلکی و دیگران در سال ۱۴۰۰ به بررسی این متغیرها در جامعه ایران پرداخته و آنها را تأیید کرده‌اند (کارگر شریف آباد و جلیلیان، ۱۳۹۵؛ کاظمی، ۱۳۹۶؛ Sarlaki et al., ۲۰۲۱).

گروه‌بندی شکل گرفته در این تحقیق، برای شناسایی و لحاظ شدن عوامل رفتاری کلیدی و جلوگیری از جمع‌آوری اطلاعات تکراری و غیر لازم، اهمیت دارند. هم‌چنین این گروه‌بندی‌ها برای شبیه‌سازی انرژی ساختمان و توسعه نرم‌افزارهای موجود، مفید هستند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، هر کدام از این متغیرها به طور جامع و عمیق بررسی شوند. این مطالعات می‌توانند با شناسایی موانع و پیشنهاد راهکارها برای رفع آنها همراه باشند. در این صورت، در کاهش محسوس مصرف انرژی در حوزه ساختمان مؤثر خواهند بود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

۵. منابع

ترازنامه انرژی ایران. (۱۳۹۸). وزارت نیرو. دسترسی از https://pep. moe. gov. ir/ در سال ۱۴۰۰.

کارگر شریف آباد، هادی و جلیلیان، مسعود. (۱۳۹۵). "رده‌بندی انرژی چند ساختمان مسکونی طبق استاندارد ملی در شهر قم و بررسی اثر چند عامل مؤثر بر آن". نشریه علمی پژوهشی مهندسی مکانیک مدرس، ۱۶ (۱)، ۳۶۱-۳۶۴.

کاظمی، محمد و کاظمی، عالیه. (۱۴۰۱). "بررسی رفتار پایدار و عوامل مرتبط با آن در مغازه‌های تهران". فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۸ (۲).

کاظمی، محمد و نمازی، حسین. (۱۳۹۵). "عوامل بازدارنده اجتماعی بهره‌وری مصرف انرژی در ساختمان در ایران". فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۲ (۳)، ۱۶۹-۱۹۶.

کاظمی، محمد. (۱۳۹۶). "راهکارهای افزایش بهره‌وری انرژی ساختمان". فصلنامه علمی پژوهشی صفه، ۷۹، ۳۷-۴۶.

Aelenei, D., Lopes, RA., Aelenei, L., Goncalves, H. (۲۰۱۹). Investigating the potential for energy flexibility in an office building with a vertical BIPV and a PV roof system. Renew Energy, ۱۳۷, ۱۸۹-۱۹۷.

Aerts, D., Minnen, J., Glorieux, I., Wouters, I., Descamps, D. (۲۰۱٤). A method for the identification and modelling of realistic domestic occupancy sequences for building energy demand simulations and peer comparison. Building and Environment, ۷۵, ٦۷-۷۸.

Ahn, J., Cho, S. (۲۰۱۷). Anti-logic or common sense that can hinder machine's energy performance: Energy and comfort control models based on artificial intelligence responding to abnormal indoor environments. Appl Energy, ۲۰٤, ۱۱۷-۱۳۰.

Alam, M., Zou, PXW., Stewart, R., Bertone, E., Sahin, Oz., Buntine, C., Marshall, C. (۲۰۱۹). Government championed strategies to overcome the barriers to public building energy efficiency retrofit projects. Sustainable Cities and Society, ٤٤, ٥٦–٦۹.

Alreshidi, E., Mourshed, M., Rezgui, Y. (۲۰۱۸). Requirements for cloud-based BIM goverance solutions to facilitate team collaboration in construction projects. Requir Eng, ۲۳(۱), ۱-۳۱.

Anderson, K., Song, K., Lee, S., Krupka, E., Lee, H., Park, M. (۲۰۱۷). Longitudinal analysis of normative energy use feedback on dormitory occupants. Appl Energy, ۱۸۹, ٦۲۳-٦۳۹.

Baldi, S., Korkas, CD., Lv, M., Kosmatopoulos, EB. (۲۰۱۸). Automating occupant-building interaction via smart zoning of thermostatic loads: A switched self-tuning approach. Appl Energy, ۲۳۱, ۱۲٤٦-۱۲٥۸.

Caputo, P., Pasetti, G. (۲۰۱۷). Boosting the energy renovation rate of the private building stock in Italy: Policies and innovative GIS-based tools. Sustainable Cities and Society, ۳٤, ۳۹٤-٤۰٤.

Chen, S., Zhang, G., Xia, X., Chen, Y., Setunge, S., Shi, L. (۲۰۲۱). The impacts of occupant behavior on building energy consumption: A review. Sustainable Energy Technologies and Assessments, ٤٥, ۱۰۱۲۱۲.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

Cristino, T.M., Lotufo, F.A., Delinchant, B., Wurtz, F., Faria Neto, A. (۲۰۲۱). A comprehensive review of obstacles and drivers to building energy-saving technologies and their association with research themes, types of buildings, and geographic regions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۱۳۵, ۱۱۰۱۹۱.

