چارچوبی جهت تحلیل عوامل رفتاری مؤثر ساکنان ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی

سهراب رضایی[1]، علی شرقی[2] و قاسم مطلبی[3]

چکیده: امروزه بهره‌گیری از راهکارهای فناورانه و طراحی معماری غیر فعال جهت شکل‌گیری ساختمان‌های مسکونی بهره‌ور در مصرف انرژی توسعه یافته است؛ با این‌حال، کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها در حد انتظار به نظر نمی‌رسد. چرایی بروز این مسأله، با ماهیت پیچیده رفتار ساکنان آن‌ها در مصرف انرژی پیوند می‌یابد که عامل مهمی جهت مرتبط ساختن خلأ بین میزان مصرف انرژی پیش‌بینی‌شده و واقعی در ساختمان‌های مسکونی است. این پژوهش با توصیف و تحلیل پیشینه موضوع، به تعریف و توصیف رفتار ساکنان و تأثیر آن در میزان مصرف انرژی، شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر آن و ارائه چارچوبی برای تبیین فرآیند شکل‌گیری رفتار ساکنان مبتنی بر عوامل شناسایی‌شده؛ به منظور ترغیب ساکنان ساختمان‌های مسکونی بر بروز رفتارهای مرتبط با حفظ انرژی (رفتار پایدار) به‌واسطه محرک‌ها (عوامل مؤثر) پرداخته است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که عوامل اقلیمی، عوامل کالبدی، عوامل فردی- اجتماعی، عوامل زمینه‌ای و عوامل اقتصادی در شکل‌گیری رفتار ساکنان در مصرف انرژی مؤثرند. همچنین، در پژوهش حاضر با تلفیق نظریات مرتبط با محیط فیزیکی (چارچوب چهارگانه محرک‌ها- نیازها- کنش‌ها- سیستم‌ها) و محیط روانی- اجتماعی (نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده) و نظریه شناختی- اجتماعی (جهت پیوند عوامل محیطی، فردی و رفتاری)، عوامل محیط فیزیکی (کالبدی، طبیعی) و فردی- اجتماعی شناسایی شده در قاب واحدی متحد شده‌اند و به تشریح نقش آن‌ها در فرآیند شکل‌گیری عوامل رفتاری مؤثر ساکنان ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی در قالب چارچوب پیشنهادی تحقیق پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: رفتار ساکنان، مصرف انرژی، ساختمان‌های مسکونی، عوامل کالبدی، عوامل فردی- اجتماعی.

1 دانشجوی دکتری معماری، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

2 استادیار، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) sharghi@sru.ac.ir

3 دانشیار، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

1– مقدمه

امروزه محیط زیست، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، معماری پایدار و به تبع آن توسعه پایدار به یکی از دغدغه‌های اصلی پژوهش‌گران و معماران به‌ویژه در زمینه ساختمان‌های مسکونی تبدیل شده است. طراحان ساختمان‌های مسکونی جهت پاسخ به این مسأله، عمدتا از راهکارهای فناورانه و طراحی معماری غیر فعال (منفعل) بهره برده‌اند؛ اگرچه بهره‌گیری از این راهکارها در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده است؛ اما کاهش مصرف انرژی در حد انتظار به‌نظر نمی‌رسد (D'Oca et al, 2017a; Delzende et al, 2017; Hong et al, 2017; Stazi et al, 2017). بنابرپیشینه موضوع، یکی از مهم‌ترین موانع در بهینه‌سازی مصرف انرژی، فقدان اطلاعات کافی در مورد میزان مصرف واقعی انرژی در ساختمان‌هاست؛ تفاوت مستمر و قابل‌ملاحظه بین میزان مصرف انرژی پیش‌بینی شده (در مرحله طراحی و قبل از بهره‌برداری) و مصرف واقعی انرژی (پس از بهره‌برداری) در ساختمان‌ها بر این موضوع صحه می‌گذارد (Buso et al, 2015).

پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که دست‌یابی به راهکارهای شکل‌گیری ساختمان‌های بهره‌ور در مصرف انرژی با تلفیق‌سازی ماهیت پیچیده و متنوع رفتار ساکنان آن‌ها پیوند می‌یابد و این امر عامل مهمی برای مرتبط ساختن خلأ بین میزان مصرف انرژی پیش‌بینی شده و مصرف واقعی در ساختمان‌هاست (D'Oca et al, 2017a; Hong et al, 2016). تعامل ساکنان ساختمان‌های مسکونی با عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی ساختمان، شاملِ باز یا بسته کردن پنجره‌ها، روشن، خاموش و یا تنظیم نمودن میزان نور مصنوعی، کشیدن و یا برداشتن سایبان‌های داخلی و خارجی، روشن، خاموش و یا تنظیم دستگاه تهویه مطبوع، تنظیم دمای ترموستات، پوشیدن لباس، حرکت و جابه‌جا شدن در فضا می‌تواند برمیزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها تأثیرگذار باشد (Hong et al, 2017)؛ ازاین‌رو، تبیین فرآیند شکل‌گیری رفتار ساکنان، به‌منظور ترغیب ساکنان بر بروز رفتارهای مرتبط با حفظ انرژی به‌واسطه محرک‌ها (عوامل مؤثر) می‌تواند نقش بسیار مهمی در طراحی ساختمان‌های مسکونی با مصرف انرژی پایین داشته باشد. با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ساختمانی، طراحی معماری غیر فعال، نگهداری سیستم‌های ساختمانی و به‌ویژه اصلاح رفتار ساکنان در مصرف انرژی (رفتارِ پایدار)، دست‌یابی به ساختمان‌هایِ بهره‌ور در مصرف انرژی دور از انتظار نیست.

این پژوهش با توصیف و تحلیل پیشینه موضوع، در پی تعریف و توصیف رفتار ساکنان و تأثیر آن در میزان مصرف انرژی، شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر آن و ارائه چارچوبی جهت توضیح فرآیند شکل‌گیری رفتار ساکنان مبتنی بر عوامل شناسایی شده؛ به منظور ترغیب ساکنان ساختمان‌های مسکونی بر بروز رفتارهای مرتبط با حفظ انرژی به‌واسطه محرک‌ها (عوامل مؤثر) است. در تحقیق حاضر، ابتدا به تعریف و توصیف رفتار ساکنان در مصرف انرژی پرداخته شده است؛ در ادامه رابطه بین رفتار ساکنان و میزان مصرف انرژی تشریح شده است؛ سپس نتایج پژوهش‌های مرتبط با موضوع، به‌منظور استخراج عوامل مؤثر بر شکل‌گیری رفتار ساکنان در مصرف انرژی و نحوه تحلیل و مدل‌سازی آن‌ها در ساختمان‌های مسکونی مورد بررسی قرار گرفته است؛ در آخر نیز بر اساس تحلیل و تفسیر نتایج حاصل از مراحل پیشین، به تدوین چارچوب پیشنهادی پژوهش پرداخته شده است.

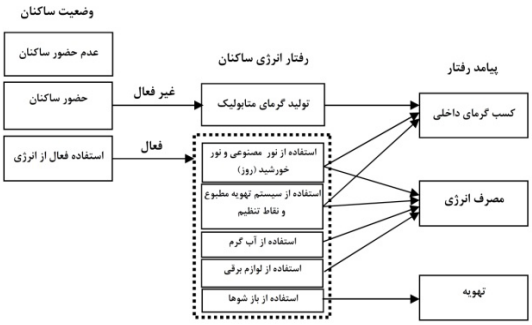
1-1-پیشینه پژوهش

1-1-1-رفتار ساکنان در مصرف انرژی

پیشینه تحقیق نشان می‌دهند که مؤلفه‌های انسانی می‌توانند به میزان پیشرفت‌های فناورانه در بهره‌وری مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی تأثیرگذار باشند. طراحان ساختمان، مجریان، مدیران، مهندسان، صنعت‌گران، فروشندگان، سیاست‌گذاران و به‌ویژه ساکنان و رفتار آن‌ها در مصرف انرژی، مؤلفه‌های انسانی سهیم در شکل‌گیری ساختمان‌های بهره‌ور در مصرف انرژی هستند (D'Oca et al, 2017a).

رفتار ساکنان در مصرف انرژی به معنای تعامل افراد با عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی ساختمانی برای بهبود شرایط محیط داخلی و کسب آسایش حرارتی، بصری و شنیداری، از طریق استفاده از بازشوهای ساختمان (باز یا بسته نمودن پنجره‌ها)، بهره‌گیری از نور روز (کشیدن و یا برداشتن سایبان‌های داخلی و خارجی)، نور مصنوعی (روشن، خاموش و یا تنظیم نمودن میزان نور مصنوعی)، استفاده از سیستم تهویه مطبوع (روشن،

خاموش و یا تنظیم دستگاه تهویه مطبوع، تنظیم دمای ترموستات)، استفاده از آب گرم و لوازم الکتریکی است (Delzende et al, 2017; Hong et al, 2017). هدف اصلی پژوهش‌های مرتبط با رفتار ساکنان در حوزه انرژی، تبیین رفتار ساکنان به‌عنوان عاملی مؤثر در میزان مصرف انرژی است که این امر سبب مرتبط شدن خلأ بین مصرف انرژی پیش‌بینی شده و واقعی در ساختمان می‌شود (Hong et al, 2017, 2)؛ در واقع، رفتار ساکنان باعث ایجاد عدم قطعیت در تخمین میزان مصرف انرژی شده است (Yan et al, 2015). همان‌طور که تصویر1 نمایش می‌دهد مصرف انرژی در ساختمان‌ها تنها از رفتار غیر فعال ساکنان (تولید گرمای متابولیک) که محققان صرفا از آن برای پیش‌بینی میزان مصرف انرژی در برنامه‌های شبیه‌ساز انرژی بهره برده‌اند متأثر نمی‌شود؛ بلکه رفتار فعال ساکنان تأثیر به سزایی در میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها دارد (Delzende et al, 2017, 1065).



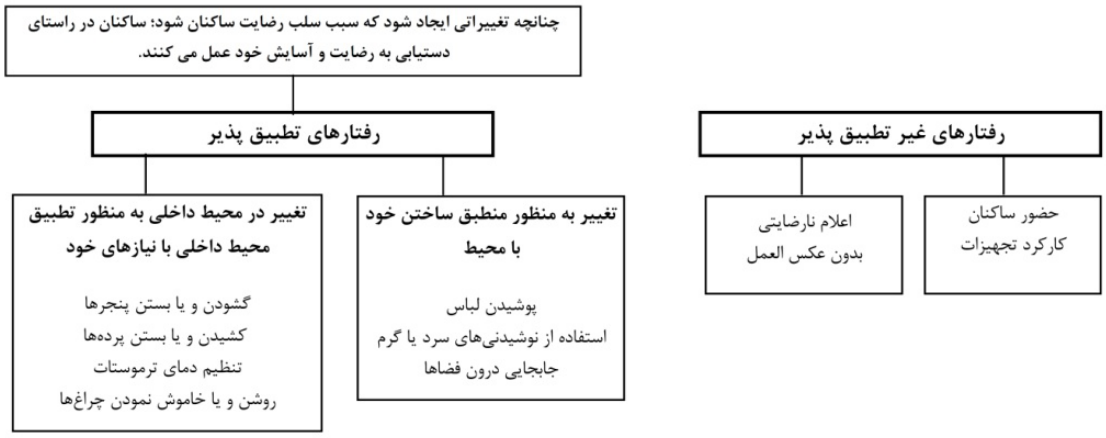
شکل1- عوامل رفتاری مؤثر ساکنان بر میزان مصرف انرژی (Delzende et al, 2017, 1065)

Fig.1-Occupants' types of activities affecting building energy consumption (Delzende et al, 2017, 1065).

