DOR:

مجله علمی
پژوهش‌های معماری نوین
دوره دوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱
صفحات ٥٦-٤١
شماره پیاپی ۶

Architectural Technologies
Studies Journal
Vol. 2, No. 4, Winter 2022
Pages 41-56

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیرات هوشمندسازی ساختمان بر صرفه‌جویی انرژی

سیده مریم مجتبوی*[1]، بهناز بنانژاد مشهدی[2]

۱-استادیار گروه معماری، مؤسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران. (نویسندهٔ مسئول)

Mojtabavi_m@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری داخلی، مؤسسه آموزش عالی فردوس، مشهد، ایران.

Behnazbananezhad.bb@gmail.com

تاریخ دریافت: [١٤٠١/٢/٢٦] تاریخ پذیرش: [١٤٠١/١٢/٢٣]

چکیده

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، امکان به‌روزرسانی اجزای ساختمان جهت افزایش سطح تعامل انسان و تکنولوژی، تأمین آسایش بیشتر، دست‌یابی به ایمنی، امنیت، راحتی و کنترل بهتر فضای فراهم شده است. همچنین بحران کمبود انرژی در سراسر جهان به یکی از جدی‌ترین مشکلات بشر تبدیل شده و معماری هوشمند می‌تواند با کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، موجب کاهش مصرف برق و گاز، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی شود، به همین دلیل ضروری است که از هوشمندسازی در معماری داخلی بهره برده شود. هدف این پژوهش بررسی تأثیرات استفاده از تکنولوژی در ساختمان و واکاوی تأثیر عناصر هوشمندسازی در بهینه‌سازی مصرف انرژی است. روش پژوهش حاضر از لحاظ ماهیت، کیفی و از لحاظ هدف کاربردی است. در گام نخست با مرور مبانی نظری و پیشینه تحقیق در حوزهٔ هوشمندسازی و بهینه‌سازی انرژی، اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای-اسنادی جمع‌آوری و عناصر هوشمندسازی در قالب مدل مفهومی استخراج شد. در گام بعدی از طریق تحلیل محتوا به بررسی نحوهٔ عملکرد مقوله‌ها و زیرمقوله‌های هوشمندسازی بر کاهش مصرف انرژی پرداخته شد. یافته‌ها نشان داد، هوشمندسازی یکی از تأثیرات مثبت تکنولوژی در فرایند ساختمان‌سازی است که از طریق «مواد و مصالح هوشمند»، «حسگرها»، «سامانهٔ کنترل ایمنی، امنیت و نظارت» و «تجهیزات خدماتی» می‌تواند منجر به بهبود مؤلفه‌های اقتصادی، روانی، کالبدی و زیست‌محیطی زندگی ساکنین شود و از دو روش باسیم و بی‌سیم قابل‌اجرا است. یکی از مهم‌ترین اثرات هوشمندسازی کاهش مصرف انرژی از مؤلفهٔ زیست‌محیطی است که نحوهٔ عملکرد مقوله‌ها و زیرمقوله‌های آن در قالب نموداری ارائه شده است.

واژگان کلیدی: ساختمان هوشمند، هوشمندسازی، مصرف انرژی، تکنولوژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی.

۱- مقدمه

در روزگار ما، جمعیت رو به افزایش و زندگی شهری، همراه با مصرف بی‌رویهٔ انرژی و آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسان، معضلی بزرگ در حفظ طبیعت می‌باشد. پیش‌بینی و آینده‌نگری همواره مورد توجه مهندسان و پژوهش‌گرانی بوده است که به تحقق و تولید ابزارهایی برای استفاده از آنها در آینده می‌پردازند. با مرور تاریخ معماری قرن گذشته در زمینهٔ آینده‌نگری، خواهیم دید که این آینده عموماً به‌وسیلهٔ مصالح و تکنولوژی‌هایی که در دوران ساخته خواهد شد، تعریف می‌گردد (ظفرمندی، امیرجمشیدی و صناعی، ۱٤۰۰). پس از انقلاب صنعتی و تحولات گستردهٔ سدهٔ بیستم، فناوری پیشرفته به سرعت وارد زندگی بشر شد و آن را دچار تغییرات و تحولات اساسی کرد (Ismagilova, EHughes, Dwivedi & Raman, 2019). امروزه نوآوری‌های فناورانه عامل مهمی در توسعه و طراحی معماری‌اند، اما تأثیر آن بر معماری کلان‌شهرها در جهان یکسان نبوده و راهکارهای ارائه‌شده در مواردی پایدار و در مواردی انفعالی بوده است. در بسیاری از موارد نوآوری‌های فناورانه در معماری نتیجهٔ انتقال فناوری بدون در نظر گرفتن ماهیت تکنولوژی است (لفافچی، دهباچی شریف و اعتصام، ۱۳۹۹).

ساختمان‌ها و زندگی در آن‌ها در طول دو دههٔ گذشته بسیار تغییر کرده است. درواقع می‌توان گفت که به‌جز تعداد کمی از ساختمان های موجود، ساختمان‌های کنونی از آن نوع زیستگاه‌ها نیستند که به حال حاضر تعلق داشته باشند. با توسعه در زمینهٔ مصالح، فرآورده ها و روش‌های ساخت ابداعی، حرکت به‌سوی ساختمان‌هایی با کارایی بالاتر و صرفهٔ اقتصادی بهتر و سازگار با محیط‌زیست امری ضروری می‌نماید. این روش‌های ابداعی و نوآوری‌ها وظایف جدیدی را برای طراحان و معماران ایجاد می‌کند که از قافلهٔ پرسرعت تکنولوژی عقب نمانده و آن‌ها را در طرح‌های خود به‌کارگیرند (ادینگتون و شودک[1]، ۱۳۹۱).

با پیشرفت تکنولوژی، نیاز و امکان به‌روزرسانی اجزای ساختمان برای افزایش سطح تعامل انسان و تکنولوژی، برای آسایش بیشتر فراهم شده است. با توجه به سوابق معماری هوشمند، خواستهٔ سازندگان اغلب بناهای ساخته شده که عمدتاً پروژه‌های عظیم بوده‌اند، افزایش میزان بهره‌مندی از منابع طبیعی موجود بوده است؛ اما می‌توان علت اصلی شکل‌گیری معماری هوشمند را پاسخ‌گویی به نیاز معماران در مواجه با مشکلات و موانع طراحی را نام برد (یوسفی‌نژاد و محمودی زرندی، ۱۳۹۷).

سیستم هوشمند مدیریت ساختمان با به‌کارگیری آخرین تکنولوژی‌ها درصدد آن است که شرایطی ایده‌آل همراه با مصرف بهینهٔ انرژی در ساختمان‌ها پدید آورد. این سیستم‌ها ضمن کنترل بخش‌های مختلف ساختمان و ایجاد شرایط محیطی مناسب با ارائهٔ سرویس‌های هم‌زمان، سبب بهینه‌سازی مصرف انرژی، افزایش سطح کارایی و بهره‌وری سیستم‌ها و امکانات موجود در ساختمان می‌شود. سیستم هوشمند مدیریت ساختمان، علاوه بر نقشی که در بهینه‌سازی مصرف انرژی دارد، آسایش و رفاه را نیز به ارمغان می‌آورد (کاظمی پوران بدر، دانشجو، معصومی حقیقی و شایانفر، ۱۳۹۹).

