

بررسی تأثیرات هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی بر کاهش هزینه

نمونه‌ی مطالعاتی: شهر پردیس

Investigating the Effects of Intelligence of Residential Complexes on Cost Reduction

Case Study: Pardis City

مریم پیرایی^۱، مهناز رضایی^۲، محمدرضا سلیمانی^۳

چکیده

استفاده از سیستم مدیریت هوشمند ساختمان، به دلیل مزایایی مانند صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، افزایش ایمنی و سطح رفاه و آسایش، به عنوان سرمایه‌گذاری موثر در پایداری و بهینه‌سازی ساختمان‌ها شناخته می‌شود. بنابراین در طراحی و ساخت ساختمان‌های جدید، لازم است از این سیستم‌ها استفاده شود. پژوهش حاضر، با هدف شناخت مؤلفه‌های هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی در شهر پردیس برای کاهش هزینه‌ها انجام شده است. داده‌های پژوهش طی فرآیند پیش‌پردازش و غربالگری داده‌ها و اطمینان از معتبر بودن، به وسیله‌ی آمار توصیفی برای گروه‌بندی و توصیف خصوصیات نمونه‌ی آماری با متغیرهای جمعیت شناختی تعریف شده‌اند و سپس توصیف متغیرهای کمی با روش آمار توصیفی و استنباطی صورت گرفته است. در نهایت با استفاده از تکنیک دیمتل، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مؤلفه‌های هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی با هدف کاهش هزینه مشخص شده است. دیمتل، تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره است که برای شناسایی اجزای زنجیره‌ی علت-معلولی سیستم در نظر گرفته می‌شود و در این پژوهش به منظور تعیین میزان اثرات مؤلفه‌های هوشمندسازی بر کاهش هزینه‌ها استفاده شده است. براساس یافته‌های پژوهش، مؤلفه‌هایی چون سیستم نورپردازی هوشمند، کنترل بازشوها به صورت هوشمند و استفاده از نمای هوشمند، به دلیل داشتن روابط علی و معلولی متعددی که با سایر مؤلفه‌ها دارند، جز کلیدی‌ترین مؤلفه‌ها در هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی شهر پردیس با تأکید بر کاهش هزینه‌ها است.

کلیدواژگان: هوشمندسازی، مجتمع مسکونی، کاهش هزینه، شهر پردیس.

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته‌ی معماری، دانشکده‌ی هنر و معماری، دانشگاه آزاد تهران غرب، تهران، ایران. (نویسنده‌ی مسئول)، پست الکترونیکی:

Maryam.pirae95@gmail.com

^۲ - استادیار گروه معماری، دانشکده‌ی هنر و معماری، دانشگاه خاتم، تهران، ایران. پست الکترونیکی: Ma.rezaie@khatam.ac.ir

^۳ - استادیار گروه معماری، دانشکده‌ی هنر و معماری، دانشگاه آزاد تهران غرب، تهران، ایران. پست الکترونیکی: Soleimani.mohammadreza@wtiau.ac.ir

۱- مقدمه

اگرچه اجرای سیستم مدیریت ساختمان ممکن است، منجر به افزایش هزینه‌های ساخت شود، اما از طرفی میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های جاری ساختمان ناشی از اجرای این سیستم می‌تواند در مدت کوتاهی، هزینه‌های اولیه را جبران و در مقایسه با ساختمان‌های سنتی، سطح بالاتری از آسایش را برای ساکنان فراهم کند. علاوه بر این، در هنگام بهره‌برداری، به راحتی می‌توان عملیات تغییر و بهینه‌سازی را برای راهبری بهتر و کاهش هزینه‌های تعمیراتی انجام داد (جان بزرگی، ۱۳۸۸، ۳). روند رشد فناوری سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در حوزه‌ی هوشمندسازی خانگی، هتل‌ها و ساختمان‌های رفاهی، نشان‌دهنده‌ی این واقعیت است که تکنولوژی در صنعت اتوماسیون خانگی و ساختمان‌های هوشمند، به‌عنوان شاخصی برای یکپارچه‌سازی و رفاه بیشتر، به‌صرفه‌تر شدن در زمان، مکان و... کمک می‌کند (حاجی‌زاده طوسی و همکاران، ۱۳۹۳).