پیشینه پژوهش بیانگر آن است که تفاوت در رفتار ساکنان می‌تواند تا سه برابر در میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها مشابه تأثیرگذار باشد (Bahaj and James, 2007; Maier et al, 2009; Sonderegger, 1978). اگرچه رفتار ساکنان یکی از مؤلفه‌های اصلی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها است و محققان به نقش آن اذعان داشته‌اند؛ ولی مطالعات اندکی به ارزیابی نقش آن پرداخته‌اند و کمی نمودن تأثیر رفتار ساکنان بر میزان مصرف انرژی همواره چالش پیش‌روی پژوهشگران بوده است (Hong et al, 2017; Lopes et al, 2012). چن[1] و همکاران (2015, 2)عوامل رفتاری مؤثرِ ساکنان ساختمان‌های مسکونی را به سه سطحِ ساده، متوسط و پیچیده تقسیم‌بندی نمودند. این سه سطح به ترتیب بر اساس اهداف تحقیق بر تجزیه‌وتحلیل آماری، بررسی نمونه موردی و شبیه‌سازی دقیق مبتنی است. در تجزیه‌وتحلیل آماری عوامل اندکی مرتبط با جدول زمانی حضور ساکنان در فضا و استفاده از سیستم‌های ساختمانی تعریف می‌شود. در سطح متوسط با تعریف عوامل بیشتر، کارایی جدول زمانی حضور ساکنان و نقطه تنظیم سیستم‌های ساختمانی برای نمونه‌های مورد مطالعه ارزیابی می‌شود. در سطح سوم زیر مؤلفه‌ها برای توضیح جدول زمانی، نقاط تنظیم و عوامل کنترل سه نوع از رفتار ساکنان، شاملِ حضور، کارکرد سیستم‌های ساختمانی و کارکرد پنجره‌ها و سایبان‌های داخلی و خارجی تعریف می‌شوند.

از نظر هنگ[2] و همکاران (2017, 2) رفتار ساکنان در مصرف انرژی به دو گونه مجزای رفتارهای تطبیق‌پذیر (فعال) و رفتارهای غیر تطبیق‌پذیر (غیر فعال؛ منفعل) طبقه‌بندی می‌شوند (شکل 2). چنان‌چه تغییراتی در فضای داخلی رخ دهد که موجب سلب رضایت ساکنان شود؛ ساکنان در جهت دست‌یابی به رضایت و آسایش خود رفتار می‌کنند. رفتارهای تطبیق‌پذیر ساکنان به دو شکل نمود می‌یابد؛ از یک‌سو افراد محیط داخلی را طبق نیازها و ترجیحات خود تغییر می‌دهند (انعطاف‌پذیری محیط) که این تغییرات شامل گشودن و یا بستن پنجره‌ها، کشیدن و یا بستن سایبان‌های داخلی و خارجی، تنظیم دمای ترموستات، تنظیم میزان روشنایی مصنوعی می‌شود؛ از سویی دیگر ساکنان خود را با محیط منطبق می‌سازند (تطبیق‌پذیری ساکنان) که این امر مشتمل بر پوشیدن لباس، حرکت و جابه‌جا شدن داخل فضا است.

رفتارهای غیر تطبیق‌پذیر شاملِ حضور ساکنان در فضا، کارایی تجهیزات الکتریکی و همچنین اعلام نارضایتی به مدیران ساختمان است که می‌توانند در میزان مصرف نهایی انرژی تأثیرگذار باشند. علاوه‌براین، ساکنان ممکن است در شرایطی که به تجهیزات مناسبی در جهت آسایش و راحتی خود دسترسی ندارند؛ هیچ‌گونه رفتاری از خود نشان ندهند و یا به‌طور آگاهانه وضعیت محیط داخلی را نادیده گرفته و شرایط موجود را بپذیرند (Hong et al, 2017, 3).



شکل2- عوامل رفتاری ساکنان که آسایش و میزان مصرف انرژی در ساختمان را متأثر می‌سازند (Hong et all, 2017, 3).

Fig.2- Energy-related Occupant Behavior influencing building energy consumption and comfort (Hong et all, 2017, 3).

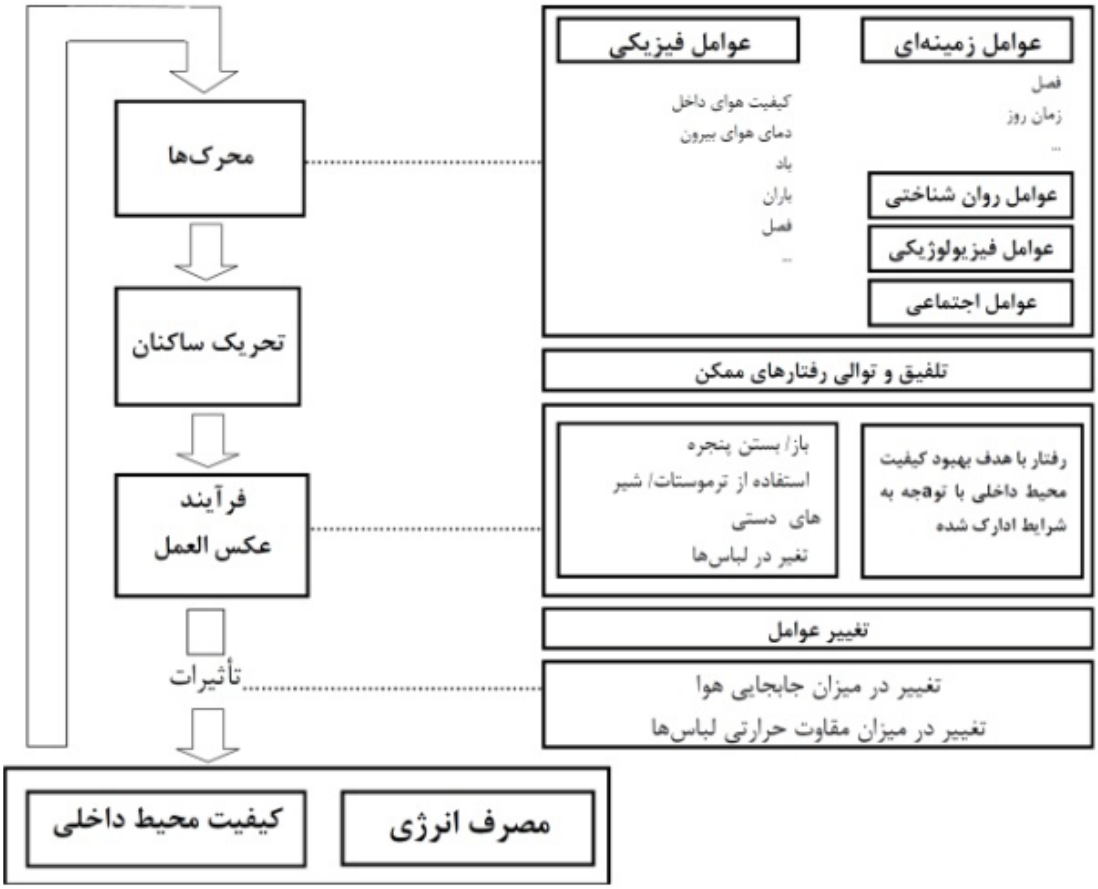
2-1-1-تأثیر رفتار ساکنان بر میزان مصرف انرژی

پیشینه پژوهش حاکی از آن است که رفتار ساکنان در مصرف انرژی به همراه پنج عامل دیگر اقلیم، پوشش (پوسته) ساختمان، سیستم‌های مرتبط با مصرف انرژی در ساختمان، معیارهای طراحی داخلی، عملکرد ساختمان و نگهداری از آن، مؤلفه‌های مؤثر بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها هستند (Hong et al, 2016, 695).

همان‌گونه که تصویر3 نمایش می‌دهد محرک‌ها (عوامل مؤثر) و یا ترکیبی از آن‌ها رفتار ساکنان در مصرف انرژی را متأثر می‌سازند که این تأثیرگذاری صرفا بر شکل‌گیری یک نوع رفتار نیست بلکه ممکن است چندین گونه رفتار را ترغیب و شکل دهند. رفتارهای ساکنان با یکدیگر تعاملِ متقابلی دارند و در اغلب موارد حد و مرز آن‌ها قابل تشخیص نیست. ساکنان با توجه به شرایط ادراک شده از محیط داخلی و با هدف رسیدن به آسایش حرارتی، بصری و شنیداری با عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی در ساختمان تعامل می‌کنند (انعطاف‌پذیری) و یا خود را با شرایط محیط تطبیق می‌دهند (تطبیق‌پذیری؛ تغییر در لباس‌ها). تعامل ساکنان با عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی می‌تواند، سبب تغییر در کیفیت محیط داخلی شود (Fabi et al, (2012, 190. به‌عنوان مثال، هنگامی‌که ساکنان پنجره‌ها را برای دست‌یابی به شرایط آسایش (به‌دلیل گرم بودن هوا و یا فقدان هوای تازه) و یا به‌دلیل محرک‌های زمینه‌ای (ورود اولیه به فضا) در زمستان می‌گشایند؛ اگرچه عمل (رفتار) گشودن پنجره‌ها منتج به تغییر در کیفیت محیط داخلی ساختمان و ایجاد آسایش حرارتی ساکنان می‌شود؛ اما افزایش میزان تهویه و جریان هوا باعث افزایش میزان مصرف انرژی گرمایشی می‌شود؛ بنابراین، هر یک از رفتارهای ساکنان بر کیفیت محیط داخلی تأثیرگذار بوده و به تبع آن مصرف انرژی متفاوتی خواهند داشت. همچنین، همان گونه که در شکل3 مشخص است فرآیند تأثیرپذیری رفتار ساکنان از محرک‌ها (عوامل مؤثر) تا بهبود شرایط داخلی محیط و میزان مصرف انرژی یک چرخه است؛ در حقیقت، تغییراتی که به سبب تعامل ساکنان با عناصر و سیستم‌های ساختمانی در کیفیت محیط داخلی رخ می‌دهد خود می‌توانند محرکی برای شکل‌گیری رفتار (یا رفتارهای) دیگر باشد.

تأثیر رفتار ساکنان بر میزان مصرف انرژی از دو روشِ مقایسه میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های مشابه با رفتارهای متنوع و وارد نمودن رفتارهای متفاوت ساکنان به برنامه‌های شبیه‌سازی کارکرد ساختمان (BPS)[3] قابل کمی‌سازی است. هر دو نوعِ ارزیابی مستقیم تأثیرات رفتاری و شبیه‌سازی مدل‌های رفتاری با روش‌های پیچیده جمع‌آوری داده‌ها پیوند می‌یابند (Hong et al, 2017, 4). تغییر در میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی از طریق رفتار ساکنان پدیده‌ای بین‌المللی بوده و حد و مرز جغرافیایی ندارد (Fabi et al, 2012).

همان گونه که پیشتر نیز بیان شد، یکی از راهکارهای اصلی صحه گذاشتن بر نقش رفتار ساکنان بر میزان مصرف انرژی، مقایسه مصرف انرژی در ساختمان‌های



شکل3- فرآیند تأثیرپذیری رفتار ساکنان از محرک‌ها (عوامل مؤثر) تا میزان مصرف انرژی و کیفیت محیط داخلی (Fabi et al, 2012, 190)

Fig. 3-Flux diagram: from drivers to energy consumption and indoor environment quality (Fabi et al, 2012, 190).