با افزایش سرقت و تهدید برای ساکنان خانه، داشتن یک سیستم مؤثر برای حفظ امنیت در خانه و محیط ضروری است. همچنین امنیت مالی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. برای دست‌یابی به ایمنی، امنیت، راحتی و کنترل در یک خانه، نیاز به سیستم هوشمند می‌باشد. کار یک سیستم هوشمند ایمنی، ازجمله شناسایی گازهای مضر، آتش، راحتی از طریق کنترل از راه دور و کنترل لوازم‌خانگی است. همچنین بحران کمبود انرژی در سراسر جهان به یکی از جدی‌ترین مشکلات بشر تبدیل شده است. معماری هوشمند باعث صرفه‌جویی در مصرف برق و گاز، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی می‌شود، به همین دلیل ضروری است که از هوشمندسازی در معماری داخلی بهره برده شود.

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تکنولوژی در ساختمان و همچنین بررسی تأثیر مؤلفه‌ها و شاخص‌های هوشمندسازی در زندگی ساکنین و بررسی چگونگی مؤلفهٔ زیست‌محیطی در بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌باشد.

در جهت هدف ذکرشده سؤالات زیر مطرح می‌شود:

1. Addington & Shodeck

- تکنولوژی در ساختمان چگونه تأثیر خود را نشان می‌دهد؟
- هوشمندسازی در ساختمان شامل چه عناصر و تجهیزاتی می‌شود؟
- تأثیرات هوشمندسازی در ارتقای کیفیت زندگی ساکنین از طریق چه مؤلفه‌ها و شاخص‌هایی صورت می‌پذیرد؟
- کدام یک از مؤلفه‌های هوشمندسازی در حوزهٔ زیست‌محیطی می‌تواند باعث بهینه‌سازی مصرف انرژی شود؟

۲- مرور مبانی نظری و پیشینه

در ارتباط با هوشمندسازی و فضای مسکونی پژوهش‌های زیادی صورت گرفته است که به مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود:

ظفرمندی و همکاران طی تحقیقی در سال ١٤٠١ با عنوان «کاربرد مصالح هوشمند در طراحی معماری تعاملی (نمونه موردی: بناهای هوشمند شهر تهران) به این نتیجه رسیدند مواد و مصالح هوشمند، مصالحی جدید می‌باشند که جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی کاربری بالا و به‌صرفه‌ای دارد که امروزه در بسیاری از ساختمان‌ها و محیط‌ها به فراوانی به کار گرفته می‌شوند. مصالح هوشمند انواع و اقسام مختلفی دارند که از آن‌ها در قسمت‌های مختلف ساختمان اعم از داخلی و خارجی استفاده می‌شود.

در پژوهشی که توسط ثبات ثانی و مهمان نواز در سال ۱۳۹۷ با عنوان «همنشینی بامبو و تکنولوژی شیشه‌های هوشمند گامی به‌سوی معماری همساز با طبیعت» انجام شد، دریافتند که استفاده از اکو موادها که به سه دسته تقسیم می‌شوند (دستهٔ اول از ضایعات مواد موجود، مواد دو ریز و محصولات فرعی کارخانه‌ها، برای تولید مصالحی مانند بتن و ملات، استفاده می‌کند، دستهٔ دوم منابع طبیعی نامحدود، مانند پروتئین‌ها و بامبوها و دستهٔ سوم با بهبودبخشی از خواص مواد با افزودن مواد پلیمری به منابع موجود) و نیز کاربرد تکنولوژی‌های هوشمند به حفظ منابع و انرژی از نقطه‌نظر کاهش مصرف منابع و کاهش تولید آلاینده‌ها و درنتیجه کاهش فشار صنعت ساختمان بر محیط‌زیست می‌انجامد.

ارجمندنیا در پژوهش خود در سال ۱۳۹۵ با عنوان «بهره‌گیری از مصالح و نماهای هوشمند بارویکرد پایدار (نمونه موردی: شهرستان شهرکرد، استان چهارمحال و بختیاری)» به این نتیجه رسیدند که از آن‌جایی که پیشرفت مصالح ساختمانی به‌طور مداوم ادامه می‌یابد و استفاده از این مصالح به‌طور وسیع‌تری مورداستفاده قرار می‌گیرد، تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و محیطی این مصالح افزایش می‌یابد. مصالح ساختمانی هوشمند راهی به‌سوی افزایش سرمایه و سودآوری است که ارزش مصالح وتکنولوژی و محصولات نهایی به‌عنوان تجارت دارای پتانسیل زودبازده افزایش می‌یابد. امروزه سیستم‌های ساختمانی هوشمند در مقایسه با ساختمان‌هایی که با روش سنتی ساخته می‌شوند، ارزشمندتر هستند و در درازمدت موجب صرفه‌جویی در سرمایه می‌شوند به دلیل اینکه طول عمر ساختمان‌ها افزایش می‌یابد. خواص مصالح هوشمند در همهٔ انواع این مصالح از قبیل فلزی، شیشه‌ای، پلیمر و کامپوزیت دیده و یافت می‌شود. مصالح شیشه ای و پلیمریک هردو قابلیت انطباق دارند، اما پلیمرها قابلیت انعطاف و تطابق بیشتری نسبت به شیشه دارند.

گرجی مهلبانی و حاج ابوطالبی در پژوهش خود در سال ۱۳۸۸ با عنوان «مصالح هوشمند و نقش آن در معماری» دریافتند که مصالح هوشمند تقریباً توانی پایان‌ناپذیر دارنـد، آن‌ها می‌توانند در واکنش به محیط پیرامون خود چنان تغییر کنند که مصالح طبیعی (غیرهوشمند) قادر به آن نیستند. آن‌ها قادرند تحولی مثبت در معماری، ساخت‌وساز و روش زندگی ایجاد کنند، مثل رنگ دیواری کـه خود را تمیز نگاه داشته و در صورت آسیب دیدن به تعمیر خود می‌پردازد و یا دیواری که به هنگام نشت گاز یا اتصال الکتریکی در خانه هشدار می دهـد. مصالح هوشمند می‌توانند طبق دستور رنگ عوض کنند یا در طول روز به تولید الکتریسیته پرداخته و در شب آن را در اختیار ما قرار دهند؛ اما مهم‌ترین تأثیر آن‌ها در مقولهٔ انرژی است که از مهم‌ترین مباحث قرن پیش روست، با استفاده از مصالح هوشمند در ساختمان می‌توان در بهینه نمودن مصرف انرژی بهره جست، درواقع مصالح هوشمند قادر بـه تعدیل افزایش روزافزون تقاضای جهانی برای منابع انرژی گران‌قیمت و متریال‌های خام می‌باشند.

مرور پیشینهٔ تحقیق نشان می‌دهد تحقیقات زیادی به موضوع هوشمندسازی ساختمان پرداخته‌اند، اما این پژوهش به بررسی مؤلفه‌های مؤثر در بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق هوشمندسازی پرداخته است که همین موضوع نوآوری پژوهش حاضر نیز می‌باشد.

۲-۱ تکنولوژی و معماری

تکنولوژی را می‌توان تمام دانش، محصولات، فرآیندها، ابزارها، روش‌ها و سیستم‌هایی تعریف کرد که در جهت خلق و ساخت کالاها و ارائهٔ خدمات، به‌کار گرفته می‌شوند (نعمتی، حسن‌زاده و ملکی، ۱۳۹۷). تکنولوژی و معماری را می‌توان از چهار بخش اصلی متشکل دانست: فرم (هندسه و شکل اثر)، عملکرد (کاربری‌ها و بهره‌گیری در فضای معماری)، تکنولوژی (فرآیند ساخت، تفکر پیرامون نحوهٔ ساخت و مصالح، تکنیک‌ها و سیستم‌های ساختمانی)، فرهنگ و محتوا (درون‌مایهٔ غیرفیزیکی شامل مفاهیم و معانی مطرح شده در اجزا و کل اثر که از فرهنگ، تاریخ، اعتقادات و مبانی فلسفی جامعه و معمار نشأت می‌گیرد) (شاهرودی و گلابچی، ۱۳۸٦).