Dadzie, J., Runeson, G., Ding, G., Bondiuba, FK. (۲۰۱۸). Barriers to adoption of sustainable technologies for energy-efficient building upgrade- Semi structured interviews. Buildings, ۸(٤), ٥٧.

Dong, B., Li, Z., McFadden, G. (۲۰۱٥). An investigating on energy-related occupancy behavior for low-income residential buildings. Sci Technol the Built Environ, ۲۱, ۸۹۲-۹۰۱.

Giskes, B. (۲۰۱۷). The influence of occupant behavior on the total energy consumption in office: A case study for the ABT office. Eindhoven University of Technology.

Griffin, C., Knowles, C., Theodoropoulous, J., Allen, J. (۲۰۱۰). Barriers to the implementation of sustainable structural materials in green buildings. Guimaraes, Portugal.

Indraganti, M., Ooka, R., Rijal, HB. (۲۰۱٥). Thermal comfort in offices in india: Behavioral adaptation and the effect of age and gender. Energy Build, ۱۰۳, ۲۸٤-۲۹٥.

Jia, M., Srinivasan, RS., Raheem, AA. (۲۰۱۷). From occupancy to occupant behavior: An analytical survey of data acquisition technologies, modeling methodologies and simulation coupling mechanisms for building energy efficiency. Renew Sustain Energy Rev, ٦٨, ٥٢٥-٥٤٠.

Kang, H., Lee, M., Hong, T., Choi, JK. (۲۰۱۸). Determining the optimal occupancy density for reducing the energy consumption of public office buildings: A statistical approach. Build Environ, ۱۲۷, ۱۷۳-۱۸٦.

Kavousian, A., Rajagopal, R., Fischer, M. (۲۰۱۳). Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. Energy, ٥٥, ۱۸٤-۱۹٤.

Kazemi, M., Kazemi, A. (۲۰۲۲). Financial Barriers to Residential Buildings' Energy Efficiency in Iran. Energy Efficiency, ۱٥(٥), Article ۳۰, ۱-۱٥.

Kazmi, H., D'Oca S., Delmastro, C., Lodeweyckx, S., Corgnati, SP. (۲۰۱٦). Generalizable occupant-driven optimization model for domestic hot water production in NZEB. Appl Energy, ۱۷٥, ۱-۱٥.

Kim, J., Hong, T., Jeong, J., Koo, C., Kong, M. (۲۰۱۷). An integrated psychological response score of the occupants based on their activities and the indoor environmental quality condition changes. Build Environ, ۱۲۳, ٦٦-۷۷.

Konstantakopoulos, IC., Barkan, AR., He, S., Veeravalli, T., Liu, H., Spanos, C. (۲۰۱۹). A deep learning and gamification approach to improving human-building interaction and energy efficiency in smart infrastructure. Appl Energy, ۲۳۷, ۸۱۰-۸۲۱.

Langevin, J., Wen, J., Gurian, PL. (۲۰۱٦). Quantifying the human-building interaction: Considering the active, adaptive occupant in building performance simulation. Energy Build, ۱۱۷, ۳۷۲-۳۸٦.

Li, R., Dane, G., Finck, C., Zeiler, W. (۲۰۱۷). Are building users prepared for energy flexible buildings? A large-scale survey in the Netherlands. Appl Energy, ۲۰۳, ٦۲۳-٦۳٤.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

Liang, X., Hong, T., Shen, GQ. (۲۰۱٦). Occupancy data analytics and prediction: A case study. Build Environ, ۱۰۲, ۱۷۹-۱۹۲.
Luo, X., Lam, KP., Chen, Y., Hong, T. (۲۰۱۷). Performance evaluation of an agent-based occupancy simulation model. Build Environ, ۱۱۵, ٤۲-٥۳.
Markovic, R., Wolf, S., Cao, J., Spinnraker, E., Wolki, D., Frisch, J., Treeck, C. (۲۰۱۷). Comparision of different classification algorithms for the detection of user's interaction with windows in office buildings. Energy Procedia, ۱۲۲, ۳۳۷-۳٤۲.
Masoso, OT., Grobler, LJ. (۲۰۱۰). The dark side of occupants' behavior on building energy use. Energy Build, ٤۲, ۱۷۳-۱۷۷.
Maykot, JK, Rupp, RF., Ghisi, E. (۲۰۱۸). Assessment of gender on requirements for thermal comfort in office buildings located in the Brazilian humid subtropical climate. Energy Build, ۱٥۸, ۱۱۷۰-۱۱۸۳.