مشابه است(Fabi et al, 2012, 191) . سولوکو[4] (1978) میزان مصرف انرژی در 28 ساختمان مسکونی مشابه را ارزیابی نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مصرف انرژی در هر ساختمان نسبت به دیگری وجود دارد. سوندرگر[5] (1978) میزان مصرف گاز برای گرمایش را در 205 ساختمان مسکونی مشابه را مورد بررسی قرارداد. نتایج پژوهش وی بیانگر آن بود که میزان مصرف گاز در بالاترین سطح خود سه برابر بیشتر از کمترین میزان مصرف است. در این تحقیق 54 درصد از تغییرات مصرف گاز توسط مشخصه‌های طراحی ساختمان (تعداد اتاق‌ها، مساحت پنجره‌ها) توضیح داده شد و 46 درصد آن بدون توضیح باقی ماند. در ادامه آنان با مقایسه تغییرات در مصرف گاز بین دو فصل گرم بین ساکنانی که جابه‌جا شدند و ساکنانی که بدون تغییر مکان در همان ساختمان‌ها باقی ماندند؛ دریافتند که 71 درصد از تغییرات (واریانس) توضیح داده نشده، مربوط به رفتار ساکنان در مصرف انرژی بوده است.

گارتلند[6] و همکاران (1993) به مدت پنج سال میزان مصرف انرژی در چهار ساختمان مسکونی با طراحی یکسان که در ا ین بین دو ساختمان بهتر عایق‌بندی شده بودند را ارزیابی نمودند. در این پژوهش، مقایسه میزان مصرف انرژی گرمایشی حاکی از مصرف بیشتر انرژی در دو ساختمان با عایق‌بندی مطلوب‌تر بود؛ در واقع، اگرچه میزان نفوذپذیری کم از طریق عایق‌بندی مناسب موجب حفظ انرژی شده است؛ اما تأثیر رفتار ساکنان در مصرف انرژی را به‌دلایل روان‌شناختی افزایش داده است.

جودیس[7] و همکاران (2009) میزان مصرف انرژی برای گرمایش فضاها و گرم نمودن آب در 2280 ساختمان مسکونی مشابه را مورد مقایسه قراردادند. یافته‌های این تحقیق نشان‌گر آن بود که نسبت بین بالاترین و پایین‌ترین سطح مصرف انرژی بین 1.22 تا 1.7 است.

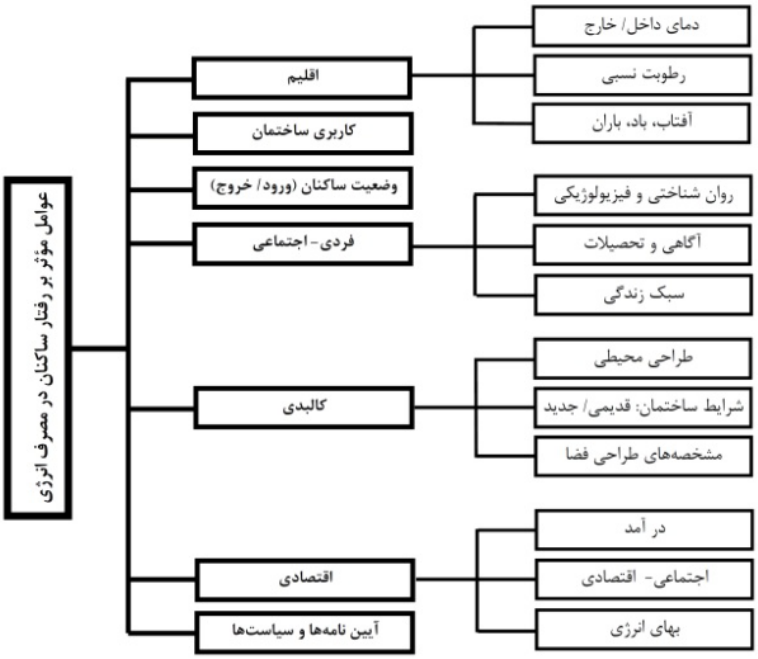
آنان بیان داشتند که این امر متأثر از طراحی اولیه و ساختار متفاوت این ساختمان‌ها است؛ ولی از تفاوت الگوهای رفتاری ساکنان سخنی به میان نیاوردند. از نظر فابی[8] (2012) در این پژوهش اگرچه تفاوت ساختار ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف متفاوت تأثیرگذار بوده است؛ اما به نظر می‌رسد که تأثیر رفتار متنوع ساکنان بر میزان مصرف با اهمیت‌تر بوده است.
مایر[9] و همکاران (2009) میزان مصرف انرژی در 22 ساختمان مسکونی مشابه را طی دو سال سنجیدند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که از میان 12 ساختمانی که به شکل یکسانی تهویه می‌شدند؛ میزان بالاترین مصرف 2.84 برابر بیشتر از پایین‌ترین سطح مصرف بود. ساختمانی که پایین‌تری ن مصرف را داشت، کمترین میانگین دمای داخلی در آن مشاهده گردید، که این امر بر رفتار حفظ انرژی ساکنان با پایین آوردن درجه حرارت در فصول گرم سال دلالت دارد.

1-1-3-عوامل مؤثر بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی

پژوهش‌های انجام شده در حیطهٔ تأثیر رفتار ساکنان بر مصرف انرژی به عوامل مؤثر متفاوتی در شکل‌گیری این رابطه اشاره دارند. استج[10] و ولک (2009, 311) در تحقیقی مروری در زمینه رفتارهای دوست‌دار محیط[11]، به طورکلی و بدون در نظر گرفتن کاربری خاص، عوامل مؤثر بر رفتارهای دوست‌دار محیط را به سه مؤلفهٔ عوامل انگیزشی (هزینه و درآمد، دغدغه‌های اخلاقی و هنجاری، احساسات)، عوامل زمینه‌ای و عادات طبقه‌بندی نمودند. عادات معمولا از طریق الگوهای رفتاری که مکررا رخ می‌دهد شکل می‌گیرند و سبب تکرار رفتار در هر مکان و شرایطی می‌شود (Steg and Vlek, 2009).
کوریسو [12](2015) عوامل روان‌شناختی (هنجار، نگرش، احساسات و بی‌نظمی شناختی)، هزینه و درآمد، دانش، عوامل جمعیت‌شناختی (جنس، سن، تحصیلات و درآمد، شخصیت) و عوامل موقعیتی را از عوامل مؤثر بر رفتارهای دوست‌دار محیط برشمرد. از نظر فابی و همکاران (2012, 189) عوامل مؤثر بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی (باز یا بسته نمودن پنجره‌ها) مشتمل بر پنج مؤلفه عوامل محیطی (دما، رطوبت و...)، عوامل زمینه‌ای (جهت‌گیری ساختمان، عایق‌بندی و...)، عوامل روان‌شناختی (نیاز به خلوت، دید و منظر)، عوامل فیزیولوژیکی (سن، جنس و...) و عوامل اجتماعی است. پنگ[13] و همکاران (2012) عوامل مؤثر بر رفتار ساکنان را در سه دسته کلیِ عوامل مرتبط با محیط (رفتارها از عوامل محیطی متأثر می‌شوند). عوامل مرتبط با زمان (رفتارها در زمان‌های خاصی تکرار می‌شوند) و عوامل تصادفی (نامعلوم و غیرقابل سنجش) تقسیم‌بندی نمودند.
اخیرا دل‌زنده[14] و همکاران (2017, 1068-1066) با مروری بر پژوهش‌های متعدد انجام‌شده تمامی عوامل مطروحه مؤثر بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی را در قاب واحدی متحد ساختند و این عوامل را تحت عناوینِ عوامل اقلیمی، کاربری ساختمان، وضعیت ساکنان (در حال ورود یا خروج) عوامل فردی- اجتماعی، عوامل کالبدی، عوامل اقتصادی و آیین‌نامه‌ها و سیاست‌ها طبقه‌بندی نمودند (شکل4) که در ادامه به تشریح آنها پرداخته شده است.

1-1-3-1- عوامل اقلیمی

عوامل اقلیمی (محیطی، فیزیکی) چون دمای خارج، رطوبت نسبی، تابش خورشیدی (نور روز)، باد و باران مؤلفه‌های مهمی هستند که تعامل افراد با سیستم‌های ساختمانی را جهت نیل به آسایش حرارتی متأثر می‌سازند. پژوهش‌های فراوانی در زمینه رفتار ساکنان انجام گرفته است که دراین‌باره به نقش عوامل اقلیمی بر تغییر رفتار ساکنان و به تبع آن میزان مصرف انرژی تأکید دارند (Kavousian et al, 2013; Rijal et al, 2015; Wang et al, 2015; Yao and Zhao, 2017).
عوامل اقلیمی با زمان و تاریخ (ساعات روز، فصل‌ها) پیوند می‌یابند؛ بنابراین، در بسیاری از مطالعات از مدل‌های تصادفی جهت توضیح نقش آن‌ها بهره گرفته شده است. در این‌گونه پژوهش‌ها، عمدتا از روش‌های مشاهده میدانی رفتار ساکنان و روش پیمایش طولی (در طول فواصل زمانی متفاوت) استفاده شده است. همچنین، پیشینه تحقیق حاکی از آن است که محققان به بررسی نقش عوامل اقلیمی بر رفتار ساکنان بیش از سایر عوامل پرداخته‌اند (Delzende et al, 2017, 1065).
فابی و همکاران (2012, 189) متغیرهای مطروحه را تحت عنوان مؤلفه‌های محیط فیزیکی نام‌گذاری نمودند که عواملی چون دما، رطوبت، سرعت باد، سر و صدا، نور و رایحه را شامل می‌شود.



شکل4- عوامل و زیر عوامل مؤثر بر رفتار ساکنان درمصرف انرژی (Delzende et al, 2017, 1067)

Fig. 4-Factors and sub-factors influencing energy behaviour of occupants (Delzende et al, 2017, 1067).

1-1-3-2- کاربری ساختمان

کاربری ساختمان‌ها، نوع فعالیت‌ها، نوع لباس پوشیدن، میزان حرارت تولیدشده توسط متابولیسم بدن همراه با نیازهای ویژه ساکنان، انتظارات و چگونگی تعامل افراد با سیستم‌های ساختمانی را تعیین می‌کند (Delzende et al, 2017, 1067). پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که عمده پژوهش‌ها به‌ترتیب به ساختمان‌های مسکونی (Cali et al, 2016; Chen et al, 2015; Martinaitis et al 2015; Fabi et al, 2013) و ساختمان‌های اداری معطوف شده‌اند و این امر ریشه در سهم قابل‌ملاحظه کاربری‌های مسکونی و اداری در مصرف انرژی در مقایسه با سایر کاربری‌های تجاری، درمانی و نمایشگاهی دارد. تحقیق حاضر صرفا به کاربری مسکونی متمرکز است؛ بنابراین، این عاملِ مؤثر بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی از پیش تعیین شده است.

1-1-3-3- عوامل فردی- اجتماعی

عوامل فردی- اجتماعی (روان‌شناختی، فیزیولوژیکی) نقش به‌سزایی بر آسایش ساکنان و نگرش آنان در مصرف انرژی دارند. دغدغه ساکنان نسبت به مسأله انرژی، جنسیت، سن، وضعیت شغلی، بعد خانوار و تعلق اجتماعی- فرهنگی از جمله عواملی هستند که رفتار ساکنان در مصرف انرژی را متأثر می‌سازند (Martinaitis et al, 2015. جاندا2011)[15] نیز تحصیلات و افزایش آگاهی را از عوامل مؤثر برشمرد. پیشینه تحقیق بیانگر آن است که اکثر پژوهش‌هایی که به سنجش عوامل فردی- اجتماعی پرداخته‌اند، این دو عامل را با استفاده از نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده[16] (Azjen, 1991) و نظریه شناختی- اجتماعی[17] (Bandura, 1986) تلفیق نموده‌اند. نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده به فرآیندهای شناختیِ متغیر، در تعامل فرد و محیط می‌پردازد و نظریه شناختی- اجتماعی عوامل محیطی (کالبدی، اجتماعی)، عوامل فردی و عوامل رفتاری را به یکدیگر پیوند می‌دهد. استج و ولک (2009, 311) بیان داشتند که عوامل انگیزشی یکی از عوامل مؤثر بر رفتارهای دوست‌دار محیط است و آن‌ها را به سه دسته هزینه و سود، دغدغه‌های اخلاقی و هنجاری و احساسات طبقه‌بندی نمودند. به‌نظر می‌رسد که عوامل انگیزشی نام‌برده توسط استج و ولک (2009) با عوامل فردی- اجتماعی مطروحه توسط دل‌زنده و همکاران (2017) هم‌پوشانی دارد.