در دنیای پیشرفتهٔ امروز بایستی صنعت ساختمان را با کمک تکنولوژی و فناوری‌های روز جهان، از کهنگی دور نگه داشت. هزینهٔ یک ساختمان تنها هزینهٔ طراحی و ساخت نبوده بلکه هزینهٔ نگه‌داری و استفاده از آن را نیز شامل می‌شود. اغلب ساختمان‌ها فاقد امکانات لازم برای مدیریت انرژی می‌باشند و نمی‌توانند پاسخ‌گوی تحولات محیط و نیازهای جدید باشند. امروزه از تکنولوژی‌های جدید برای ساخت خانه‌های هوشمند، به‌منظور ایجاد آسایش و امنیت بیشتر، صرفه‌جویی در هزینه‌ها و کاهش مصرف منابع انرژی استفاده می‌کنند (هنرور و حقیقی، ۱٤۰۰). در نمودار ۱ به تأثیرات تکنولوژی در معماری اشاره شده است.

نمودار ۱. تأثیر تکنولوژی بر معماری (منبع: نگارندگان)

۲-۲- هوشمندسازی در معماری ساختمان

یکی از مرتبط‌ترین حوزه‌های تکنولوژی اینترنت اشیاء[2]، ساخت‌وساز هوشمند است. در پی تکامل تکنولوژی اینترنت اشیاء و بهره‌گیری از آن در ساختمان‌سازی، معماری هوشمند با بهره‌وری از سیستم مدیریت انرژی شکل می‌گیرد (Kumar, Sharma, Goyal, Singh, Cheng & Singh, 2021). امیدوارکننده‌ترین کاربرد هوشمندسازی در سیستم‌های انرژی شهری، ظهور ساختمان‌های هوشمند است.

2. Internet of Things

مفهوم ساختمان‌های هوشمند با هدف ترویج انعطاف‌پذیری انرژی، تولید انرژی تجدید پذیر و تعامل کاربر توسط دستورالعمل عملکرد انرژی معرفی شده‌است (Al Dakheel, Del Pero, Aste & Leonforte, 2020). ساختمان‌های هوشمند با بهره‌گیری از هوش مصنوعی[3] و استفاده از حسگرها می‌تواند از طریق کنترل بهتر، مصرف انرژی را کاهش داده، ورود به عصر جدید بهره‌وری از انرژی را نوید دهد (Farzaneh, Malehmirchegini, Bejan, Afolabi, Mulumba & Daka, 2021).

در ساختمان هوشمند، امکان اطلاع یافتن از وضعیت کلیهٔ وسایل الکتریکی و کنترل آنها وجود دارد. مثلاً پس از اتمام کار ماشین لباسشویی، هشداری مبنی بر اتمام کار به اطلاع می‌رسد. در شرایط بحرانی ازجمله آتش‌سوزی، آب‌گرفتگی و سرقت، ساختمان هوشمند اخطارهایی اعلام می‌کند که می‌تواند سهم به‌سزایی در پیش‌گیری از وقوع خرابی یا به حداقل رسیدن آسیب‌های احتمالی ایفا نماید (مفیدی، ١٣٩٦). در یک ساختمان هوشمند، تجهیزات نقش به‌سزایی را ایفا می‌کنند که می‌توان موارد زیر را نام برد:

٢-٢-١- مواد هوشمند: موادی هستند که قابلیت واکنش سریع لحظه‌ای و مناسب را نسبت به محرک‌های محیطی داشته باشند. اساس و زیربنای مفهوم هوشمند، دریافت واکنش موردنظر از مواد و واکنش سریع به محرک‌های خاص و ناپایدار، به‌سرعت و بی‌چون‌وچرا می‌باشد (مفیدی، ١٣٩٦).

٢-٢-٢- مصالح هوشمند: مصالح هوشمند اغلب به‌صورت مصالح قابل تطبیق یا باهوش توصیف می‌شوند. درحالی‌که بیشتر مصالح هوشمند که امروزه شناخته شده‌اند نیز به علت ویژگی آنها برای اصلاح خودشان ممکن است به‌صورت مصالح قابل تطبیق توصیف شوند. گاهی ممکن است که محصولات یا مصالح مختلف با خواص هوشمند با هم ترکیب شوند تا رفتارهای پیچیده‌ای ایجاد شوند (ظفرمندی و همکاران، ١٤٠٠).

٢-٢-٣- حسگرها: با پشتیبانی شبکه‌های حسگر فعال که متشکل از اجزای حسگر و محرک هستند، سیستم مدیریت انرژی ساختمان[4] می‌تواند اطلاعات متنوع حسگر فیزیکی را یکپارچه کند و دستگاه‌های خانگی مختلف را کنترل کند (Han & Lim, 2010).

٢-٢-٤- سامانه کنترل ایمنی، امنیت و نظارت: ایمنی و امنیت از آن دسته از اقداماتی است که هر مجموعه‌ای برای تأمین حفاظت از اموال، زندگی، مواد و تسهیلات و امکانات در برابر آتش‌سوزی، خرابی و ویرانی، ورود غیرمجاز، دزدی و بقیه اعمال غیرقانونی نادرست و جنایی به کار گرفته می‌شود (مفیدی، ١٣٩٦).

٢-٢-٥- تجهیزات خدماتی: نقش تجهیزات خدماتی در یک ساختمان هوشمند با هدف ارائهٔ عملکردی بهینه و کارکردی مصرف گرایانه برای کلیهٔ ساکنین و مراجعین امروزه نقش سازنده‌ای را ایفا می‌نماید. جهت‌گیری این سامانه‌ها بیشتر در مسیر کاهش هزینه و زمان می‌باشد (مفیدی، ١٣٩٦). سیستم مدیریت روشنایی که از خانوادهٔ سیستم‌های مدیریت هوشمند است، صرفاً سامانه‌های مورداستفاده برای روشنایی مصنوعی و بهره‌گیری حداکثر از روشنایی طبیعی را پایش و مدیریت می‌کند. در این سیستم، کلیدها و حسگرهای هوشمند، سوئیچ‌ها، کنترل‌گرها و مراکز کنترل، با قابلیت برنامه‌ریزی، تنظیم و اتصال به شبکه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد (مقررات ملی ساختمان، ١٣٩٩). در جدول ١ به تقسیم‌بندی عناصر و تجهیزات مرتبط با هوشمندسازی پرداخته شده است.

3. Artificial intelligence
4. Hems

جدول ۱ عناصر هوشمندسازی (منبع: نگارندگان)، برگرفته از (مفیدی، ۱۳۹۶؛ گرجی مهلبانی و حاج ابوطالبی، ۱۳۸۸).