ساختمان هوشمند، با بهره‌گیری از تکنولوژی هوشمند، سطح زندگی کاربران را بهبود می‌بخشد. استفاده از تکنولوژی در سطوح مختلف، به‌طور غیرمستقیم، در افزایش سلامت، امنیت و کارایی ساختمان کمک می‌کند. هدف ساختمان هوشمند، به‌دست آوردن ارتباط و هماهنگی بین دسترسی به نور، امنیت، نظارت، مدیریت و ارتباط راه دور است. ساختمان هوشمند، بنایی است که با افزایش کارایی ساکنین و فراهم آوردن امکان مدیریت مؤثر و با کمترین هزینه، به گونه‌ای موجب افزایش ۱۰٪ تا ۳۰٪ بهره‌وری در پیشرفت داشته و کارایی بالاتری را برای ساکنان فراهم می‌کند (افشاری بصیر، ۱۳۹۰). در واقع سیستم مدیریت هوشمند ساختمان با به‌کارگیری آخرین تکنولوژی‌ها درصدد است تا شرایط ایده‌آل همراه با مصرف بهینه‌ی انرژی در ساختمان را پدید آورد. این سیستم‌ها علاوه بر ایجاد شرایط محیطی مناسب و کنترل و مدیریت بخش‌های مختلف ساختمان، سبب بهینه‌سازی مصرف انرژی، افزایش سطح کارایی و بهره‌وری سیستم‌ها و امکانات موجود در ساختمان می‌شوند. هم‌چنین کنترل و دسترسی به این سیستم، با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه از هر نقطه در داخل ساختمان و خارج از آن از طریق اینترنت مقدور است (عبیدی، ۱۳۹۴). به‌طور میانگین، حداقل ۳۰ درصد انرژی توسط ساکنین واحدهای مسکونی مصرف می‌شود و به‌طور کلی این افراد تمایلی به تحلیل و برنامه‌ریزی برای نحوه‌ی مصرف انرژی اجزای ساختمان و صرفه‌جویی در هزینه‌ها را ندارند که این حقایق موضوع توسعه‌ی راه‌حل‌های هوشمند در مجتمع‌های مسکونی سوق می‌دهد (Paredes-Valverde et al., 2019). لذا رعایت عوامل هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی در کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری تأثیر بسزایی دارد. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف شناسایی مؤلفه‌های مؤثر بر هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی با تمرکز بر کاهش هزینه‌ها صورت می‌پذیرد که برای این منظور از رویکردهای آمار توصیفی و استنباطی و تکنیک دیمتل استفاده شده است.

۱-۱- پیشینه‌ی پژوهش

تاکنون مطالعات متعددی در زمینه‌ی هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی و بهینه‌سازی انرژی و کاهش هزینه‌ها صورت گرفته که در ادامه به نمونه‌های پژوهش‌های خارجی و داخلی صورت گرفته در این حوزه‌ها اشاره می‌شود. کومار خداکا^۱ (۲۰۲۴)، مطالعه‌ای بر روی بهینه‌سازی بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های مسکونی هوشمند از طریق شبیه‌سازی انجام داده است. خروجی پژوهش، گزارش‌های کاربردی را برای مهندسان و سازندگان مجتمع‌های مسکونی ارائه می‌دهد. مازارینو و همکاران^۲ (۲۰۲۳)، چارچوبی چندعاملی برای شبیه‌سازی شبکه‌ی هوشمند ارائه داده‌اند. پژوهش آنها بر پاسخ‌گویی به تقاضا تمرکز داشته که از رفتار حرارتی ساختمان‌های مسکونی استفاده می‌کند. پلت‌فرم پیشنهادی روی ۱۰۰۰ ساختمان، آزمایش شده و تحلیلی از اثرات انحرافات دمای میکرو در ساختمان‌ها بر روی مشکل تعادل پست شبکه‌ی اولیه انجام شده است. لی و سانگ^۳ (۲۰۲۳) تأثیر بهره‌وری انرژی، آرامش بصری و آسایش حرارتی پنجره‌های دستگاه ذرات معلق هوشمند در ساختمان مسکونی را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها مکانسیم نصب پنجره‌های هوشمند ذرات معلق بر واحد آپارتمانی را تشریح نموده‌اند. نتایج حاکی از آن بود که با نصب این نوع از پنجره، مصرف انرژی با استفاده از پنجره‌های هوشمند ۳.۹ تا ۱۷.۹ درصد افزایش یافته است، درحالی‌که مصرف انرژی خنک‌کننده صفر تا ۲۰.۵ درصد کاهش داشته است. موری حسین و دسوکی فاگل^۴ (۲۰۲۱)، پژوهشی با هدف ارزیابی مفهوم‌سازی ساختمان هوشمند انجام داده‌اند که در آن تصورات و مفاهیم مطرح شده توسط معماران از ساختمان‌های هوشمند و طرح‌های موجود نقد و بررسی شده است. چان و همکاران^۵ (۲۰۱۶) به بررسی ارزش‌های اقتصادی طراحی ساختمان هوشمند پرداخته‌اند. در مطالعه‌ی آنها با استفاده از



رویکرد کیفی، داده‌های مناسب برای ارزیابی نیازها، اثرات، دستاوردها، بازدهی مالی و رضایت کاربران برای طراحی‌های هوشمند ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است.