ورده کوریسو (2015, 38-34) هنجارها، نگرش‌ها، احساسات و بی‌نظمی شناختی را در مقوله‌بندی عوامل روان‌شناختی مؤثر بر رفتارهای دوست‌دار محیط برشمرد. فابی و همکاران (2012, 189) مستقیما رفتار

ساکنانِ ساختمان‌های مسکونی در مصرف انرژی را مورد هدف قرار می‌دهند و بیان می‌دارند که ساکنان تمایل دارند جهت نیل به آسایش حرارتی، آسایش بصری، آسایش شنیداری، حریم و امنیت با عناصر و سیستم‌های ساختمانی تعامل کنند. از نظر وی عوامل روان‌شناختی مؤثر بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی، دغدغه داشتن نسبت به مسائل مالی و محیطی، سطح آگاهی، عادات، سبک زندگی و ادراکات افراد هستند. مطالعات همچنین به نقش عوامل فیزیولوژیکی چون سن، جنس، وضعیت سلامتی، لباس، سطح فعالیت و کالری جذب‌شده از غذا و نوشیدنی‌ها تأکید دارند. این عوامل توأمان وضعیت فیزیولوژیکی ساکنان را شکل می‌دهند که می‌توانند بر رفتار آنان در مصرف انرژی تأثیرگذار باشند (Fabi et al, 2012, 189).

1-1-3-4- عوامل اقتصادی

آیین‌نامه‌های انرژی و عوامل اقتصادی چون بهای انرژی و وضعیت شغلی در مطالعات مختلفی مورد بحث بوده است (Hub, 2015; Martinatis et al, 2015.) تحقیقات نشان می‌دهند، زمانی‌که افراد به‌طور مستقیم ملزم به پرداخت هزینه‌های انرژی هستند رفتار صرفه جویانه‌تری دارند. یافته‌های پژوهش پارک و کیم[18] (2012)بیانگر آن بود که هزینه انرژی اصلی‌ترین عامل در رفتار بهره‌گیری ساکنان از فن‌های مکانیکی است و بدین سبب حتی افراد متقاعد به قرارگیری در آسایش کمتری هستند. رومرو و همکاران[19] (2013) نشان دادند که در شرایط آب و هوایی بسیار گرم، ساکنان کم درآمد به دلیل وضعیت نامناسب عایق‌های حرارتی ساختمان مصرف برق بیشتری برای خنک‌سازی فضای داخلی نسبت به سایرین دارند. لانگوین[20] و همکاران (2013) از طریق مصاحبه با ساکنان کم درآمد در ساختمان‌های عمومی دریافتند که تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای در رفتار مرتبط با مصرف انرژیِ ساکنان اجاره‌نشین و ساکنان تحت پوشش دولت وجود دارد.

1-1-3-5- وضعیت ساکنان (در حال ورود یا خروج)

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که ساکنان در بدو ورود به فضای داخلی تمایل بیش‌تری به تنظیم عناصر و سیستم‌های ساختمانی نسبت به لحظه ترک آن دارند (page et al, 2007; 2008; Rafsanjani and Ahn, 2016, Yun et al, 2008)؛ ازاین‌رو، تعدادی از مطالعات به مدل‌سازی و تبیین رابطه بین وضعیت ساکنان در حال ورود یا خروج و رفتار آن‌ها در مصرف انرژی پرداخته‌اند.

1-1-3-6- عوامل کالبدی

در این تحقیق برای شناخت جامع‌تر عوامل کالبدیِ مؤثر بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی و تعیین نقش آن‌ها، علاوه بر پژوهش‌های مرتبط با رفتار ساکنان در مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی، سایر کاربری‌ها (اداری، درمانی) نیز مورد بررسی قرارگرفته‌اند.

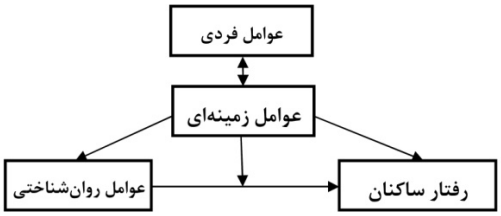
پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که تعدادی از محققان رابطه بین عوامل کالبدی (طراحی داخلی) و رفتار ساکنان در مصرف انرژی را مورد مطالعه قرار داده‌اند (Amheim, 2004, Augstin, 2009; Can, 2011; Delzende and Wu, 2017; Heydarian et al, 2015; O'Brien and Gunay, 2015; Yousefi et al, 2017). طراحی داخلی پایدار، اصول پایداری طراحی داخلی فضا را به‌عنوان بخشی از ساختار ساختمان در راستای صرفه‌جویی در مصرف انرژی توصیف می‌کند (Moxon, 2012) به نقل از (Delzende et al, 2017) این رویکرد، صرفا معطوف به بهره‌گیری از مصالح سبز و قابل بازیافت و عناصر و سیستم‌های بهینه‌ساز در مصرف انرژی است و به نقش طراحی داخلی بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی نمی‌پردازد (Lee et al, 2013 به نقل از Delzende et al, 2017). طراحی برای رفتارِ پایدار، اصطلاح دیگری است که از آن در پیشینه پژوهش برای تبیین چگونگی تأثیر طراحی داخلی بر ترغیب ساکنان بر بروز رفتارهای مرتبط با حفظ انرژی بهره برده شده است (Lilley, 2009; Wilson et al, 2013; Lockton et al, 2013).

بنابر آنچه که از پیشینه پژوهش بر می‌آید، مشخصه‌های طراحی داخلی فضا از دو رویه می‌تواند بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی مؤثر باشند؛ مشخصه‌هایی چون کیفیتِ بصری بازشوهای ساختمان (پنجره‌ها و درها)، جهت‌گیری ساختمان، رنگ، مصالح (Delzende et al, 2017; Delzende and Wu, 2017)، نور روز (Amundadottir et al, 2017; Andersen, 2015; Rockcastle, 2017; Rockastle et al, 2017; Rockastle et al, 2014)، نور مصنوعی (Stokkermanset al, 2018)، شکل و فرم فضا (Banaei et al, 2017) می‌توانند وضعیت روان‌شناختی،

ادراکی و فعالیت‌های مغزی (سنجش از طریق علوم عصب شناختی؛ سیگنال EEG) ساکنان را متأثر ساخته و سبب شکل‌گیری احساسات، ادراکات و نگرش‌های متفاوت آنان نسبت به چگونگی حس و حال فضا، آسایش (بصری، حرارتی، شنیداری)، سلامتی و در کل بهزیستی ساکنان در محیط شده و بر رفتار آنان در مصرف انرژی تأثیرگذار باشند؛ برای مثال، معیارهای معمارانه طراحی جداره‌های نور گذرِ (هندسه نما یا جداره، نسبت سطح بازشو به کل جداره و...) ساختمان‌های مسکونی می‌توانند الگوهای متفاوت نوری (سایه و روشن) را در فضای داخلی ایجاد نمایند؛ چنان‌چه این الگوها (طراحی نور روز) و حس و حال فضایی ادراک شده (کارایی ادراکی نور روز) منتج از آن هم‌راستا با فعالیت‌های فضای داخل، سلامتی (کارایی سلامت محور نور روز چون بهبود تنظیم چرخه شبانه‌روزی، ارتقای سطح هوشیاری ساکنان و...) و آسایش بصری (پرهیز از خیرگی) ساکنان باشد (در کل طراحی نور روز انسان‌محور باشد)، می‌تواند ساکنان را به برداشتن سایبان‌های داخلی (پرده‌ها) و یا خارجی و به‌تبع آن ورود و حضور بیشتر نور روز در فضای داخلی ترغیب نماید. از طرفی دیگر (رویه دوم)، چیدمان کالبدی فضا می‌تواند با تسهیل و کنترل فعالیت‌های فضا بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی مؤثر باشد(Delzende et al, 2017; Delzende and Wu, 2017). اگرچه محققان به نقش ویژگی‌های کالبدی ساختمان بر رفتارهای مرتبط با مصرف انرژیِ ساکنان اذعان داشته‌اند؛ اما همچنان پژوهش‌های اندکی به‌شکل تجربی و روش‌مند به توضیح نقش آن‌ها بر اصلاح رفتاری که ساکنان ساختمان‌های مسکونی در تعامل با عناصر و سیستم‌های ساختمانی از خود بروز می‌دهند، پرداخته‌اند.

به‌نظر می‌رسد که عامل مشخصه‌های معماری و طراحی داخلی مطروحه (عوامل کالبدی) توسط زنده دل و همکاران با مؤلفه‌ای که فابی و همکاران 2012)) و استیج و ولک (2009)آن‌ها را عوامل زمینه‌ای و کوریسو 2015)) آن‌ها را عوامل موقعیتی نامیدند، هم‌پوشانی دارد. از نظر فابی و همکاران (2012)میزان عایق بودن ساختمان، جهت‌گیری ساختمان، نوع سیستم گرمایشی، نوع سیستم ترموستات (دستی یا دارای قابلیت برنامه دهی) و غیره از عوامل زمینه‌ای هستند که می‌توانند بر رفتار ساکنان مؤثر باشند. از نظر (استیج و ولک 2009, 312)، عوامل زمینه‌ای از چهار رویه می‌تواند بر رفتار ساکنان مؤثر باشد (تصویر 5)؛ به طور مستقیم بر رفتار افراد تأثیرگذار باشد؛ رابطه عوامل زمینه‌ای با رفتار ساکنان ممکن است به‌واسطه میانجی‌گری عوامل روان‌شناختی شکل بگیرد؛ عوامل زمینه‌ای می‌توانند تعدیلگر رابطه بین عوامل روان‌شناختی و رفتار افراد باشند و همچنین، نقش عوامل زمینه‌ای بر رفتار ساکنان می‌تواند متأثر از پیوند آن‌ها با عوامل فردی باشد.

آجزن[21] (1991) در نظریه درک رفتار برنامه‌ریزی شده،



شکل5- مدل تأثیرگذاری عوامل زمینه‌ای بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی

Fig.5- The model of the effects of contextual factors on occupant energy behavior.

با معرفی عامل کنترل رفتار درک‌شده، به ادراک افراد از عوامل زمینه‌ای توجه ویژه‌ای دارد. نظریه رفتار برنامه ریزی شده وقوع یک رفتار خاص را پیش‌بینی می‌کند؛ منوط بر این که فرد قصد انجام آن‌را داشته باشد. طبق این مدل، قصد انجام یک رفتار توسط سه عاملِ نگرش فرد نسبت به رفتار (ارزیابی مثبت یا منفی در مورد انجام یک رفتار)، هنجارهای ذهنی (فشار اجتماعی درک شده توسط فرد برای انجام یا عدم انجام رفتار) و کنترل رفتاری درک‌شده (درجه‌ای از احساس فرد در مورد این امر که انجام یا عدم انجام یک رفتار تا چه حد تحت کنترل ارادی وی است)، پیش‌بینی می‌شود (شکل 8). عوامل مؤثر بر کنترل رفتاری درک‌شده شامل عوامل درونی (مربوط به شخص بوده و شامل مهارت‌ها، توانایی‌ها، اطلاعات و احساسات) و عوامل بیرونی (عوامل محیطِ طبیعی و کالبدی) است. همچنین، نورمان[22] (1998) از نظریه قابلیت گیبسون (1979) جهت تبیین آسانی و یا پیچیدگی تعامل افراد با عناصر و سیستم‌های کنترلی انرژی بهره برد. از نظر وی قابلیت در طراحی (بالقوه)، مشخصه‌هایی از سیستم‌های ساختمانی است که افراد به‌آسانی متوجه نحوه کاربرد و تعامل با آنها می‌شوند.