عناصر	شاخص‌ها	معیارها
مواد هوشمند	• **موادی با قابلیت تغییرخواص**	• ترموکرومیک[5] • فتوکرومیک[6] • مکانوکرومیک[7] • کموکرومیک[8] • الکتروکرومیک[9] • کریستال مایع • ذرات معلق • الکترویولوژیکال[10] • مگنتورئولوژیکال[11]
	• **مواد مبادله‌کنندهٔ انرژی**	• الکترولومینوسانس[12] • فتولومینوسنت[13] • لومینوسانس[14] • فتوولتائیک
	• **مواد برگشت‌پذیر** (امکان تغییر در انرژی ورودی و خروجی و یا خواص مواد)	• پیزوالکتریک[15] • پیروالکتریک[16] • ترموالکتریک[17]
مصالح هوشمند	• **مصالح دارای قابلیت تغییر خواص درونی**	• مصالح تغییرشکل دهنده • مصالح تغییر پیونددهنده • مصالح تغییررنگ دهنده • مصالح دماواکنشی
	• **مصالح دارای قابلیت مبادله انرژی**	• مصالح ساطع کنندهٔ نور • مصالح تولیدکنندهٔ الکتریسیته • مصالح ذخیره‌کنندهٔ انرژی
	• **مصالح دارای قابلیت تغییر و مبادلهٔ مواد درونی**	• مصالح خودپاک‌شونده • مصالح ضدآب

5. Thermochromic
6. Photochromic
7. Mechanochromic
8. Chemochromic
9. Electrochromic
10. Electrological
11. Magnetorheological
12. Electroluminescence
13. photoluminescent
14. Luminescence
15. Piezoelectric
16. pyroelectric
17. Thermoelectric

حسگرها	حسگر مجاورتی، حسگر نوری، حسگر صوتی، حسگر رطوبتی، حسگر حرکتی، حسگر اینفرارد، حسگر تشخیص فشار، حسگر تشخیص دما و حسگر تشخیص سطح
سامانه کنترل ایمنی، امنیت و نظارت	سیستم قفل هوشمند درب، سیستم نظارت تصویری، سیستم اعلام وجود مونوکسید کربن و سایرگازهای سمی، سیستم اعلام حریق، سیستم دزدگیر، سیستم اعلام نشت گاز، سیستم اعلام زلزله، تشخیص نفوذ، سیستم اندازه‌گیری آب، برق و گاز.
تجهیزات خدماتی	کنترل ولتاژ نور چراغ‌ها، کنترل پرده برقی، کنترل کلی سیستم‌های سرمایش و گرمایش، کنترل پریزهای برق، کنترل تجهیزات توسط ریموت کنترل، کنترل تجهیزات از طریق کلیدهای هوشمند، کنترل تجهیزات از طریق مانیتورهای لمسی، کنترل تجهیزات از طریق موبایل‌های تحت سیستم عامل اندرویدو...، روشن و خاموش کردن چراغ‌ها بر اساس تردد، روشن و خاموش کردن چراغ‌ها بر اساس میزان نور و محیط، یکپارچه‌سازی سیستم، امکان برنامه‌ریزی سناریوهای مختلف برای عملکرد اجزای سیستم، امکان اجرای هر یک از سناریوها با زدن یک کلید و یا ارسال پیامک، دستگاه تهویهٔ مطبوع.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، در تصویر ۱ برخی از عناصر هوشمندسازی ازجمله «تجهیزات خدماتی» جهت یک‌پارچه‌سازی سیستم، سنسور روشنایی و کیفیت هوای داخلی، از «سامانهٔ کنترل ایمنی و امنیت» جهت سیستم اعلام حریق، دوربین امنیتی، خدمات تعمیر و نگه‌داری و تشخیص نفوذ و از «مواد و مصالح هوشمند» جهت تأمین انرژی و مدیریت بار و مدیریت انرژی استفاده شده است.

تصویر ۱: تجهیزات خانه هوشمند (Younus, ul Islam, Khan & Khan, 2019)

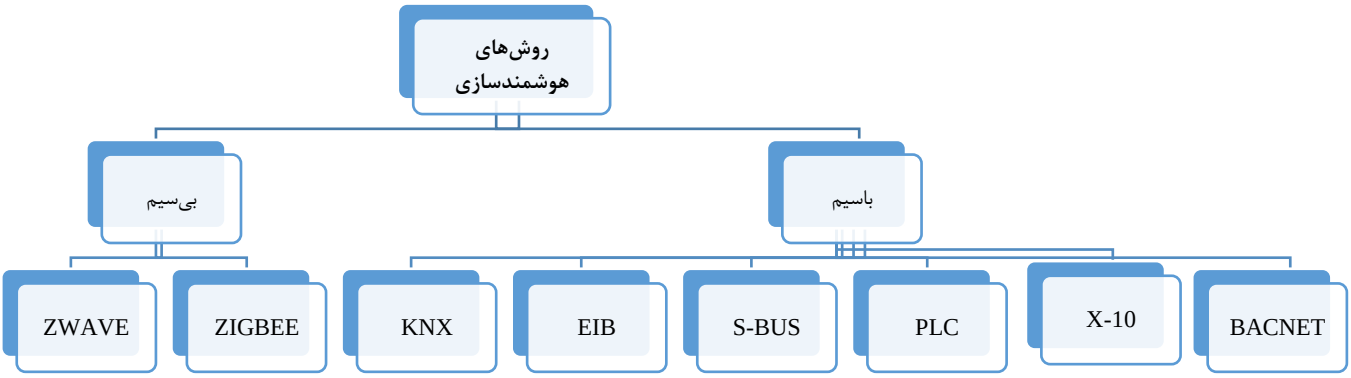
۲-۳- روش‌های هوشمندسازی

هوشمندسازی در ساختمان به دو روش انجام می‌شود:

۲-۳-۱- هوشمندسازی با سیم: در این روش از بستر سیمی برای هوشمندسازی استفاده می‌شود. از مزایای باسیم آسان بودن نوع ارتباط آن است و از معایب آن حجم زیاد سیم‌کشی می‌باشد (طیبی، ۱۳۹۹).

۲-۳-۲- هوشمندسازی بی‌سیم: در این روش ارتباط بین تجهیزات از طریق امواج وایرلس صورت می‌گیرد. از مزایای این روش، نبود سیم‌کشی بسیار زیاد و تهیه و نصب آن با کم‌ترین تخریب و پایین‌ترین هزینه است. همچنین به دلیل تعداد بسیار زیادی خروجی و برنامه‌دهی بالا، برای انواع سناریو می‌توان از آن استفاده کرد. از معایب این سیستم ارتباط شبکه‌ای آن است که در نبود اینترنت نمی‌توان

آن را از راه دور کنترل کرد (طیبی، ۱۳۹۹). نمودار شماره ۲ انواع روش‌های هوشمندسازی در ساختمان را به‌صورت باسیم و بی‌سیم نشان می‌دهد.



نمودار ۲ روش‌های هوشمندسازی (منبع: نگارندگان)

۲-٤- تأثیرات هوشمندسازی

مرور پیشینه و مبانی نظری مربوط به موضوع نشان می‌دهد هوشمندسازی خانه از طریق چهار مؤلفهٔ کالبدی، زیست‌محیطی، اقتصادی و روانی می‌تواند موجب ارتقای سطح کیفیت زندگی ساکنین شود که شاخص‌های مربوط به هرکدام از این مؤلفه‌ها از دیدگاه محققین مختلف موردبررسی قرارگرفته و در قالب جدول ارائه شده است (جدول ۲)

جدول ۲ مؤلفه‌های هوشمندسازی مؤثر در ارتقای کیفیت زندگی ساکنین از دیدگاه محققین، (منبع: نگارندگان)