اعوانی (۱۳۹۹) به طراحی مجتمع مسکونی با پوسته‌های هوشمند و رویکرد معماری پاسخ‌گو (تأمین آب شرب مجموعه) در اقلیم گرگان پرداخته و راهکارهایی را برای ایجاد نوآوری در طراحی نمای ساختمان‌ها با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ارائه داده است. تمرکز این پژوهش، بر روی پوسته‌های هوشمندی است که به طریق فعال یا غیرفعال قابلیت تطبیق‌پذیری نسبت به تغییرات در شرایط آب‌وهوایی مناطق معتدل و مرطوب را داشته‌اند. تاج‌الدینی (۱۳۹۷) در مطالعه‌ی خود، طراحی مجتمع مسکونی با رویکرد هوشمندسازی در جهت مصرف بهینه انرژی انجام داده است. در این پژوهش یازده عامل اصلی هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی در جهت مصرف بهینه انرژی را از مقالات و مطالعات انجام شده در سطح ایران و جهان استخراج نموده که هر یک از این عوامل، به‌همراه زیرعامل‌های آن می‌تواند به‌عنوان راهکار هوشمندسازی در راستای مصرف بهینه انرژی به‌کار گرفته شود. نوایی‌پور و همکاران (۱۴۰۱)، به بررسی کاربرد و اجرای سیستم مدیریت هوشمند تأسیسات ساختمان در بهینه‌سازی مصرف انرژی پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن بوده است که با طراحی سیستم‌های مختلف تأسیسات هوشمند می‌توان مقدار مصرف انرژی در ساختمان را به حداقل رساند. مجتبی و بنانژاد مشهدی (۱۴۰۱)، در پژوهشی به بررسی تأثیرات هوشمندسازی ساختمان بر صرفه‌جویی انرژی پرداخته‌اند که یافته‌ها نشان داده است هوشمندسازی یکی از تأثیرات مثبت تکنولوژی در فرآیند ساختمان‌سازی است که از طریق «مواد و مصالح هوشمند»، «حس‌گرها»، «سامانه‌ی 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 با سیم و بی‌سیم قابل اجرا است. پورعلی و همکاران (۱۴۰۲)، در مطالعه‌ای به بررسی کیفی مؤلفه‌های مؤثر آماری و مهندسی بر سامانه‌ی مدیریت ساختمان‌های هوشمند اشاره نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که بین کمبود منابع، بالا بودن هزینه، سیاست‌گذاری‌های کشور، مشکل مالی، همکاری شرکت‌های با فناوری، نوسانات سیاسی و اقتصادی، تأخیرهای تأمین‌کنندگان، نوسانات مدیریتی، اثربخشی و کیفیت کاری، تعهد مدیران، عملکرد نیروی کار، عدم مقاومت کاربران، مشارکت کاربران، بلوغ دانشی، تجربه‌ی شخصی، مدیریت کاربران، زیرساخت‌های مناسب، تعداد واحدهای سازمانی، محدودیت‌های تحمیلی، سرعت فرآیند، برآورد دقیق حجم کار، شفافیت اهداف، تخمین صحیح زمان و تخمین صحیح بودجه‌ی رابطه مستقیم و معناداری وجود دارد.

براساس بررسی انجام شده، پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه‌ی هوشمندسازی ساختمان در جهت صرفه‌جویی انرژی با تمرکز بر رویکردهای آماری و تحلیل‌های کیفی صورت پذیرفته‌اند. پژوهش حاضر به‌منظور شناخت مؤلفه‌های هوشمندی مجتمع‌های مسکونی و انتخاب مؤلفه‌های برتر با تأکید بر کاهش هزینه در شهر پردیس دارای رویکردی کمی و از نوع کاربردی بوده که از علاوه بر رویکرد آمار توصیفی و استنباطی از تکنیک دیمتل جهت تحلیل اطلاعات استفاده می‌کند.

۲- مبانی نظری

این بخش از مقاله به ارائه‌ی ادبیات نظری در خصوص، موضوعات معماری هوشمند و بهینه‌سازی مصرف انرژی به‌عنوان اصلی‌ترین مفاهیم مورد مطالعه اختصاص دارد.

۲-۱- معماری هوشمند

با پیشرفت روزافزون در زمینه فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء، معماری هوشمند اکنون به یکی از مهم‌ترین روندها در صنعت ساخت‌وساز تبدیل شده است. با توجه به سوابق معماری هوشمند، خواسته‌ی 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 مواجهه با مشکلات و موانع طراحی را نام برد (یوسفی‌نژاد و محمودی زرندي، ۱۳۹۷). طراحی هوشمند ساختمان‌های مسکونی، آینده‌ی پیش‌روی صنعت ساخت‌وساز است که با هدف کاهش هزینه‌ها از طریق کاهش مصرف انرژی این برنامه‌ریزی صورت می‌پذیرد (Osama, 2018).