مالیتپوان[23] و همکاران (2016) در پژوهشی موردی و با بهره‌گیری از نظریه قابلیت گیبسون و نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده به‌شناسایی عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از نور مصنوعی در فضاهای مشاع بیمارستانی پرداختند. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که مشخصه‌های ظاهری و طراحی کلیدهای روشنایی (درک قابلیت کلیدهای روشنایی؛ بالقوه) با تأثیرگذاری بر عامل کنترل رفتار درک‌شده (درک آسانی و یا دشواری انجام رفتار) بر تعامل افراد با کلیدهای روشنایی و به‌تبع آن مصرف بهینه نور مصنوعی مؤثر است.

تعدادی از محققان به تفاوت بین رفتار ساکنان در ساختمان‌های قدیمی و جدید (یا مرمت شده) اذعان داشته‌اند (Agha-hossein et al, 2013; Ouf et al, 2016). گلدستین[24] و همکاران (2011) بیان می‌دارند که چیدمان فضا با برقراری ارتباط بین نوع فعالیت‌هایی که درون فضا رخ می‌دهد می‌تواند بر حضور ساکنان در آن تأثیرگذار باشد؛ از این رو، احتمال حضور ساکنان در مکانی خاص بر اساس کارکردهای متفاوت فضا می‌تواند شبیه‌سازی شود. همچنین، تحقیقات نشان می‌دهند که نحوه نورپردازی با میزان مصرف برق رابطه دارند(Heydarian et al, 2016; Gandhi et al, 2016). کارجلینن[25] (2016) معتقد است که با بهره‌گیری از راهکارهای ثابت طراحی (ساکنان امکان تغییر در سیستم‌های کنترلی انرژی را نداشته باشند) می‌توان تأثیر رفتار ساکنان در مصرف انرژی را پیش‌بینی و خنثی نمود؛ این در حالی است که برخی دیگر از محققان معتقدند که محیط ساخته‌شده با مشخصه‌های حرارتی ثابت مصرف انرژی بیشتری داشته و سبب کاهش آسایش حرارتی و نارضایتی ساکنان می‌شود (Zhu, 2016). یافته‌های تحقیق حیدریان و همکاران (2015) پیرامون بررسی نقش سیستم خودکار و یا دستی کلیدهای روشنایی مصنوعی و سایبان‌های داخلی در واقعیت مجازی (VR) نشان داد که چنانچه صرفا از سیستم نیمه خودکار برای کنترل سایبان‌های داخلی در فضای اداری استفاده شود، ساکنان به شکل معناداری بیشتر از زمانی که هر دو (کلیدهای روشنایی و سایبان‌های داخلی) نیمه خودکار باشند از نور طبیعی (نور روز) برای روشنایی فضا بهره می‌برند.

1-1-4- مدل‌سازی و تحلیل رفتار ساکنان در مصرف انرژی

پس از شناسایی عوامل مؤثر (محرک‌ها) بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی می‌توان رفتار ساکنان را مدل‌سازی، تحلیل و پیش‌بینی نمود. از نظر هنگ و همکاران (2015)، موجودیت رفتار ساکنان در مصرف انرژی را چارچوبی چهارگانه تحت عنوان DNAS[26] (محرک‌ها، نیازها، کنش‌ها، سیستم‌ها) که بر مبنای تئوری شناختی رفتاری شکل گرفته است هدایت می‌کند (شکل7). از نظر وی محرک‌ها ماهیتا بیولوژیکی (زیستی؛ جسمانی)، اجتماعی، محیطی (طبیعی، کالبدی) و اقتصادی هستند. نیازهای ساکنان مشتمل بر نیازهای زیستی (سلامتی، آسایش حرارتی، بصری و شنیداری) و نیازهای شناختی (ادراک حس و حال فضا، خلوت، امنیت و...) است. عامل سوم در این چارچوب، واکنشی است که ساکنان ساختمان برای برآورده ساختن نیازهای خود بروز می‌دهند. عامل چهارم، سیستم‌های ساختمانی است که ساکنان در راستای نیازهای خود با آن‌ها تعامل دارند. (هنگ و همکاران 2016, 697) به دو نوع مدل ضمنی و صریح به منظور مدل‌سازی رفتار ساکنان اشاره می‌کنند؛ مدل‌های ضمنی عوامل مؤثر بر رفتار ساکنان را شناسایی کرده و شرایط سیستم‌های ساختمان و یا احتمال وقوع رفتاری را پیش‌بینی می‌کند. در واقع مدل‌های ضمنی به‌جای بررسی مستقیم ساکنان، به سازوکارهای مرتبط با عناصر و سیستم‌های ساختمانی (پنجره، سایبان‌های داخلی و خارجی و...) و عوامل محیطی (طبیعی، کالبدی) می‌پردازند. این مدل‌ها شامل رگرسیون خطی و لوجستیک، معادلات احتمالی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌های برآمده از ساکنان هستند. مدل‌های صریح که بر مبنای یک رفتار مشاهده شده هستند؛ وضعیت سیستم‌های ساختمان و یا رفتار ساکنان را نمایش می‌دهند؛ در واقع، این مدل‌ها با قواعدی که مستقیما با ساکنان در ارتباط هستند سرو کار دارند. سه مدل صریح رایج رفتار ساکنان مشتمل بر زنجیره مارکف[26] یا مدل‌سازی بر مبنای عامل، فرآیند برنولی[27] و تجزیه و تحلیل بقا[28] است. تجزیه و تحلیل برنولی مستقل از حالت و یا وضعیت قبلی است (بدون حافظه و یا مستقل از حالت قبلی). نقطه قوت این روش در سادگیِ استفاده از آن است و نقطه ضعف آن عدم ارزیابی آسایش فردی و پیش‌بینی رفتار افراد است. روش زنجیره مارکف وابسته به حالت قبلی است؛ ازین‌رو، می‌تواند در نمایش حرکت

ساکنان در فضا استفاده شود. همچنین، روش تحلیل بقا، یک رویکرد پیوسته زمانی است که محققان از آن جهت تخمین زمان به وقوع پیوستن رفتار بهره می‌برند (Hong et al, 2016, 697).

همان‌گونه که پیش‌تر بیان گشت، رفتار ساکنان با تأثیر پذیری از عوامل متعددی شکل می‌گیرد. نتایج تحقیق لی[29] و همکاران (2014) پیرامون کارکرد تهویه مطبوع و پنجره‌ها نشان داد که چنان‌چه ساکنان احساس گرفتگی هوا و یا گرما نمایند احتمالا پنجرها را باز می‌کنند؛ از این‌جهت، عملکرد پنجره‌ها می‌تواند با دما و کیفیت هوای داخل پیوند یابد. در کنار این عوامل، عملکرد پنجره‌ها ممکن است از عادات روزمره ساکنان متأثر شود که فارغ از عوامل محیط کالبدی و محیط طبیعی (اقلیمی) است. پیشینه پژوهش در زمینه مدل‌سازی رفتار ساکنان در مصرف انرژی نشان می‌دهد که محققان عمدتا به سنجش رابطه عوامل محیط طبیعی با رفتار ساکنان پرداخته‌اند؛ درحالی‌که از بررسی رابطه محیط کالبدی (عوامل کالبدی) و وارد نمودن صریح و آشکار آن‌ها در مدل‌سازی رفتار ساکنان مغفول مانده‌اند. یان[30] و همکاران (2015, 271) به دو رویکرد جهت توضیح رابطه عوامل زمینه‌ای (عوامل کالبدی) با رفتارهای مرتبط با مصرف انرژی اشاره می‌کنند؛ رویکرد اول مبتنی بر متحد ساختن تمامی عوامل با یکدیگر در یک معادله واحد است؛ در رویکرد دوم رابطه عوامل مؤثر به شکل مستقل ارزیابی می‌گردد. پیشینه مدل‌سازی رفتار ساکنان حاکی از آن است که اغلب پژوهش‌ها صرفا به مدل‌سازی یک نوع رفتار پرداخته‌اند؛ درحالی‌که فرصت‌های گسترده‌ای برای بروز چندین رفتار متوالی از جانب ساکنان وجود دارد؛ برای مثال در شرایطی ممکن است دو نوع رفتارِ گشودن پنجره‌ها برای کوران هوا و یا کشیدن سایبان‌های داخلی برای کاستن جریان هوا از پنجره گشوده شده، بروز یابد. زمانی‌که پژوهش‌ها معطوف به مطالعه چند نوع رفتار هستند یک لایه مدل دیگر برای تفسیر چگونگی تلفیق رفتارها با یکدیگر لازم است. چنین مدل‌های در پیشینه تحقیق کمتر دیده می‌شود؛ درحالی‌که این نوع مدل‌ها عامل مهمی در تبیین رفتار ساکنانی که چندین نوع رفتار را برای بهبود محیط داخلی از خود بروز می‌دهند به‌شمار می‌روند.

2- روش تحقیق

این تحقیق با رویکردی توصیفی- تحلیلی به مرور پیشینه موضوعِ رفتار ساکنانِ ساختمان‌های مسکونی و میزان مصرف انرژی در دو حیطه مرتبط با مطالعات محیط (کالبدی، طبیعی) و رفتار و روان‌شناسیِ اجتماعی و رفتار پرداخته است. در پژوهش حاضر کتاب‌ها و تحقیقات مروری مرتبط با موضوع (مبانی نظری) و پژوهش‌های تجربی (مبانی پژوهشی) که اغلب از نوع همبستگی و شبیه‌سازی بوده و به ارزیابی رابطه بین رفتار ساکنان و مصرف انرژی و عوامل مؤثر بر تعامل ساکنان با عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی معطوف گشته‌اند، بررسی شده است. لازم به‌ذکر است که اغلب پژوهش‌های مروری در این زمینه، به‌طورکلی و بدون در نظر گرفتن یک کاربری خاص (برای مثال: مسکونی، اداری و یا درمانی) ولی با تأکید بر این موضوع که ساکنان مالکیت و کنترل فضا را در اختیاردارند (این امر بدین دلیل قابل اهمیت است که برای مثال ممکن است شخص در یک فضای اداری اجازه و یا امکان باز و یا بسته کردن پنجره را نداشته باشد) به تعریف و توصیف رفتار ساکنان در مصرف انرژی پرداخته‌اند؛ بنابراین، در این پژوهش ابتدا با مرور این مطالعات پایه‌ای رفتار ساکنان در مصرف انرژی توصیف و به تشریح رابطه رفتار ساکنان (بدون در نظر گرفتن نوع ساکنان: خردسال، میان‌سال، سالمند) با میزان مصرف انرژی و عوامل مؤثر بر شکل‌گیری آن پرداخته شده است؛ سپس تحقیق صرفا به حیطه کاربری مسکونی متمرکز گشته و نتایج حاصل از مراحل پیشین توصیف و تحلیل شده و در آخر به شکل چارچوب پیشنهادی پژوهش ارائه شده است.