مؤلفه	شاخص	منبع
کالبدی	راحتی و آسایش	(رضائی و مرادی، ۱٤۰۰)، (کاظمی پوران بدر و همکاران، ۱۳۹۹)، (رستمی، حاتمی و حسینی، ۱۳۹۹).
	ایمنی در برابر حریق	(باقری زیاری و همکاران، ۱۳۹۵).
	تهویهٔ مطبوع	(هنرور و حقیقی، ۱٤۰۰).
اقتصادی	کاهش هزینهٔ مصرف انرژی	(هنرور و حقیقی، ۱٤۰۰)، (امیدوار، تبریزیان و شاهمیرزاد، ۱٤۰۰)، (علیزاده، جعفری نوکندی و سلطان مرادی، ۱۳۹۸).
	کاهش هزینهٔ تعمیر و نگه‌داری	(رستمی و همکاران، ۱۳۹۹)، (ابوطالب، ۱۳۹۵).
روانی	امنیت	(ابوطالب، ۱۳۹۵)، (باقری زیاری و همکاران، ۱۳۹۵).
زیست‌محیطی	بهینه‌سازی مصرف انرژی	(هنرور و حقیقی، ۱٤۰۰)، (امیدوار و همکاران، ۱٤۰)، (رضائی و مرادی، ۱٤۰۰)، (ترتیبیان و حق‌پرست، ۱٤۰۰)، (گرجی مهلبانی و حاج ابوطالبی، ۱۳۸۸)، (رستمی و همکاران، ۱۳۹۹).
	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	(کاظمی پوران بدر و همکاران، ۱۳۹۹).
	عدم استفاده از سوخت‌های فسیلی	(محمد طیبی، ۱۳۹۹).
	کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی	(کاظمی پوران بدر و همکاران، ۱۳۹۹)، (ثبات ثانی و مهمان‌نواز، ۱۳۹۷).

با توجه به وجود بحران انرژی در جهان، این پژوهش، به تأثیر هوشمندسازی در صرفه‌جویی در انرژی در حوزهٔ زیست‌محیطی پرداخته است.

۲-۵- بهینه سازی مصرف انرژی با بهره‌گیری از هوشمندسازی

بهره‌برداری از ساختمان‌ها تقریباً به یک‌سوم مصرف جهانی انرژی و سهم مشابهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. در ایران انرژی مصرفی ساختمان‌ها بیش از ٤٠٪ کل انرژی مصرفی کشور می‌باشد. امروزه محیط‌زیست، صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و توسعهٔ پایدار به مباحث بسیار مهم و رایج در سطح بین‌المللی تبدیل شده‌اند (شیخی نشلجی و مهدی‌زاده سراج، ١٤٠١). یکی از مهم‌ترین چیزهایی که چرخ جامعه را به حرکت درمی‌آورد انرژی است. مصرف انرژی برای چرخش زندگی روزانهٔ بشر معادل ١٤ تریلیون وات است که ٣٣٪ آن از مواد نفتی، ٢٥٪ آن از ذغال‌سنگ، ٢٠٪ آن از گاز، ٧٪ آن از نیروی اتمی، ٥/١٤٪ آن از هیدروالکتریک و کمتر از ٥٪ آن از انرژی خورشیدی یا بادی تأمین می‌شود. امروز ٧٨٪ انرژی مصرفی دنیا از سوخت‌های فسیلی یعنی نفت، گاز و ذغال‌سنگ است. درواقع مادر تمام انرژی‌ها همان انرژی سوختی است و این موضوع، دو مشکل بسیار بزرگ آلودگی محیط‌زیست و محدودیت انرژی سوختی را به همراه دارد (بهفروز، ١٣٩٤).

همان‌طور که گفته شد انرژی نقش مهمی در توسعهٔ اقتصادی یک کشور ایفا می‌کند، پس یک منبع انرژی قابل‌اعتماد برای بهبود استانداردهای زندگی مردم موردنیاز است. برای دست‌یابی به چنین هدفی، دولت‌ها و صنایع در تلاش برای نصب یک زیرساخت انرژی جدید به نام شبکه هوشمند هستند (Mir, Abbasi, Mir, Kanwal & Alamri, 2021). یکی از ویژگی‌های اصلی شبکه هوشمند، یکپارچه‌سازی منابع انرژی تجدیدپذیر و ذخیره در سمت مصرف است. سیستم مدیریت انرژی در خانهٔ هوشمند معمولاً چندمنظوره می‌باشد و به ساکنین امکان کنترل، بهینه‌سازی و نظارت بر مصرف انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی را می‌دهد (Halimi, 2020). این سامانه مبتنی بر رایانه و نصب‌شده در داخل ساختمان، برای کنترل و نظارت بر تجهیزات و سیستم‌های مرتبط با تأسیسات مکانیکی و الکتریکی داخل ساختمان می‌باشد (مقررات ملی ساختمان، ١٣٩٩).

۳- روش‌شناسی

روش این پژوهش ازلحاظ ماهیت، کیفی و ازلحاظ هدف کاربردی است. در گام اول با مرور مبانی نظری و پیشینه تحقیق در حوزهٔ هوشمندسازی و بهینه‌سازی انرژی، اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای-اسنادی جمع‌آوری‌شده و سپس مؤلفه‌های مؤثر در هوشمندسازی ازنظر محققین، در قالب جدول ارائه شده است. (جدول ٢)

در گام دوم از جمع‌بندی پژوهش‌های پیشین، مدل مفهومی «عملکرد عناصر هوشمندسازی در کاهش مصرف انرژی» از طریق تحلیل محتوا استخراج شده است. برای بررسی محتوای آشکار، دوپهلو، مبهم، پنهان و حتی پیچیده در یک متن می‌توان از روش تحلیل محتوا به عنوان یک روش پژوهشی استفاده نمود، درواقع این روش برای کشف مؤلفه‌ها و شاخص‌های یک پژوهش، منطبق بر اهداف آن به‌کار می‌رود. کریپندروف (٢٠١٢) تحلیل محتوا را «بررسی نظام‌مند، دقیق، مشروح و تفسیر مفاهیم جخت شناخت الگوها، گرایش‌ها، معانی و موضوعات» تعریف می‌کند. این روش در جستجوی دریافت و درک موارد پنهانی و قابل‌استخراج از بیانات و محتواها است (آذر، ١٣٨٠). گام اصلی در تحلیل محتوا، انتخاب مقوله یا متغیرهای موردبررسی است. در بسیاری از موارد پژوهشگر باید با مطالعهٔ عمیق به زیرمقوله‌ها یا همان ابعاد و شاخص‌ها نیز دست یابد. در نمودار شمارهٔ ٤، مقوله‌ها و زیرمقوله‌های مرتبط با هوشمندسازی بر اساس تحلیل محتوای منابع پیشین ارائه شده‌اند.

٤- یافته‌ها

مرور پیشینه و مبانی نظری مربوط به موضوع نشان داد که عناصر هوشمندسازی شامل تکنولوژی‌های نوین از طریق «مواد و مصالح هوشمند»، «حسگرها»، «سامانهٔ کنترل امنیت و نظارت و ایمنی» و «تجهیزات خدماتی» می‌باشد که با دو روش باسیم و بی‌سیم می‌تواند نیاز ساکنین خانه‌های معاصر را پاسخ دهد. علاوه بر این، یافته‌ها نشان می‌دهد هوشمندسازی خانه از طریق چهار مؤلفهٔ کالبدی، زیست محیطی، اقتصادی و روانی می‌تواند موجب ارتقای سطح کیفیت زندگی ساکنین شود که شاخص‌های مربوط به هرکدام از این مؤلفه‌ها از دیدگاه محققین مختلف موردبررسی قرارگرفته و در قالب جدول ارائه شده است (جدول ۲) همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد، مهم‌ترین شاخص از مؤلفهٔ زیست‌محیطی، کاهش مصرف انرژی است که در این پژوهش نیز به‌طور خاص بررسی تأثیر عناصر هوشمندسازی بر صرفه‌جویی در مصرف انرژی مدنظر می‌باشد. از جمع‌بندی مؤلفه‌ها و شاخص‌های مستخرج از جدول پیشینه، مدل مفهومی زیر ارائه شده است. (نمودار ۳)

نمودار ۳ مدل مفهومی مؤلفه‌های هوشمندسازی در ساختمان، (منبع: نگارندگان)

از میان عناصری که هوشمندسازی ساختمان را به عهده دارند، برخی موجب بهینه‌سازی در مصرف انرژی می‌شوند در نمودار ٤ آمده اند.