سیستم هوشمند مدیریت ساختمان با به‌کارگیری آخرین تکنولوژی‌ها درصدد است که شرایطی ایده‌آل همراه با مصرف بهینه انرژی در ساختمان‌ها پدید آورد. این سیستم‌ها، ضمن کنترل بخش‌های مختلف ساختمان و ایجاد شرایط محیطی مناسب با ارائه 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 و همکاران، ۱۳۹۹). بر اساس دستورالعمل عملکرد انرژی ساختمان‌ها در اروپا، تمامی ساختمان‌های جدید از دسامبر سال ۲۰۲۰ باید با استاندارد ساختمان با انرژی صفر مطابقت داشته باشند و تمامی ساختمان‌های موجود نیاز به هوشمندسازی حرارتی مطابق با الزامات مربوطه را دارند (Savystskyi et al., 2024). با توجه به اینکه اساس معماری هوشمند فعال بر پایه‌ی تغییرات و هماهنگی با محیط پیرامون بنا نهاده شده و این معماری باید مشکلات حاصل از تعامل با محیط را حل نماید؛ می‌توان به‌طور کلی محیط را ترکیبی از سه بخش اصلی زیر دانست:

- محیط خارج که شامل اقلیم، شرایط ساخت‌گاه، اجتماع و اقتصاد است؛
- محیط داخل که پوسته‌ی ساختمان آن را در بر گرفته است و از برنامه‌ریزی و طراحی تا اجرا را شامل می‌شود؛
- و کاربران ساختمان که باید به رفتارها و سلیق آنها و نیازهای فیزیکی و غیرعادی آنها توجه شود (مفیدی و روشن ضمیر، ۱۳۸۸).

۲-۲- بهینه‌سازی مصرف انرژی

رشد سریع مصرف انرژی در جهان، تاکنون نگرانی‌هایی را پیرامون دشواری تأمین انرژی، اتمام منابع آن و اثرات زیست‌محیطی سنگینی هم‌چون تخریب لایه‌ی اوزون، گرم شدن جهانی کره‌ی زمین و تغییرات اقلیمی به‌همراه داشته و پیش‌بینی‌ها درباره‌ی آینده نشان از افزایش این رشد دارد (فتحیان، ۱۳۸۷). سبک معماری آپارتمانی نیاز به حداقل مصرف انرژی سالیانه به مقدار ۱۰ کیلووات در ساعت به ازای هر نفر دارد و به‌طور متوسط گرمایش آب، خنک‌کننده‌ی فضا و چراغ‌های داخل ساختمان حدود ۶۰ درصد از کل انرژی مورد نیاز را با سهم تقریباً مساوی برای هر یک مصرف می‌کند، درحالی‌که تجهیزات حداکثر ۳۵ درصد از کل را دارند و حدود ۵ درصد برای سایر موارد باقی می‌ماند (Umbarek et al., 2020).

بخش ساختمان، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده‌ی انرژی در کشور است. در ایران عمدتاً از برق و انرژی‌های فسیلی در ساختمان‌ها استفاده می‌شود. از انواع انرژی فسیلی برای پخت‌وپز، گرمایش محیط و گرم کردن آب مصرفی و از برق برای روشنایی، گرمایش و سرمایش محیط و وسایل برقی خانگی استفاده می‌شود. البته باید خاطر نشان کرد که این میزان مصرف صرفاً مختص ایران نبوده و پژوهش‌های به‌عمل آمده نشان‌دهنده‌ی مصرف ۴۰ درصدی انرژی در صنعت ساخت‌وساز است (گلابچی و تقی زاده، ۱۳۹۰).

آژانس بین‌المللی انرژی نیز عنوان می‌کند که حدود ۳۲ تا ۴۰ درصد کل مصرف انرژی متعلق به بخش ساختمان است. این درحالی است که با رعایت الگوی بهینه‌ی مصرف انرژی می‌توان حدود ۳۵ تا ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی را صرفه‌جویی کرد. لذا علاوه بر کاهش هزینه‌های اقتصادی، از استفاده بی‌رویه‌ی ذخایر پایان‌پذیر سوخت، کاسته شده و آلودگی‌های زیست‌محیطی و پیامدهای ناگوار آن نیز به‌طرز قابل توجهی کاهش خواهد یافت. چنین مصرفِ بالا به نوبه‌ی خود منجر به بحران‌های زیست‌محیطی شده و خواهد شد (مختاریان، ۱۳۹۰). برخی از مهم‌ترین سیستم‌های مدیریت هوشمند ساختمان عبارتند از:

الف) سیستم برنامه‌ریزی زمانی روزانه^۶

این نوع سیستم که می‌توان از آن به‌عنوان سیستم با برنامه‌ی زمان‌بندی روزانه یاد کرد، براساس فهرست زمان‌بندی که به‌عنوان داده در اختیار آن قرار می‌گیرد و به کمک ساعت‌های الکترومکانیکی در عملکردهای گوناگون به‌کار برده می‌شود. این سیستم بیشتر در زمان تعطیلات و ساعاتی از روز که کنترل شخصی میسر نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور عمده موارد استفاده از این نوع سیستم به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

- سیستم روشنایی داخلی و خارجی ساختمان؛
- کنترل حرارتی محیط و تنظیم درجه‌ی حرارت داخلی؛
- تهویه مطبوع هوای محیط؛
- و کنترل فن‌های تهویه و تخلیه (مکنده) (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰).