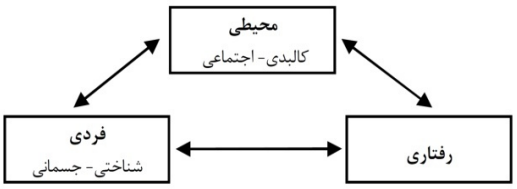
3- نتایج و بحث

همان‌گونه که پیشینه پژوهش نشان می‌دهد، رفتار ساکنان در مصرف انرژی پدیده‌ای پیچیده و متنوع است که از طریق تعامل افراد با عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی ساختمان جهت نیل به سلامتی، آسایش حرارتی، بصری و شنیداری، بهبود حس و حال فضا، حفظ حریم، امنیت و... نمود می‌یابد. رفتار ساکنان در مصرف انرژی از مؤلفه‌های متعدد اقلیمی، کالبدی، فردی- اجتماعی، زمینه‌ای و اقتصادی متأثر می‌شود؛

ازاین‌رو، محققان می‌توانند با مطالعات بین‌رشته‌ای، مؤلفه‌های مؤثرِ نام برده را در چارچوبی واحد متحد ساخته و با ایجاد انگیزش، تغییر نگرش و نهایتا اصلاح رفتار ساکنان (رفتارِ پایدار) در راستای بهینه سازی مصرف انرژی اقدام نمایند. دراین‌راستا، پژوهش حاضر سعی دارد با تلفیق نظریه‌های مرتبط با محیط فیزیکی (کالبدی و طبیعی) و روان‌شناسیِ اجتماعی، عوامل محیط فیزیکی (کالبدی، طبیعی) و فردی- اجتماعی را در قاب واحدی متحد سازد. چارچوب پیشنهادی تحقیق جهت تحلیل عوامل رفتاری مؤثرِ ساکنان ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی با تأثیرپذیری از پژوهش دوکا[31] و همکاران (2017b) توسعه و تفسیر یافته است و تلفیقی از چارچوب چهارگانه محرک‌ها- نیازها- کنش‌ها- سیستم‌ها (پژوهش‌های مرتبط با محیط کالبدی و محیط طبیعی با رفتار ساکنان در مصرف انرژی)، نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده (تحقیقات مرتبط با روان‌شناسیِ اجتماعی و رفتار ساکنان در مصرف انرژی) و نظریه شناختی- اجتماعی (جهت پیوند عوامل محیطی، عوامل فردی و عوامل رفتاری) است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

3-1- نظریه شناختی- اجتماعی (SCT)

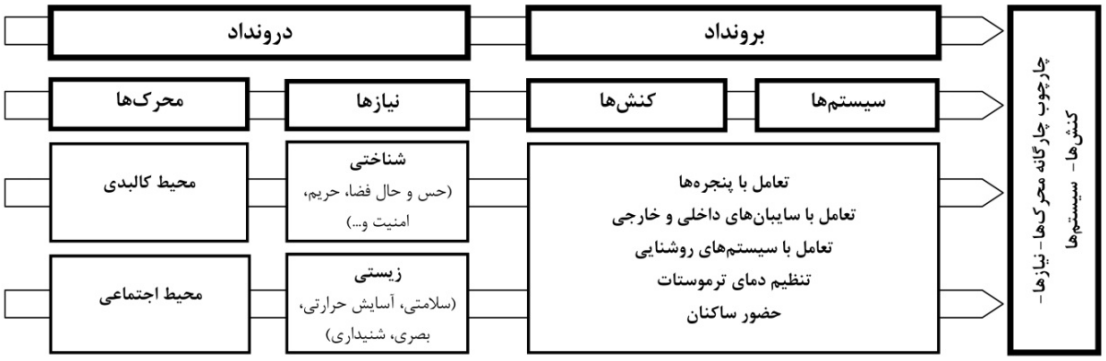
نظریه شناختی- اجتماعی، رفتار افراد را چارچوبی سه گانه توصیف می‌کند (تصویر6) که در آن، ارتباط پویا و متقابل بین محیط، عوامل فردی (شناخت‌ها) و رفتار برقرار است و فرض می‌کند که رفتار از طریق تعامل مداوم بین عوامل فردی و محیط شکل می‌گیرد؛ این تعامل به تعیین‌کنندگی متقابل اشاره می‌کنند فرآیندی که به‌طور مداوم بر هم تأثیر می‌گذارند (Bandura, 1986). پژوهش حاضر با بهره‌گیری از این نظریه عام، سعی در توضیح این موضوع دارد که چگونه درک ساکنان ساختمان‌های مسکونی از محیط کالبدی و اجتماعی بر رفتار آنان در مصرف انرژی تأثیرگذار است.



شکل6- نظریه شناختی- اجتماعی: ارتباط پویا و متقابل بین محیط، عوامل فردی و رفتار(Bandura, 1986)
Fig.6- The social cognitive theory: Dynamic and interactive relation between the environment, individual factors and behavior (Bandura, 1986).

3-2- چارچوب چهارگانه محرک‌ها- نیازها- کنش‌ها- سیستم‌ها (DNAS)

چارچوب چهارگانه محرک‌ها- نیازها- کنش‌ها- سیستم‌ها بر مبنای نُه تئوری شناختی- رفتاری شکل گرفته است (Hong et al, 2015). این چارچوب ماهیت تصادفی رفتار افراد را با توصیف پیوند بین فرد (درون دادها؛ محرک‌ها و نیازهای افراد) و محیط (برون دادها؛ رفتار و رویدادهای درون ساختمان) تبیین می‌کند. طبق این چارچوب رفتار ساکنان در مصرف انرژی از طریق محرک‌های محیط فیزیکی (کالبدی و طبیعی) و اجتماعی در جهت پاسخ به نیازهای شناختی (حس و حال فضا، حریم، امنیت و...) و نیازهای زیستی (سلامتی، آسایش حرارتی، بصری، شنیداری و...) افراد نمود می‌یابد (شکل 7). محققان از این چارچوب عمدتا برای توضیح رابطه بین محیط فیزیکی (کالبدی و طبیعی)

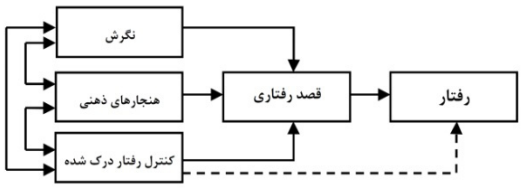


شکل7- چارچوب چهارگانه (محرک‌ها، نیازها، کنش‌ها، سیستم‌ها) ماهیت رفتار ساکنان در مصرف انرژی (Hong et al, 2015)
Fig. 7- The drivers-needs-actions-systems framework for energy-related occupant behavior (Hong et al, 2015).

و تعامل ساکنان با عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی ساختمان بهره برده‌اند (Hong et al, 2016; Hong et al, 2017)؛ این‌درحالی است که به‌دلیل محدودیت این مدل در تبیین نقش عوامل روانی- اجتماعی بر رفتار ساکنان در مصرف انرژی، بهره‌گیری از این چارچوب در پیشینه پژوهش‌های مرتبط با روان‌شناسیِ اجتماعی و رفتار ساکنان در مصرف انرژی کمتر دیده می‌شود؛ ازاین‌رو، در تحقیق حاضر از این چارچوب به‌منظور تشریح رابطه بین محیط فیزیکی (کالبدی، طبیعی) با رفتار ساکنان در مصرف انرژی بهره برده شده است.

3-3- نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده (TBP)

نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده (Ajzan, 1991) وقوع یک رفتار خاص را پیش‌بینی می‌کند؛ منوط بر این‌که فرد قصد انجام آن‌را داشته باشد. محققان اغلب از این نظریه در پژوهش‌های مرتبط با روان‌شناسیِ اجتماعی و رفتار ساکنان در مصرف انرژی بهره برده‌اند (Greaves et al, (2013; Savacool et al, 2014. طبق این مدل، قصد انجام یک رفتار توسط سه عاملِ نگرش فرد نسبت به رفتار (ارزیابی مثبت یا منفی در مورد انجام یک رفتار)، هنجارهای ذهنی (فشار اجتماعی درک‌شده توسط فرد برای انجام یا عدم انجام رفتار) و کنترل رفتاری درک شده (درجه‌ای از احساس فرد در مورد این امر که انجام یا عدم انجام یک رفتار تا چه حد تحت کنترل ارادی وی است) پیش‌بینی می‌شود. نتایج تحقیق کایزر و گاتشر [32] (2003) نشان داد که سه مؤلفهِ نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده می‌توانند بیش از 81درصد از قصد ساکنان ساختمان‌های مسکونی در رفتار صرفه‌جویانه مصرف انرژی را پیش‌بینی کنند. پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که از نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده به تعداد محدودی در پژوهش‌هایی که به ارزیابی نقش محیط کالبدی و محیط طبیعی در رفتار ساکنان پرداخته‌اند بهره برده شده است. برای مثال، در این مدل از نیاز ساکنان برای انجام رفتاری خاص بحثی به میان نیامده است؛ درحالی‌که در چارچوب چهارگانه محرک‌ها- نیازها- کنش‌ها- سیستم‌ها نیازهای (زیستی و شناختی) ساکنان صریحا به عنوان یک عامل مؤثر در شکل‌گیری رفتار ساکنان در مصرف انرژی مطرح شده است. در تحقیق پیش رو از این چارچوب به‌منظور تشریح فرآیندهای شناختیِ ساکنان ساختمان‌های مسکونی در تعامل آنان با محیط (به ویژه محیط اجتماعی) استفاده شده است؛ در واقع، این نظریه با تلفیق عوامل شناختی و عوامل اجتماعی (عوامل فردی- اجتماعی) نقش این عوامل را در شکل‌گیری رفتار ساکنان در مصرف انرژی توضیح می‌دهد. همچنین، در پژوهش حاضر نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده برای تبیین نحوه متأثر شدن رفتار ساکنان از چیدمان فضایی، مشخصه‌های ظاهری، طراحی و موقعیتی عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی از طریق تأثیرگذاری آن‌ها بر عامل کنترل رفتاری درک شده نیز بهره برده شده است.



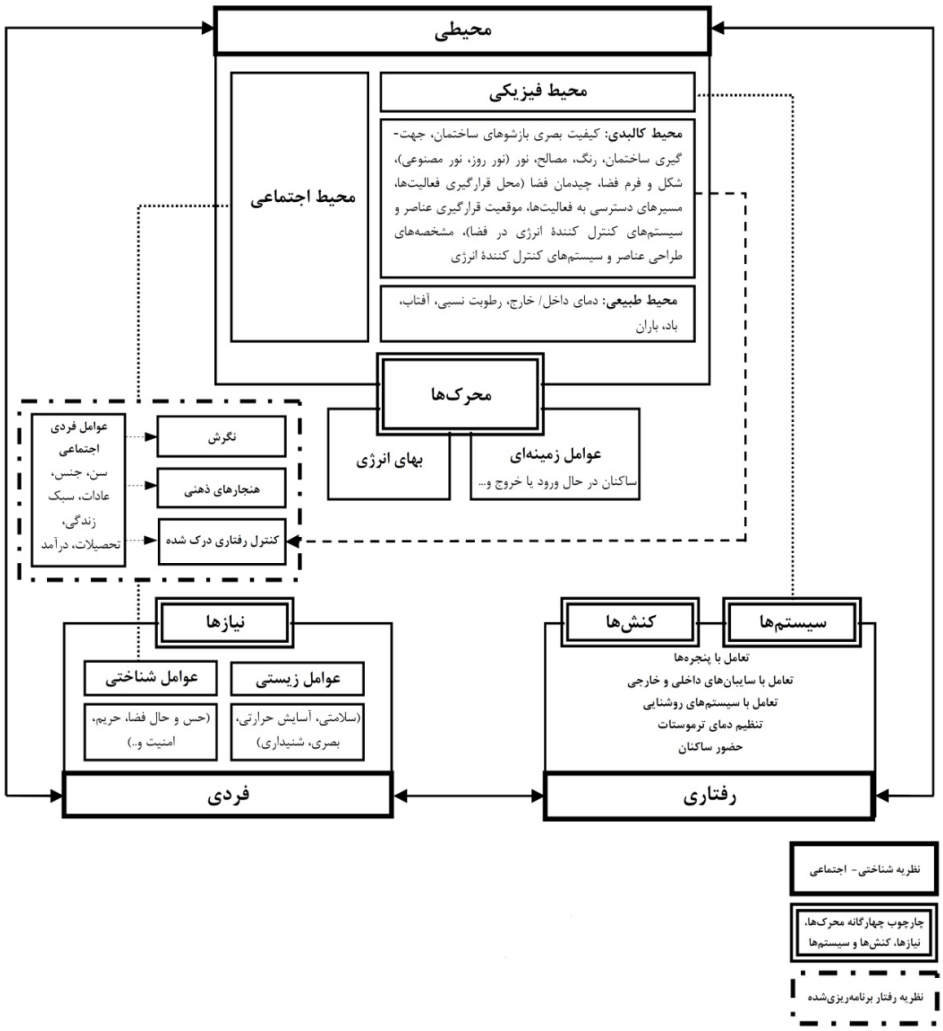
شکل8- نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده (Ajzen, 1991, 182)

Fig. 8-The theory of planned behavior (Ajzen, 1991, 182).