امروزه به دلیل استفادهٔ بی‌رویه منابع انرژی به‌خصوص سوخت‌های فسیلی، بشر با بحران آلودگی هوا روبرو شده است؛ بنابراین ضروری است برای حفظ سلامتی انسان‌ها و سایر موجودات از این منابع به‌درستی استفاده شود. رشد تکنولوژی در دنیای مدرن، منجر به ارائهٔ راهکارهای مختلف ازجمله هوشمندسازی ساختمان شده که نه‌تنها موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود، بلکه کاهش آلودگی زیست محیطی را نیز به دنبال دارد. در ساختمان‌های هوشمند، متناسب با نوع سیستم مورداستفاده تا ۳۰ درصد در مصرف انرژی برق، آب و گاز صرفه‌جویی می‌شود.

نمودار ٤ عملکرد عناصر هوشمندسازی در کاهش مصرف انرژی (منبع: نگارندگان)

مواد هوشمند، موادی هستند که شرایط محیطی را حس کرده و با پردازش این اطلاعات حسی، نسبت به محیط عمل می‌کنند. یک دسته از مواد هوشمند انرژی را از نوعی به نوع دیگر تبدیل می‌کنند. به‌عنوان‌مثال مواد فتوولتائیک (قدرت‌زای نوری) که در پاسخ به محرک نور مرئی جریان الکتریکی ایجاد می‌کنند و از این طریق مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش پیدا می‌کند.

مصالح هوشمند، مصالحی هستند که در صورت قرار گرفتن در معرض تغییرات فیزیکی و شیمیایی قادر به تغییر ویژگی‌های خود هستند. این مصالح قادر به درک تغییرات زیست‌محیطی و پردازش آن‌ها هستند و در برابر این رویدادها از خود واکنش نشان می‌دهند. نوع اول این مصالح قادر به ذخیرهٔ انرژی هستند. مصالح ذخیره‌کنندهٔ انرژی به روش‌های مختلف عمل می‌کنند و از قابلیت برگشت‌پذیری برخوردار می‌باشند. برای مثال انرژی را به شکل گرما، نور و الکتریسیته ذخیره می‌سازند. این مصالح به مصالح تغییر حالت‌دهنده در معماری و ساختمان‌سازی معروف هستند و می‌توان از آن‌ها برای کاربردهای مختلف استفاده نمود. یکی از کاربردهای مصالح ذخیره کنندهٔ انرژی استفاده از آن‌ها به عنوان واسطهٔ تنظیم دما است؛ بدین‌صورت که با ذخیره کردن سرما یا گرما در نهان خود قادر به تنظیم دمای مکان موردنظر هستند. نوع دوم مصالح به‌صورت برگشت‌پذیر در برابر تغییرات دمایی اطراف خود واکنش نشان می‌دهند. ازجمله کاربردهای این مصالح استفاده از آن‌ها در سیستم‌های تهویهٔ ساختمان است. برای مثال برخی از این سیستم‌ها در دماهای مشخص با باز و بسته شدن منجر به تهویهٔ هوای اتاق می‌شوند، برخی دیگر در نمای ساختمان برای تهویه استفاده می‌شوند.

سنسور یا حسگر ابزاری است که به یک محرک فیزیکی خاص واکنش نشان می‌دهد و یک سیگنال الکتریکی قابل اندازه‌گیری تولید می‌کند. سنسورها می‌توانند مکانیکی، الکتریکی، مغناطیسی یا نوری باشند. نوع اول حسگرها حسگر حرکتی برای ثبت حرکت در محیط اطراف کاربرد دارند که باعث تنظیم روشنایی می‌شود. نوع دوم حسگر اینفرارد است این سنسور ابزاری الکترونیکی است که برای حس کردن ویژگی‌های خاصی در محیط اطراف استفاده می‌شود. این کار با انتشار تابش مادون قرمز انجام می‌شود. حسگرهای اینفرارد همچنین قادر به اندازه‌گیری گرمای ساطع شده توسط جسم و تشخیص حرکت نیز هستند. نوع سوم حسگرها، حسگر فشار است که فشار را کنترل می‌کند. وقتی فشاری به سنسور فشار اعمال می‌شود، سنسور یک مدار الکتریکی را قطع یا وصل می‌کند. نوع چهارم حسگر تشخیص دما است که برای اندازه‌گیری دمای محیط و یا سیالات استفاده می‌شوند. نوع پنجم حسگرها، حسگر سطح می‌باشد. حسگر سطح وسیله‌ای است که برای نظارت، نگه‌داری و اندازه‌گیری سطح مایع (و گاهی جامد) طراحی شده است. پس از تشخیص سطح مایع، سنسور داده‌های دریافت شده را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند.

امروزه جهت دست‌یابی به ایمنی و امنیت و تأمین آسایش و رفاه هر چه بیشتر و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در هر مکانی اعم از محیط‌های زندگی، اداری و یا اجتماعی، به‌کارگیری تجهیزات مدیریت متمرکز هوشمند کنترلی، نظارتی و حفاظتی، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر شده است. ساختمان‌های هوشمند مبتنی بر استفاده از سیستم اندازه‌گیری هوشمند هستند. اندازه‌گیری هوشمند اطلاعات، اندازه‌گیری فوری و تجمعی را برای ارائه دهندگان خدمات در مورد برق، گاز، آب و غیره فراهم می‌کند. اصلی‌ترین جزء شبکهٔ هوشمند ایجاد زیرساخت اندازه‌گیری هوشمند برای حامل انرژی است.