Nabizadeh, H., Ahn, CR., Eskridge, K**M.** (۲۰۱۸). Understanding the recurring patterns of occupants' energy use behaviors at entry and departure events in office buildings. Building and Environment, ۱۳٦, ۷۷-۸۷.
Namatchoua, MK., Ricciardi, P., Buratti, C. (۲۰۱۷). Statistical analysis of indoor parameters: An subjective responses of building occupants in a hot region of Indian ocaean; A case study of Madagascar island. Appl Energy, ۲۰۸, ۱٥٦۲-۱٥۷٥.
Neill, Z., Niu, F. (۲۰۱۷). Uncertainty and sensitivity analysis of spatio-temporal occupant behaviors on residential building energy usage utilizing Karhunen-Loeve expansion. Build Environ, ۱۱٥, ۱٥۷-۱۷۲.
Oduyemi, O., Okoroh, MI, Fajana, OS. (۲۰۱۷). The application and barriers of BIM in sustainable building design. J Facil Manag, ۱٥(۱), ۱٥-۳٤.
Palmer, J., Cooper, I. (۲۰۱۳). United Kingdom housing energy fact file. Department of Energy and Climate Change.
Pan, S., Xiong, Y., Han, Y., Zhang, X., Xia, L., Wei, S., Wu, J., Han, M. (۲۰۱۸). A study of influential factors of occupant window-opening behavior in an office building in China. Build Environ, ۱۳۳, ٤۱-٥۰.
Peng, Y., Rysanek, A., Nagy, Z., Schluter, A. (۲۰۱۸). Using machine learning techniques for occupancy-prediction-based cooling control in office buildings. Appl Energy, ۲۱۱, ۱۳٤۳-۱۳٥۸.

Ryu, SH., Moon, HJ. (۲۰۱٦). Development of an occupancy prediction model using indoor environmental data based on machine learning techniques. Build Environ, ۱۰۷, ۱-۹.
Sarlaki, E., Chegini, G., Marzban, I., Bakhshi, H. (۲۰۲۱). The sustainable energy saving solutions for greenhouse systems using renewable energies technologies. Journal of Renewable and New Energy, ۸(۱), ۱-۱۲.
Serghides, DK., Chatzinikola, CK., Katafygiotou, MC. (۲۰۱٥). Comparative studies of the occupants' behavior in a university building during winter and summer time. Int J Sustain Energy, ۳٤, ٥۲۸-٥٥۱.
Teng, J., Zhang, W., Wu, X., Zhang, L. (۲۰۱٦). Overcoming the barriers for the development of green building certification in China. J Hous Built Environ, ۳۱(۱), ٦۹-۹۲.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]

Trotta, G. (۲۰۱۸). Factors affecting energy-saving behaviors and energy efficiency investments in British households. Energy Policy, ۱۱٤, ٥۲۹-٥۳۹.
Wang, S., Kim, AA., Johnson, EM. (۲۰۱۷). Understanding the deterministic and probabilistic business cases for occupant based plug load management strategies in commercial office buildings. Appl Energy, ۱۹۱, ۳۹۸-٤۱۳.
Wang, Z., Hong, T., Piette, MA. (۲۰۱۹). Data fusion in predicting internal heat gains for office buildings through a deep learning approach. Appl Energy, ۲٤۰, ۳۸٦-۳۹۸.
Yeatts, DE., Auden, D., Cooksey, C., Chen, CF. (۲۰۱۷). A systematic review of strategies for overcoming the barriers to energy-efficient technologies in buildings. Energy Research & Social Science, ۳۲, ۷٦-۸٥.
Yun, GY., Kim, H., Kim, JT. (۲۰۱۲). Effects of occupancy and lighting use patterns on lighting energy consumption. Energy Build, ٤٦, ۱٥۲-۱٥۸.
Zhang, L., Guo, S., Wu, Z., Alsaedi, A., Hayat, T. (۲۰۱۸). SWOT analysis for the promotion of energy efficiency in rural buildings: A case study of China. Energies, ۱۱(٤), ۸٥۱.
Zhao, J., Lasternas, B., Lam, KP., Yun, R., Loftness, V. (۲۰۱٤). Occupant behavior and schedule modeling for building energy simulation through office appliance power consumption data mining. Energy Build, ۸۲, ۳٤۱-۳٥٥.
Zhou, L., Li, J., Chiang, YH. (۲۰۱۳). Promoting energy efficient building in China through clean development mechanism. Energy Pol, ٥۷, ۳۳۸-۳٤٦.
Iran Energy Balance ۲۰۲۰. Ministry of energy. Available at: https:// pep. moe. gov. ir/. Accessed ۲۰ December ۲۰۲۱. [In Persian]
Kargar Sharifabad, H., Jalilian, M. (۲۰۱٦). Energy rating of residential buildings in the city of Qom according to the national standard and the effect of several factors affecting it. Modares Mechanical Engineering, ۱٦(۱), ۳٦۱-۳٦٤. [In Persian]
Kazemi, M. (۲۰۱۸). Strategies to improve buildings energy efficiency. Quarterly Journal of Sofeh, ۷۹, ۳۷–٤٦. [In Persian]
Kazemi, M., Kazemi, A. (۲۰۲۲). Investigating sustainable behavior and related factors in the Tehran stores. Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research, ۸(۲). [In Persian]
Kazemi, M., Namazi, H. (۲۰۱٦). Social barriers to residential buildings energy efficiency in Iran. Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research, ۲(۳), ۱٦۹–۱۹٦. [In Persian]

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-10]