3-4- جمع‌بندی و استخراج چارچوب پیشنهادی پژوهش

پس از تعریف و بیان دلیل چرایی استفاده هر یک هر از نظریه‌های مطروحه در بخش قبل، چارچوب پیشنهادی تحقیق (شکل 9) جهت تبیین فرآیند عوامل رفتاری مؤثرِ ساکنان ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی ارائه شده است. مطابق با چارچوب DNAS رفتار ساکنان در مصرف انرژی متأثر از نیازهای زیستی (سلامتی، آسایش حرارتی، بصری، شنیداری) و نیازهای شناختی (حس و حال فضا، حریم، امنیت و...) است که به‌واسطه محرک‌های انگیزشی محیط فیزیکی (کالبدی، اجتماعی)، عوامل زمینه‌ای (ساکنان در حال ورود یا خروج) و عوامل اقتصادی (بهای انرژی) ترغیب می‌شوند. ویژگی‌های کالبدی که خلأ پژوهش در تبیین نقش آن‌ها در پیشینه تحقیق نیز بیشتر دیده می‌شود، می‌توانند با تأثیرگذاری بر نیازهای زیستی (سلامتی، آسایش حرارتی، آسایش بصری، آسایش شنیداری) و نیازهای شناختی (ادراک حس و حال فضا، حریم، امنیت و...)؛ احساسات، ادراکات و نگرش‌های متفاوت ساکنان نسبت به فضا را شکل داده و بر رفتار آنان در مصرف انرژی مؤثر باشند. محیط طبیعی (دمای داخل یا خارج، رطوبت نسبی، آفتاب، باد، باران) که با فصل و زمان پیوند می‌یابند و بیش‌ترین پژوهش‌های مرتبط با موضوع تحقیق نیز به توضیح نقش آن پرداخته‌اند؛ می‌توانند با تأثیرگذاری بر آسایش حرارتی افراد (نیاز زیستی) با رفتار ساکنان در مصرف انرژی ارتباط یابند. همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان گشت،

چارچوب DNAS عمدتا بر روی محرک‌های محیط فیزیکی (کالبدی، طبیعی) متمرکز است و به محرک‌های فردی- اجتماعی، چون نوع نگرش ساکنان، هنجارهای ذهنی و کنترل رفتاری درک شده؛ که با نیازهای شناختی ساکنان پیوند می‌یابند، کمتر توجه نموده است؛ درحالی‌که نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده به شکل روشنی به عوامل نام برده پرداخته است. نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده چگونگی تأثیرپذیری رفتار ساکنان در مصرف انرژی، از عوامل فردی- اجتماعی (عادات، جنس، سن، تحصیلات و...) و به‌تبع آن‌ها، نگرش، هنجارهای ذهنی و کنترل رفتاری درک شده را تبیین می‌کند. تأثیر عاملِ هنجارهای ذهنی در نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده بر رفتار ساکنان ساختمان‌های مسکونی در مصرف انرژی بدین شکل قابل تفسیر است که ساکنان ساختمان‌های مسکونی ممکن است، تحت فشار سرپرست و یا سایر اعضای خانواده ملزم به انجام رفتار صرفه‌جویانه شوند. عامل کنترل رفتاری درک شده نیز بدین شکل تفسیر می‌یابد که چیدمان فضایی مشتمل بر محل جانمایی فعالیت‌ها در فضا، چگونگی مسیرهای دسترسی به فعالیت‌ها (روابط فضایی) و موقعیت قرارگیری عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی (پنجره‌ها، سایبان‌های داخلی و خارجی، سیستم تهویه مطبوع و...) در فضا و آگاهی کافی از نحوه کارکرد آن‌ها می‌تواند رفتار ساکنان در مصرف انرژی را متأثر سازد؛ در حقیقت، هر یک از عناصر و سیستم‌های کنترلی انرژی ساختمان، مشخصه‌های ظاهری، طراحی و موقعیتی در فضا داشته و



شکل9- چارچوب پیشنهادی پژوهش جهت تحلیل عوامل رفتاری مؤثرِ ساکنان ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی

Fig.9-The proposed research framework for analysis energy-related occupants' behaviors in residential building.

با کالبد و چیدمان فضایی ساختمان پیوند می‌یابند؛ این عوامل می‌توانند سبب درک آسان و یا دشوار انجام رفتار صرفه‌جویانه (نظریه قابلیت گیبسون) در مصرف انرژی شوند. نظریه شناختی- اجتماعی نیز به‌عنوان چارچوبی عام در بیرونی‌ترین لایه، با چارچوبDNAS و نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده پیوند می‌یابد و رابطه پویا و متقابل بین عوامل محیطی (فیزیکی، اجتماعی) و عوامل فردی و رفتار ساکنانِ ساختمان‌های مسکونی در مصرف انرژی را سازمان می‌بخشد.

4- نتیجه‌گیری

این تحقیق با بیان در حد انتظار نبودن میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی علی‌رغم توسعه بهره‌گیری از راهکارهای فناورانه و طراحی معماری غیر فعال، به تحلیل رفتار ساکنان آن‌ها در مصرف انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل بروز این مسأله می‌پردازد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که رفتار ساکنانِ ساختمان‌های مسکونی در مصرف انرژی پدیده‌ای پیچیده است که، از طریق تعامل آن‌ها با عناصر و سیستم‌های کنترل‌کننده انرژی ساختمان جهت نیل به سلامتی، آسایش حرارتی، بصری و شنیداری، بهبود حس و حال فضا، حفظ حریم، امنیت و... نمود می‌یابد.

یافته‌های تحقیق بیانگر آن است که رفتارهای ساکنان بر کیفیت محیط داخلی تأثیرگذار بوده و به تبع آن میزان مصرف انرژی متفاوتی خواهند داشت. همچنین، فرآیند تأثیرپذیری رفتار ساکنان در مصرف انرژی از محرک‌ها (عوامل مؤثر) تا بهبود شرایط داخلی محیط و میزان مصرف انرژی یک چرخه است؛ در واقع، تغییراتی که به سبب تعامل ساکنان با عناصر و سیستم‌های ساختمانی در کیفیت محیط داخلی رخ می‌دهد خود می‌توانند محرکی برای شکل‌گیری رفتار (یا رفتارهای) دیگر باشد.

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که رفتار ساکنان از عوامل متعدد محیط فیزیکی (کالبدی، طبیعی) و فردی- اجتماعی متأثر می‌شود؛ ازاین‌رو، این تحقیق با تلفیق نظریه‌های مرتبط با محیط فیزیکی (چارچوب چهارگانه محرک‌ها- نیازها- کنش‌ها- سیستم‌ها) و محیط روانی- اجتماعی (نظریه رفتار برنامه‌ریزی‌شده) و نظریه شناختی- اجتماعی (جهت پیوند عوامل محیطی، فردی و رفتاری)، عوامل محیط فیزیکی (کالبدی، طبیعی) و فردی- اجتماعی شناسایی‌شده را در چارچوب واحدی با یکدیگر متحد ساخت. چارچوب پیشنهادی این پژوهش علاوه بر توضیح فرآیند شکل‌گیری عوامل رفتاری مؤثرِ ساکنان ساختمان‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی می‌تواند زمینه‌ساز پژوهش‌های بین رشته‌ای در این حوزه بوده و پایه‌های اولیه انجام تحقیقات تجربی مرتبط با موضوع را فراهم آورد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی با استفاده از داده‌های برآمده از واقعیت، چارچوب پیشنهادی تحقیق در بستر ساختمان‌های مسکونی به آزمون گذاشته‌شده و میزان روابط بین مؤلفه‌های مطروحه در مدل به شکل کمی تعیین شود.

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که اغلب مطالعات صرفا به بررسی یک نوع رفتار موثرِ ساکنان بر میزان مصرف انرژی پرداخته‌اند؛ درحالی‌که فرصت‌های گسترده‌ای برای بروز چندین رفتار متوالی از جانب ساکنان وجود دارد و این رفتارها رابطه‌ای درونی با یکدیگر دارند؛ بنابراین، توصیه می‌شود مطالعات آتی به مدل‌سازی و تحلیل همزمان چندین عوامل رفتاری مؤثرِ ساکنان بر میزان مصرف انرژی بپردازند. همچنین، با توجه به خلأ پژوهش در تبیین نقش ویژگی‌های کالبدیِ ساختمان‌های مسکونی، توصیه می‌شود محققان در آینده به ارزیابی و تحلیل جامعتر عوامل کالبدی مؤثر پرداخته و سهم معماری و طراحی داخلی را در اصلاح رفتار ساکنان ساختمان‌های مسکونی در مصرف انرژی (رفتارِ پایدار) به شکل روشن و دقیق مشخص سازند.

پی‌نوشت‌ها

[1] Chen

[2] Hong

[3] Building Performance Simulation

[4] Socolow

[5] Sonderegger

[6] Gartland

[7] Juodis

[8] Fabi

[9] Maier

[10] Stege and Vlek

[11] Pro-Environmental Behaviors

رفتارهای دوست‌دار محیط، رفتارهایی هستند که تا جای امکان کم‌ترین آسیب را به محیط‌زیست می‌رسانند و حتی ممکن است این رفتارها در جهت بهبود شرایط محیط باشند (Steg and Vlek, ۲۰۰۹, ۳۰۹)؛ رفتارهای مرتبط با مصرف انرژی برای حفظ انرژی یکی از مؤلفه‌های رفتارهای دوست‌دار محیط است Larson et al, ۲۰۱۵, ۱۱۶)).

[12] Kurisu

[13] Peng

[14] Delzendeh

[15] Janda

[16] Theory of Planned Behavior (TPB)

[17] Social Cognitive Theory

[18] Park and Kim

[19] Romero

[20] Langevin

[21] Ajzen

[22] Norman

[23] Maleetipwan

[24] Goldstein

[25] Karjalainen

[26] Agent-Based Modeling

[27] Bernoulli Process

[28] Survival Analysis

[29] Li

[30] Yan

[31] D'Oca

[32] Kaiser and Gutscher

منابع

Agha-Hossein, M. M., El-Jouzi, S., Elmualim, A. A., Ellis, J., & Williams, M. (2013). Post-occupancy studies of an office environment: energy performance and occupants' satisfaction. Building and Environment, 69, 121-130.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational behavior and human decision processes, 50(2), 179-211.

Amheim, R. (1974). Art and the Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye. University of California Press

Amundadottir, M. L., Rockcastle, S., Khanie, M. S., & Andersen, M. (2017). A human-centric approach to assess daylight in buildings for non-visual health potential, visual interest and gaze behavior. Building and Environment, 113, 5-21.

Andersen, M. (2015). Unweaving the human response in daylighting design. Building and Environment, 91, 101-117.

Augustin, S. (2009). Place advantage: Applied psychology for interior architecture. John Wiley & Sons.

Bahaj, A. S., & James, P. A. B. (2007). Urban energy generation: the added value of photovoltaics in social housing. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11(9), 2121-2136.