تهویهٔ مطبوع یا هوارسانی دلپذیر یا هوایش دلپذیر نوعی از تجهیزات خدماتی و شاخه‌ای از مهندسی مکانیک است که وظیفهٔ آن تأمین شرایطی است که موجب رفاه انسان شود و برای نگه‌داری محصول یا فرآیند خاصی موردنیاز باشد. برای انجام چنین عملی دستگاهی با ظرفیت مناسب بایستی نصب و در طی سال کنترل گردد. ظرفیت دستگاه با حداکثر بار لحظه‌ای واقعی تعیین می‌گردد و نوع کنترل نیز با توجه به شرایطی که باید در طی مدت اعمال پیک بار و بار جزئی تأمین شود، مشخص می‌شود. تخمین بار ممکن است گاهی به روش دقیق و گاهی نیز با روش‌های سرانگشتی انجام گیرد. دقت در تخمین بار یکی از عوامل بهینه‌سازی مصرف انرژی است. تهویهٔ مطبوع معمولاً شامل: سرمایش، گرمایش، رطوبت‌زنی و رطوبت‌زدائی وتصفیه هوا است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در دنیای پیشرفتهٔ امروز بایستی صنعت ساختمان را با کمک تکنولوژی و فناوری‌های روز جهان، از کهنگی دور نگه داشت. هزینهٔ یک ساختمان تنها هزینهٔ طراحی و ساخت نبوده بلکه هزینهٔ نگه‌داری و استفاده از آن را نیز شامل می‌شود. اغلب ساختمان‌ها فاقد امکانات لازم برای مدیریت انرژی می‌باشند و نمی‌توانند پاسخ‌گوی تحولات محیط و نیازهای جدید باشند. تکنولوژی در ساختمان تأثیرات متفاوتی دارد که می‌توان به تسهیل روش‌های ساختن، افزایش کیفیت، ایمنی و بهره‌وری، تطبیق‌پذیری ساختمان با عوامل محیطی، کاهش هزینه‌های معماری، روش‌های ساخت‌وساز جدید، استاندارد شدن ساختمان، استفاده از کامپیوتر در فرآیند طراحی معماری و هوشمندسازی اشاره کرد. هوشمندسازی از طریق مواد و مصالح هوشمند، حسگرها، سامانهٔ کنترل ایمنی، امنیت و نظارت و تجهیزات خدماتی انجام می‌شود و از طریق مؤلفه‌های کالبدی، اقتصادی، روانی و زیست‌محیطی بر کیفیت زندگی ساکنین تأثیرگذار است. با توجه به مصرف بالای سوخت‌های فسیلی و بحران انرژی در جهان، یکی از مهم‌ترین تأثیرات هوشمندسازی، بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق مؤلفهٔ زیست‌محیطی است. لذا این پژوهش به دنبال کشف عناصری از هوشمندسازی در ساختمان‌های مسکونی است که مصرف انرژی را نیز به حداقل می‌رسانند. از میان «مواد هوشمند»، «مواد تبدیل‌کننده انرژی» از طریق تبدیل انرژی به شکل دیگری از آن، از میان «مصالح هوشمند»، «مواد مبادله‌کنندهٔ انرژی» از طریق ذخیرهٔ انرژی به‌صورت سرما و گرما و آزاد کردن آن و «مصالح دماواکنشی» از طریق انبساط در گرماسنج‌ها به عنوان ترموستات‌های گرمایشی برای سرویس خدماتی ساختمان و در گلخانه‌ها و یا نمای ساختمان برای کنترل و مدیریت انرژی، موجب کاهش مصرف انرژی می‌شوند. از میان «حسگرها»، «حسگر حرکتی» از طریق سنسورهای حساس به حضور افراد بعد از مدت زمان تعیین شده و کاهش شدت روشنایی، «حسگر اینفرارد»، به واسطهٔ حساسیت بالا به اشعهٔ مادون قرمز، «حسگر تشخیص فشار»، جهت کنترل فشار گازها و مایعات درون خط لوله استفاده می‌شود و می‌تواند وجود نشتی در کنترل جریان را نشان دهد، «حسگر تشخیص دما» جهت جلوگیری از داغ شدن بیش از حد محیط یا دستگاه و جلوگیری از هدر رفت انرژی گرمایی مورداستفاده قرار می‌گیرد و «حسگر تشخیص سطح» از طریق سنجش صحیح سطح مخزن آب، در مصرف هزینه و زمان صرفه‌جویی می‌کند. بهینه‌سازی انرژی در «سامانهٔ ایمنی، امنیت و نظارت» نیز از طریق «سیستم‌های اندازه‌گیری آب، برق و گاز» با دریافت ولتاژ، جریان و اطلاعات انجام می‌شود و درنهایت در «تجهیزات خدماتی» بهینه‌سازی انرژی به‌وسیلهٔ شاخص «تهویهٔ مطبوع» با توجه به شرایط محیطی اعم از دما، رطوبت، گرمایش و سرمایش فصلی، کنترل آلاینده‌های سیال در هوا، کنترل هوای تازه به نسبت حضور افراد در ساختمان و بسیاری پارامترهای دیگر عمل می‌کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

٦- تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله سپاس و قدردانی خود را از استاد محترم سرکار خانم دکتر مریم مجتبوی بابت راهنمایی‌های ارزشمندشان در طی دوران انجام پژوهش بیان می‌دارم.

٦- منابع

۱- ابوطالب، ن. (۱۳۹۵). کاربرد مصالح هوشمند در طراحی ساختمان‌های آینده با محوریت معماری پایدار، *کنفرانس بین‌المللی پژوهش در مهندسی، علوم و تکنولوژی*، ۱-۱٤.

۲- ادینگتون، م.، و شودک، د. (۱۳۹۲). *فناوری‌های هوشمند و کاربردهای آن در معماری و طراحی*. چاپ اول. ترجمهٔ مهدوی نژاد، م. ج.، و مولایی، م. م. مرکز تحقیقات راه، مسکن وشهرسازی. تهران.

٣- آذر، ع. (١٣٨٠). بسط و توسعه روش آنتروپی شانون برای پردازش داده‌ها در تحلیل محتوا. *فصل‌نامه علمی-پژوهشی علوم انسانی دانشگاه الزهرا (س)*. سال یازدهم، شمارهٔ ٣٧ و ٣٨.

٤- ارجمندنیا، ع. (١٣٩٥). بهره‌گیری از مصالح و نماهای هوشمند با رویکرد پایدار (نمونه موردی: شهرستان شهرکرد، استان چهارمحال و بختیاری). *مطالعات هنر و معماری*، ٢ (٧)، ٣١-٤١.

٥- امیدوار، ر.، تبریزیان، م.، و شاهمیرزاد، ح. (١٤٠٠). کاربرد یک روش چند هدفه کاربرمحور جهت مدیریت انرژی در خانهٔ هوشمند با حفظ حریم مصرف‌کنندگان. *فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو*، ٨(٢)، ١١-٢٠.

٦- باقری زیاری، م. ج.، و جعفری، ب.، و رضایی، م. (١٣٩٥)، مدیریت مصرف انرژی با استفاده از تکنیک‌های نوین هوشمندسازی ساختمان، *کنفرانس بین‌المللی پژوهش در مهندسی، علوم و تکنولوژی*، ١-١٤.

٧- بهفروز، ع. (١٣٩٤). *پیش‌بینی فناوری‌های قرن بیست‌ویکم*. چاپ اول. شرکت سهامی انتشار. تهران.

٨- ترتیبیان، ز.، و حق پرست، م. (١٤٠٠). بهینه‌سازی مصرف انرژی اینترنت اشیاء با استفاده از سیستم فازی در ساختمان‌های هوشمند. *مجله نخبگان علوم و مهندسی*، ٦ (٦)، ٨٠-٩٤.

٩- ثبات ثانی، ن.، و مهمان نواز، ف. (١٣٩٧). همنشینی بامبو و تکنولوژی شیشه‌های هوشمند گامی به سوی معماری همساز با طبیعت (مطالعه موردی: طراحی بوفه دانشکده معماری، هنر و شهرسازی ارومیه). *مجله نخبگان علوم و مهندسی*، ٣(٤)، ٤٥-٥٣.

١٠- رستمی، ر.، حاتمی، ن.، و حسینی، س. س. (١٣٩٩). بررسی ساختمان هوشمند با رویکرد بهینه‌سازی مصرف انرژی. همایش ملی پژوهش‌های نوین در علوم و فناوری، ١٩، ١-١١

١١- رضائی، ع.، و مرادی، ب. (١٤٠٠). بهینه‌سازی انرژی الکتریکی مصرفی بر اساس الگوهای رفتاری ساکنان در خانهٔ هوشمند با استفاده از الگوریتم داده کاوی با به کارگیری سیستم شبکه هوشمند و منابع انرژی تجدیدپذیر. *هوش محاسباتی در مهندسی برق*، ١٢ (٢)، ١-١٤.