ب) سیستم بهینه‌سازی دما بر اساس زمان^۷

این نوع سیستم که معادل فارسی آن سیستم بهینه‌سازی دما براساس زمان است، تأمین‌کننده‌ی کنترل عمل‌گرهای چندکاره و کنترل

پیشرفته‌ی دما است. در این سیستم‌ها دمای هوای داخل و خارج به‌طور مداوم ثبت می‌شود، بنابراین زمان خاموش و روشن شدن سیستم با تغییرات دما تعیین می‌شود. کاربرد عمده‌ی آن در سرمایش و گرمایش تهویه‌ی مطبوع است. این نوع سیستم با ذخیره‌ی عملکرد قادر است بهترین نتیجه و راندمان را در ازای کمترین هزینه‌ی مالی در امر صرفه‌جویی در انرژی ارائه دهد. همچنین به‌علت پیچیدگی خاص سیستم معمولاً از صرفه‌جو هم استفاده می‌شود. وجود دمپ‌های کنترلی در سیستم می‌تواند ورود و خروج هوا به محیط را در زمان مطلوب میسر سازد (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰).

ج) سیستم کنترل خواستاری^۸

این نوع سیستم که معادل فارسی آن سیستم کنترل خواستاری است، در حقیقت مشابه سیستم بهینه‌سازی زمان- دما است، با این تفاوت که با اتصال ساعت‌های کنترلی به سیستم مصرف جریان برق را نیز کنترل می‌نماید. مزیت این سیکل در بررسی بارهای مطلوب و میزان مصرف برق است که در آخر با بالانس کردن این دو مورد مصرف انرژی را به حداقل مقدار خود می‌رساند. موارد استفاده از این سیستم عبارتند از: حرارت مرکزی و تهویه‌ی مطبوع موتور کمپرسورهای هوایی، سیستم ضدسرقت (دزدگیر و قفل مرکز)، سیستم هشدار آتش و اطفاء حریق خودکار. همچنین این نوع سیستم با کاهش بارهای غیرضروری ساختمان که با توجه به ورودی در نظر گرفته شده تعیین می‌شود، به میزان قابل توجهی کاهش در مصرف برق و در نتیجه هزینه‌ی برق مصرفی را در پی دارد. از جمله ویژگی‌های خاص سیستم گزارش شرایط محیط (به‌عنوان مثال دما و رطوبت نسبی و... در مورد تهویه‌ی مطبوع و حرارت مرکزی) است. با توجه به آمارهای به‌دست آمده از پروژه‌های اجرا شده بر اساس ساختار، با کاربرد سیستم بی.ام.اس. بازگشت سرمایه در حدود ۲/۵ الی ۳ سال امکان‌پذیر است (جعفری و همکاران، ۱۳۹۰).

بخش ساختمان یکی از بخش‌های عمده‌ی مصرف‌کننده‌ی انرژی محسوب شده و استفاده‌ی منطقی از منابع انرژی و برنامه‌ریزی در زمینه‌ی بهینه‌سازی مصرف انرژی در این بخش از اولویت ویژه‌ای برخوردار است (شاهی و همکاران، ۲۰۲۴). در طراحی ساختمان‌ها با هدف کاهش مصرف انرژی، جهت‌گیری ساختمان، مصالح و راهبردهای طراحی نقش بسزایی دارند و با بهینه‌سازی بهره‌وری انرژی ساختمان‌های مسکونی هوشمند از طریق این توصیه‌ها، می‌توان به پایداری زیست‌محیطی دست یافت (Kumar Khadka, 2023).

۲-۴- چارچوب مفهومی پژوهش

به‌منظور استخراج مؤلفه‌های هوشمندی مجتمع‌های مسکونی ابتدا لازم است با مطالعات کتابخانه‌ای و مرور پژوهش‌های پیشین در خصوص هوشمندسازی ساختمان‌ها، مؤلفه‌های اولیه شناسایی شوند. جدول زیر مؤلفه‌های احصا شده از پیشینه‌ی مطالعاتی پژوهش را به‌منظور شکل-گیری چارچوب مفهومی و نظری پژوهش نشان می‌دهد.