Banaei, M., Hatami, J., Yazdanfar, A., & Gramann, K. (2017). Walking through Architectural Spaces: The Impact of InteriorForms on Human Brain Dynamics. Frontiers in human neuroscience, 11, 477.

Bandura, A. (1986). Social foundation of thought and action: A social-cognitive view. Englewood Cliffs.

Buso, T., Fabi, V., Andersen, R. K., & Corgnati, S. P. (2015). Occupant behaviour and robustness of building design. Building and Environment, 94, 694-703.

Caan, S. (2011). Rethinking design and interiors: Human beings in the built environment. Laurence King.

Calì, D., Osterhage, T., Streblow, R., & Müller, D. (2016). Energy performance gap in refurbished German dwellings: lesson learned from a fiel.

Chen, S., Yang, W., Yoshino, H., Levine, M. D., Newhouse, K., & Hinge, A. (2015). Definition of occupant behavior in residential buildings and its application to behavior analysis in case

studies. Energy and Buildings, 104, 1-13.

D'Oca, S., Hong, T., & Langevin, J. (2017a). The human dimensions of energy use in buildings: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 731-742.

D'Oca, S., Chen, C. F., Hong, T., & Belafi, Z. (2017b). Synthesizing building physics with social psychology: An interdisciplinary framework for context and occupant behavior in office buildings. Energy Research & Social Science, 34, 240-251.

Delzendeh, E., & Wu, S. (2017). The Influence of Space Layout Design on Occupant's Energy Behaviour. In: 2017 Lean & Computing in Construction Congress, Crete, Greece.

Delzendeh, E., Wu, S., Lee, A., & Zhou, Y. (2017). The impact of occupants' behaviours on building energy analysis: A research review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80, 1061-1071.

Fabi, V., Andersen, R. V., Corgnati, S. P., & Olesen, B. W. (2013). A methodology for modelling energy-related human behaviour: Application to window opening behaviour in residential buildings. In Building Simulation (Vol. 6, No. 4, pp. 415-427). Springer Berlin Heidelberg.

Fabi, V., Andersen, R. V., Corgnati, S., & Olesen, B. W. (2012). Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. Building and Environment, 58, 188-198

Feng, X., Yan, D., & Hong, T. (2015). Simulation of occupancy in buildings. Energy and Buildings, 87, 348-359.

Gandhi, P., & Brager, G. S. (2016). Commercial office plug load energy consumption trends and the role of occupant behavior. Energy and Buildings, 125, 1-8.

Gartland LM, Emery AF, Sun YS, Kippenhan CJ.(1993). Residential energy usage and the influence of occupant behavior. In: Proceedings of the ASME winter annual meeting, New Orleans, Louisiana. The American Society of Mechanical Engineers.

Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception Houghton Mifflin Boston Google Scholar.

Goldstein, R., Tessier, A., & Khan, A. (2011). Space layout in occupant behavior simulation. In Conference Proceedings: IBPSA-AIRAH Building Simulation Conference (pp. 1073-1080)

Greaves, M., Zibarras, L. D., & Stride, C. (2013). Using the theory of planned behavior to explore environmental behavioral intentions in the workplace. Journal of Environmental Psychology, 34, 109-120.

Heydarian, A., Carneiro, J. P., Gerber, D., & Becerik-Gerber, B. (2015). Immersive virtual environments, understanding the impact of design features and occupant choice upon lighting for building performance. Building and Environment, 89, 217-228.

Heydarian, A., Pantazis, E., Carneiro, J. P., Gerber, D., & Becerik-Gerber, B. (2016). Lights, building, action: Impact of default lighting settings on occupant behaviour. Journal of Environmental Psychology, 48, 212-223.

Hong, T., D'Oca, S., Turner, W. J., & Taylor-Lange, S. C. (2015). An ontology to represent energy-related occupant behavior in buildings. Part I: Introduction to the DNAs framework. Building and Environment, 92, 764-777

Hong, T., Taylor-Lange, S. C., D'Oca, S., Yan, D., & Corgnati, S. P. (2016). Advances in research and applications of energy-related occupant behavior in buildings. Energy and Buildings, 116, 694-702.

Hong, T., Yan, D., D'Oca, S., & Chen, C. F. (2017). Ten questions concerning occupant behavior in buildings: the big picture. Building and Environment, 114, 518-530.

Hub, Zc. (2015). Post-occupancy Evaluation,

Rowner Research Project Phase Two. Zero Carbon Hub

Janda, K. B. (2011). Buildings don't use energy: people do. Architectural science review, 54(1), 15-22.

Juodis E, Jaraminiene E, Dudkiewicz E. (2009). Inherent variability of heat consumption in residential buildings. Energ Build; 41:1188e94.

Kaiser, F. G., & Gutscher, H. (2003). The proposition of a general version of the theory of planned behavior: Predicting ecological behavior. Journal of applied social psychology, 33(3), 586-603

Karjalainen, S. (2016). Should we design buildings that are less sensitive to occupant behaviour? A simulation study of effects of behaviour and design on office energy consumption. Energy Efficiency, 9(6), 1257-1270.

Kavousian, A., Rajagopal, R., & Fischer, M. (2013). Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. Energy, 55, 184-194.

Kurisu, K. (2015). Pro-environmental Behaviors. Tokyo: Springer Japan.

Langevin, J., Gurian, P. L., & Wen, J. (2013). Reducing energy consumption in low income public housing: Interviewing residents about energy behaviors. Applied Energy, 102, 1358-1370.

Larson, L. R., Stedman, R. C., Cooper, C. B., & Decker, D. J. (2015). Understanding the multi-dimensional structure of pro-environmental behavior. Journal of Environmental Psychology, 43, 112-124.

Lee, E., Allen, A., & Kim, B. (2013). Interior design practitioner motivations for specifying sustainable materials: Applying the theory of planned behavior to residential design. Journal of Interior Design, 38(4), 1-16.

Li, Z., Jiang, Y., & Wei, Q. P. (2014). Survey on energy consumption of air conditioning in summer in a residential building in Beijing. Journal of heating ventilation and air conditioning, 37(4), 46-51.

Lilley, D. (2009). Design for sustainable behaviour: strategies and perceptions. Design Studies, 30(6), 704-720.

Lockton, D., Harrison, D., & Stanton, N. A. (2013). Exploring design patterns for sustainable behaviour. The Design Journal, 16(4), 431-459.

Lopes, M. A. R., Antunes, C. H., & Martins, N. (2012). Energy behaviours as promoters of energy efficiency: A 21st century review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(6), 4095-4104.

Maier, T., Krzaczek, M., & Tejchman, J. (2009). Comparison of physical performances of the ventilation systems in low-energy residential houses. Energy and buildings, 41(3), 337-353.

Maleetipwan-Mattsson, P., Laike, T., & Johansson, M. (2016). Factors affecting optimal lighting use in shared hospital environments: a case-study. Building and Environment, 96, 260-269

Martinaitis, V., Zavadskas, E. K., Motuzienė, V., & Vilutienė, T. (2015). Importance of occupancy information when simulating energy demand of energy efficient house: A case study. Energy and Buildings, 101, 64-75.

Moxon, S. (2012). Sustainability in interior design. Laurence King Publ.

Norman, D.A. (1998), The Design of Everyday Things, New ed., MIT, London.

O'Brien, W., & Gunay, H. B. (2015). Mitigating office performance uncertainty of occupant use of window blinds and lighting using robust design. In Building Simulation (Vol. 8, No. 6, pp. 621-636). Tsinghua University Press.

Ouf, M., Issa, M., & Merkel, P. (2016). Analysis

of real-time electricity consumption in Canadian school buildings. Energy and Buildings, 128, 530-539.

Page, J., Robinson, D., & Scartezzini, J. L. (2007). Stochastic simulation of occupant presence and behaviour in buildings. In Proc. Tenth Int. IBPSA Conf: Building Simulation (pp. 757-764).

Page, J., Robinson, D., Morel, N., & Scartezzini, J. L. (2008). A generalised stochastic model for the simulation of occupant presence. Energy and buildings, 40(2), 83-98.

Park, J. S., & Kim, H. J. (2012). A field study of occupant behavior and energy consumption in apartments with mechanical ventilation. Energy and Buildings, 50, 19-25.

Peng, C., Yan, D., Wu, R., Wang, C., Zhou, X., & Jiang, Y. (2012). Quantitative description and simulation of human behavior in residential buildings. In Building simulation (Vol. 5, No. 2, pp. 85-94). Tsinghua University Press, co-published with Springer-Verlag GmbH.

Rafsanjani, H. N., & Ahn, C. (2016). Linking Building Energy-Load Variations with Occupants' Energy-Use Behaviors in Commercial Buildings: Non-Intrusive Occupant Load Monitoring (NIOLM). Procedia Engineering, 145, 532-539.

Rijal, H. B., Humphreys, M., & Nicol, F. (2015). Adaptive thermal comfort in Japanese houses during the summer season: behavioral adaptation and the effect of humidity. Buildings, 5(3), 1037-1054.

Rockcastle, S. F. (2017). Perceptual Dynamics of Daylight in Architecture (No. THESIS_LIB). EPFL.

Rockcastle, S., & Andersen, M. (2014). Measuring the dynamics of contrast & daylight variability in architecture: A proof-of-concept methodology. Building and Environment, 81, 320-333.

Rockcastle, S., Ámundadóttir, M. L., & Andersen, M. (2017). Contrast measures for predicting perceptual effects of daylight in architectural renderings. Lighting Research & Technology, 49(7), 882-903.

Romero, R. A., Bojórquez, G., Corral, M., & Gallegos, R. (2013). Energy and the occupant's thermal perception of low-income dwellings in hot-dry climate: Mexicali, México. Renewable energy, 49, 267-270.

Socolow RH. (1978). The Twin Rivers program on energy conservation in housing: highlights and conclusions. Energ Build 1977e78; 1:207e42.

Sonderegger, R. C. (1978). Movers and stayers: The resident's contribution to variation across houses in energy consumption for space heating. Energy and Buildings, 1(3), 313-324.

Sovacool, B. K. (2014). What are we doing here? Analyzing fifteen years of energy scholarship and proposing a social science research agenda. Energy Research & Social Science, 1, 1-29.

Stazi, F., Naspi, F., & D'Orazio, M. (2017). A literature review on driving factors and contextual events influencing occupants' behaviours in buildings. Building and Environment.

Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. Journal of environmental psychology, 29(3), 309-317.

Stokkermans, M., Vogels, I., de Kort, Y., & Heynderickx, I. (2018). A Comparison of Methodologies to Investigate the Influence of Light on the Atmosphere of a Space. LEUKOS, 14(3), 167-191.

Wang, Z., Zhao, Z., Lin, B., Zhu, Y., & Ouyang, Q. (2015). Residential heating energy consumption modeling through a bottom-up approach for China's Hot Summer–Cold Winter climatic region. Energy and Buildings, 109, 65-74.

Wilson, G. T., Lilley, D., & Bhamra, T. A. (2013). Design feedback interventions for household energy consumption reduction.

Yan, D., O'Brien, W., Hong, T., Feng, X., Gunay, H. B., Tahmasebi, F., & Mahdavi, A. (2015). Occupant behavior modeling for building performance simulation: Current state and future challenges. Energy and Buildings, 107, 264-278.

Yao, M., & Zhao, B. (2017). Window opening behavior of occupants in residential buildings in Beijing. Building and Environment, 124, 441-449.

Yousefi, F., Gholipour, Y., & Yan, W. (2017). A study of the impact of occupant behaviors on energy performance of building envelopes using occupants' data. Energy and Buildings, 148, 182-198.

Yun, G. Y., & Steemers, K. (2008). Time-dependent occupant behaviour models of window control in summer. Building and Environment, 43(9), 1471-1482.

Zhu, Y., Ouyang, Q., Cao, B., Zhou, X., & Yu, J. (2016). Dynamic thermal environment and thermal comfort. Indoor air, 26(1), 125-137.