١٢- شاهرودی، ع.، و گلابچی، م. (١٣٨٦). *مقدمه‌ای بر معماری و تکنولوژی*. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

١٣- شیخی نشلجی، م.، و مهدی‌زاده سراج، ف. (١٤٠١). طراحی سایبان هوشمند برای ساختمان اداری جهت کنترل ورود نور ستقیم خورشید مبتنی بر کاهش بار سرمایشی با الگوبردای از گره‌های ایرانی اسلامی. مجله علمی *پژوهش‌های معماری نوین*، ٢ (١)، ٧-٢٦.

١٤- طیبی، م. (١٣٩٩). *ساختمان‌های هوشمند گامی در ایجاد شهرهای هوشمند*. چاپ اول. نشر زرین اندیشمند. تهران.

١٥- ظفرمندی، ش.، امیرجمشیدی، م.، و صناعی، ا. (١٤٠٠). کاربرد مصالح هوشمند در طراحی معماری تعاملی (نمونه موردی: بناهای هوشمند شهر تهران). *فصلنامه پژوهش‌های نوین علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی*، ٣٢، ١٥١-١٦٦.

١٦- علیزاده، م.، جعفری نوکندی، م.، و سلطان مرادی، ی. (١٣٩٨). مدل‌سازی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در خانه هوشمند با حضور ذخیره‌ساز انرژی، سلول خورشیدی، خودروی برقی و پاسخگویی بار. *مجله مدل سازی در مهندسی*، ١٧ (٥٧)، ٢١٥-٢٢٦.

١٧- کاظمی پوران بدر، س.، دانشجو، ف.، معصومی حقیقی، ع.، و شایانفر، م. (١٣٩٩). بررسی تاثیر سیستم مدیریت ساختمان و عایق سازی در کاهش مصرف انرژی با استفاده از تحلیل انرژی ساختمان‌های مسکونی. *نشریهٔ علمی پژوهشی مهندسی سازه و ساخت*، ٧(٢)، ، ٥-٢٣.

١٨- گرجی مهلبانی، ی.، و حاج ابوطالبی، ا. (١٣٨٨). مصالح هوشمند و نقش آن در معماری. *مسکن و محیط روستا*، ٢٨ (١٢٧)، ٦١-٨٨.

١٩- لفافچی، م.، دهباشی شریف، م.، و اعتصام، ا. (١٣٩٩). شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های معماری و فرهنگ با تکیه بر کاربرد تکنولوژی در عصر جهانی شدن (مورد مطالعه: شهر تهران). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ٢٠ (٥٩)، ٢٥٣-٢٦٧.

۲۰- مفیدی، م. (۱۳۹٦). *ساختمان هوشمند*. چاپ اول. انتشارات سیمای دانش. تهران.

۲۱- مقررات ملی ساختمان. (۱۳۹۹). *مبحث نوزدهم صرفه‌جویی در مصرف انرژی*. چاپ ششم. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. تهران.

۲۲- نعمتی، ر.، حسن‌زاده، م.، و ملکی، م. (۱۳۹۷). استفاده از تکنولوژی‌های نوین در بررسی ساختمان‌های هوشمند با تأکید بر رفاه اجتماعی. *مجله نخبگان علوم و مهندسی*، ۳(۳)، ٤۸-۵۸.

۲۳- هنرور، س.، و حقیقی، ج. (۱٤۰۰). بررسی تکنولوژی ساختمان‌های هوشمند با تأکید بر استفاده از فناوری‌های نوین معماری در کاهش انرژی ساختمان. *شباک*، ۷(۲)، ۳۹-۵۱.

۲٤- یوسفی نژاد، س.، و محمودی زرندی، م. (۱۳۹۷). ارائهٔ راهکارهای طراحی پلکان در خانه‌ها با استفاده از معماری هوشمند در جهت بهینه‌سازی فضا. *معماری شناسی*، ۱(٦)، ۱-۸.

25- Al Dakheel, J., Del Pero, C., Aste, N., & Leonforte, F. (2020). Smart buildings features and key performance indicators: A review. *Sustainable Cities and Society*, *61*, 102328.

26- Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021), Artificial intelligence evolution in smart buildings for energy efficiency, *Applied Sciences*, *11*(2), 2021, 763

27- Halimi, H. (2020). Energy management algorithm for smart home with renewable energy sources. *Int. J. Comput. Sci. Telecommun.*, *11*(1), 1-5.

28- Han, D. M., & Lim, J. H. (2010). Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, *56*(3), 1417-1425.

29- Ismagilova, E., Hughes, L., Dwivedi, Y. K., & Raman, K. R. (2019). Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. *International journal of information management*, *47*, 88-100.

30- Krippendorff, K. (2012). Content analysis: An introduction to its methodology. SAGE Publications, Incorporated.

31- Kumar, A., Sharma, S., Goyal, N., Singh, A., Cheng, X., & Singh, P. (2021). Secure and energy-efficient smart building architecture with emerging technology IoT. *Computer Communications*, *176*, 207-217.

32- Mir, U., Abbasi, U., Mir, T., Kanwal, S., & Alamri, S. (2021). Energy management in smart buildings and homes: current approaches, a hypothetical solution, and open issues and challenges. *IEEE Access*, *9*, 94132-94148.

33- Younus, M. U., ul Islam, S., Ali, I., Khan, S., & Khan, M. K. (2019). A survey on software defined networking enabled smart buildings: Architecture, challenges and use cases. *Journal of Network and Computer Applications*, *137*, 62-77.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Investigating the Effects of Intelligent Architecture in the Interior Design of the House on Energy Saving

Seyedah Maryam Mojtabavi*[1], Behnaz Bananezhad Mashhadi[2]

1- Assistant Professor, Department of Architecture, Ferdows Institute of Higher Education, Mashhad, Iran. (Corresponding Author)
mojtabavi_m@yahoo.com
2- Master student of Interior Architecture, Ferdows Institute of Higher Education, Mashhad, Iran.
Behnazbananezhad.bb@gmail.com

Abstract

Today, with the advancement of technology, it is possible to update building components to increase human-technology interaction, provide more comfort, and achieve security, safety, comfort, and better control in the residential space. Also, the energy crisis globally has become one of the most pressing issues today. Smart architecture can mitigate the issue by reducing fossil fuels, electricity, and gas consumption, followed by greenhouse gas and harmful environmental effects reduction. As a result, intelligent and smart architecture should be used in the building interior. The purpose of this research is to investigate the effects of using technology in buildings and the impact of smart elements on the lives of residents, especially in optimizing energy consumption. The present research method is qualitative in nature and practical in purpose. In the first step, by reviewing the theoretical foundations and research background related to intelligence and energy optimization, information was collected through library-documentary studies, analyzed through content analysis, and then, intelligence elements were extracted in the form of a conceptual model. Next, the effects of intelligence on improving residents' quality were investigated. Finally, the performance of cognitive measures that reduce energy consumption was analyzed. The findings showed that one of the effects of technology on building construction is bringing intelligence, which is through "smart materials", "smart sensors", "security and safety control and monitoring systems" and "service equipment" that can be implemented by two methods, wired and wireless. This leads to improving the economic, psychological, physical, and environmental components of residents' life quality. A significant effect of intelligent architecture is its reduction of energy consumption from environmental components, details of its categories and subcategories given in diagrams.

Keywords: Smart building, Make smart, Energy consumption, Technology, Energy efficiency

This Journal is an open access Journal Licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License

(CC BY 4.0)