جدول ۱- مؤلفه‌های احصا شده از پژوهش‌های پیشین

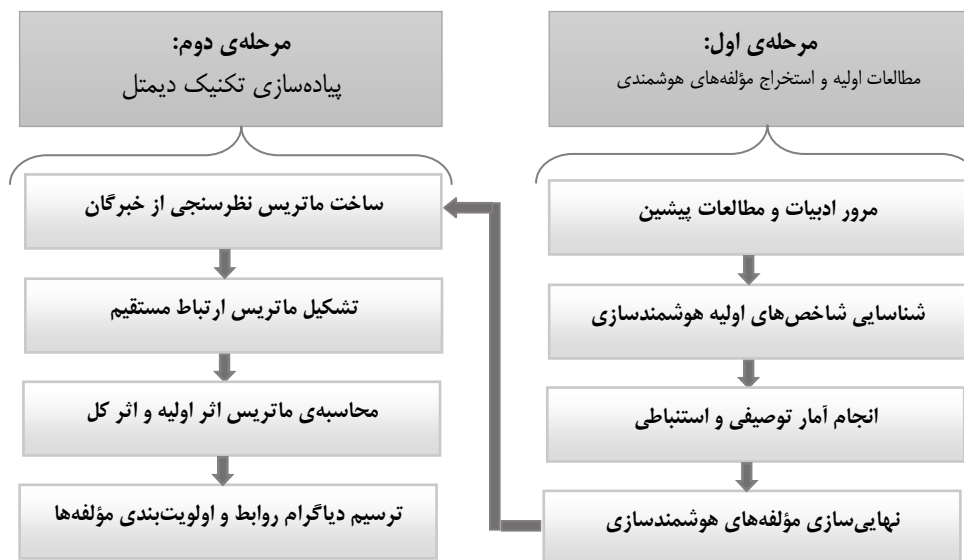
مؤلفه	منابع
سیستم نورپردازی هوشمند	چن و همکاران (۲۰۲۳)، چنچرو و همکاران ^۹ (۲۰۲۰)
سیستم تهویه هوشمند	تانگ و همکاران ^{۱۰} (۲۰۲۴)، فرازمنند و همکاران (۱۳۹۵)
سیستم سرمایش و گرمایش هوشمند	کومار خدکا (۲۰۲۴)، تانگ و همکاران (۲۰۲۴)
سیستم هوشمند کنترل با تلفن همراه	مارتینز و همکاران ^{۱۱} (۲۰۲۴)، فرازمنند و همکاران (۱۳۹۵)
سیستم مدیریت هوشمند انرژی	شاهی و همکاران (۲۰۲۴)، کاظمی پوران بدر و همکاران (۱۳۹۹)، داوریان و همکاران (۱۳۹۵)
استفاده از مصالح هوشمند	الویدی و الساراف ^{۱۲} (۲۰۱۹)، یزدانفر و همکاران (۱۳۹۴)
کنترل بازشوها و سایبان‌های هوشمند	عساما (۲۰۱۸)، فرازمنند و همکاران (۱۳۹۵)
استفاده از نمای هوشمند	ما و همکاران ^{۱۳} (۲۰۲۴)، الویدی و الساراف (۲۰۱۹)

۳- روش پژوهش

پژوهش حاضر بر اساس هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی است، چراکه با هدف طراحی مجتمع مسکونی هوشمند با تأکید بر کاهش هزینه‌ها صورت می‌پذیرد و کاربرد هوشمندسازی در طراحی مجتمع‌های مسکونی نیازهای مشخص و شناخته‌شده‌ی جوامع انسانی را بر طرف می‌سازد. همچنین پژوهش حاضر از نظر شیوه‌ی جمع‌آوری اطلاعات نیز از نوع پژوهش‌های توصیفی است چراکه با هدف توصیف مؤلفه‌های



هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی صورت می‌گیرد. در پژوهش حاضر به‌دلیل تخصصی بودن ماهیت اطلاعات پرسشنامه در حوزه هوشمندسازی، محقق از روش نمونه‌گیری غیرتصادفی استفاده نموده و با رویکرد نمونه‌گیری هدفمند ۲۵ نفر از اساتید، خبرگان و متخصصان حوزه هوشمندسازی ساختمان به‌عنوان گروه هدف پژوهش انتخاب شده‌اند. اطلاعات پژوهش نیز با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. تحلیل شده است.



شکل ۱- مراحل پیاده‌سازی روش انجام پژوهش

در پژوهش حاضر از پرسشنامه‌ای با طیف ۵ تایی لیکرت، برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده و داده‌های به‌دست آمده طی فرآیند پیش‌پردازش و غربالگری داده‌ها و اطمینان از معتبر بودن، به‌وسیله‌ی آزمون‌های توصیفی جهت گروه‌بندی و توصیف خصوصیات نمونه‌ی آماری با متغیرهای جمعیت‌شناختی تعریف می‌شوند و سپس توصیف متغیرهای کمی با روش آمار توصیفی و استنباطی صورت می‌گیرد. در نهایت با استفاده از روش دیمتل که بر پایه‌ی مقایسات زوجی و قضاوت خبرگان صورت می‌گیرد، میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری مؤلفه‌های مؤثر بر طراحی مجتمع‌های مسکونی با رویکرد هوشمندسازی مشخص می‌شوند.

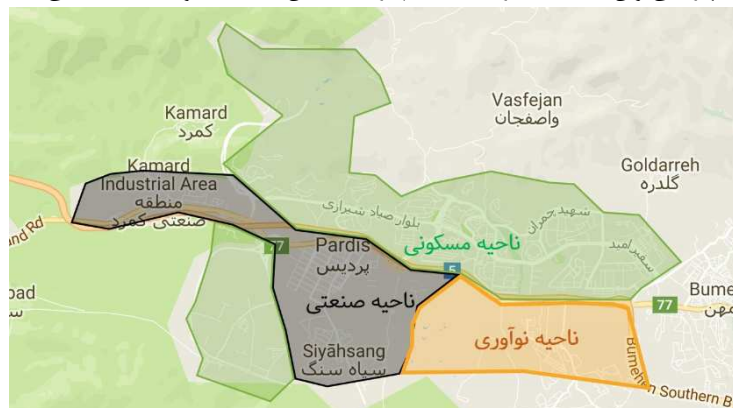
در پژوهش حاضر ابزار جمع‌آوری اطلاعات، پرسشنامه بوده است. ابزار اندازه‌گیری هنگامی دارای روایی محتوا است که تمامی جنبه‌های مختلف سازه مورد نظر را در نظر بگیرد، روایی محتوا اغلب با تکیه بر دانش افراد و متخصصان ذی‌ربط و منابع علمی معتبر صورت می‌پذیرد. در پژوهش حاضر، با مطالعه‌ی مقاله‌ها و کتاب‌های مرتبط در زمینه‌ی ملاک‌های مؤثر در هوشمندسازی مجتمع مسکونی مورد بررسی قرار گرفته و مؤلفه‌ها و ساختار پرسشنامه‌ها به تأیید اساتید و متخصصان حوزه‌ی هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی رسیده است. همچنین در این پژوهش، به‌منظور محاسبه‌ی پایایی ابزار اندازه‌گیری نیز از روش آلفای کرونباخ با نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. استفاده شده است. این روش برای محاسبه‌ی هماهنگی درونی ابزار اندازه‌گیری از جمله پرسش‌نامه‌ها یا آزمون‌هایی که خصیصه‌های مختلف را اندازه‌گیری می‌کنند، به‌کار می‌رود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده ۰.۸۳۱ بوده که از ۰.۷ بیشتر بوده و پایایی پرسشنامه تأیید می‌شود.

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

در تحلیل توصیفی داده‌های پژوهش ابتدا لازم است از ویژگی‌های توصیفی افراد، توضیحاتی ارائه شود. بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از اطلاعات دموگرافیک پرسشنامه‌های پژوهش، بیشترین توزیع فراوانی سن در بین اعضای نمونه مربوط به سن ۴۱-۵۰ سال است. ۴۵٪ پاسخ‌دهندگان دارای سابقه‌ی کار بین ۱۰ تا ۲۰ سال در زمینه‌ی هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی بوده‌اند و ۸۰٪ افراد نمونه، دارای تحصیلات کارشناسی ارشد و بالاتر بوده‌اند.

مطالعه‌ی موردی این پژوهش، شهر پردیس است. شهر جدید پردیس در ۱۷ کیلومتری شمال‌شرق شهر تهران در محور آزادراه پردیس-

تهران قرار دارد. این شهر از شمال به رشته کوه البرز، از غرب به منطقه‌ی جاجرود و از شرق به بومهن محدود می‌شود. این شهر با بیش از ۴۰۰۰ هکتار وسعت، میزبان سکونت بیش از ۲۰۰ هزار نفر بوده است و افق آن در سال ۱۴۱۰ رسیدن به جمعیت ۶۰۰ هزار نفری است. طبق مصوبه هیأت وزیران در سال ۱۳۸۸، شهر جدید پردیس به اولین شهر تخصصی کشور با مأموریت علمی، فرهنگی و فناوری معرفی شد. از اهداف مأموریت‌گرا نمودن این شهر، می‌توان به ایجاد زیرساخت لازم برای رسیدن به اهداف و اسناد بالادستی اشاره نمود.



شکل ۲- تصویری از شهر پردیس

پرسشنامه‌ی طراحی شده در این پژوهش، هشت مؤلفه را به‌عنوان کلیدی‌ترین مؤلفه‌های هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی شهر پردیس با تأکید بر کاهش هزینه در نظر گرفته است. جدول ۳ فراوانی پاسخ‌های داده شده به سؤالات پرسشنامه‌ها را به تفکیک میزان اهمیت خیلی کم تا خیلی زیاد بر اساس طیف پنج‌تایی لیکرت ارائه می‌دهند.

جدول ۳- فراوانی پاسخ‌های مربوط به مؤلفه‌های پژوهش

ردیف	گویه‌های پرسشنامه	میزان اهمیت به درصد			
		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد
۱	سیستم نورپردازی هوشمند	۰	۷.۷	۱۱.۳	۲۹.۲
۲	سیستم تهویه‌ی هوشمند	۱۴.۸	۱۴.۲	۹.۸	۱۸.۷
۳	سیستم سرمایش و گرمایش هوشمند	۹.۱	۱۴.۹	۶.۷	۴۸.۷
۴	سیستم هوشمند کنترل با تلفن همراه	۸.۳	۲۵.۹	۶.۷	۲۰.۴
۵	سیستم مدیریت هوشمند انرژی	۳.۴	۷.۱	۱.۳	۴۶.۶
۶	استفاده از مصالح هوشمند	۹.۱	۱۴.۹	۶.۷	۴۸.۷
۷	کنترل بازشوها و سایبان‌های هوشمند	۰	۱۹.۸	۴.۲	۵۹.۳
۸	استفاده از نمای هوشمند	۵.۸	۱۱.۳	۰	۲۶.۷

جدول زیر نتایج آمار توصیفی مربوط به مؤلفه‌های پژوهش را نشان می‌دهد. در این جدول، شاخص‌های مرکزی شامل میانگین و مد هستند، شاخص پراکندگی انحراف معیار در نظر گرفته شده و شاخص‌های انحراف از قرینگی شامل چولگی و کشیدگی می‌شوند. مقادیر به‌دست آمده در جدول زیر خروجی‌های نرم افزار اس.پی.اس.اس. هستند که به ازای هر متغیر، به‌صورت جداگانه محاسبه شده‌اند.

جدول ۴- آمار توصیفی مؤلفه‌های پژوهش

متغیرها		شاخص مرکزی		شاخص پراکندگی	انحراف از قرینگی	
		میانگین	مد	انحراف استاندارد	چولگی	کشیدگی
سیستم نورپردازی هوشمند		۴.۱۸	۵	۰.۶۵۸	۰.۴۱۲	-۰.۲۸۱
سیستم تهویه هوشمند		۲.۸۹	۵	۰.۷۰۹	-۰.۵۵۳	۰.۲۸۶
سیستم سرمایش و گرمایش هوشمند		۳.۰۹	۴	۰.۶۸۱	-۰.۱۷۵	-۰.۱۵۸
سیستم هوشمند کنترل با تلفن همراه		۳.۷۱	۵	۰.۷۳۶	۰.۶۸۴	۰.۲۴۱
سیستم مدیریت هوشمند انرژی		۳.۱۲	۴	۰.۶۷۹	-۰.۲۲۶	-۰.۱۸۲
استفاده از مصالح هوشمند		۲.۷۶	۴	۰.۷۲۳	-۰.۱۳۵	۰.۲۲۸
کنترل بازشوها و سایبان‌های هوشمند		۳.۲۴	۴	۰.۶۵۸	۰.۳۴۹	-۰.۴۲۶
استفاده از نمای هوشمند		۴.۲۱	۵	۷.۵۴	۰.۱۴۲	-۰.۳۱۴

نتایج به‌دست آمده از جدول فوق حاکی از آن است که مؤلفه‌هایی چون سیستم نورپردازی هوشمند و استفاده از نمای هوشمند مثل نمای دو پوسته و پنجره‌های هوشمند در مجتمع‌های مسکونی از نظر خبرگان این حوزه، بیشتر حائز اهمیت بوده‌اند. در ادامه با استفاده از رویکرد دیمتل به تشخیص میزان اثرگذاری و اثرپذیری هر یک از مؤلفه‌های پژوهش پرداخته خواهد شد. با استفاده از پرسشنامه‌های ساختاریافته روش دیمتل نظرات خبرگان در مورد مؤلفه‌های شناسایی شده در مرحله قبل جمع‌آوری می‌شود. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها ماتریس میانگین نظرات خبرگان (ماتریس آ) تشکیل می‌شود. ماتریس تجميع نظرات کارشناسان که از روش میانگین حسابی برای تجميع نظرات استفاده شده به‌صورت زیر به‌دست آمده است.

جدول ۵- ماتریس میانگین نظرات خبرگان (ماتریس آ)

مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳	مؤلفه ۴	مؤلفه ۵	مؤلفه ۶	مؤلفه ۷	مؤلفه ۸
مؤلفه ۱	۰	۰.۲۸	۰.۳۴	۰.۷۶	۰.۴۴	۰.۶۲	۰.۷۱
مؤلفه ۲	۰.۱۹	۰	۰.۵۲	۰.۲۱	۰.۲۹	۰.۴۹	۰.۴۱
مؤلفه ۳	۰.۵۷	۰.۲۵	۰	۰.۲۳	۰.۴۳	۰.۵۱	۰.۵۶
مؤلفه ۴	۰.۴۲	۰.۳۵	۰.۳۷	۰	۰.۲۸	۰.۴۳	۰.۴۷
مؤلفه ۵	۰.۳۵	۰.۴۲	۰.۳۹	۰.۲۸	۰	۰.۲۶	۰.۴۲
مؤلفه ۶	۰.۳۷	۰.۱۷	۰.۵۵	۰.۲۲	۰.۳۸	۰	۰.۳۸
مؤلفه ۷	۰.۵۶	۰.۵۱	۰.۴۹	۰.۳۶	۰.۴۵	۰.۳۶	۰
مؤلفه ۸	۰.۵۲	۰.۴۳	۰.۴۷	۰.۳۹	۰.۴۶	۰.۴۱	۰.۵۳

در مرحله بعد با بی‌مقیاس‌سازی ماتریس میانگین نظرات خبرگان، ماتریس تأثیر روابط مستقیم بی‌مقیاس شده (ماتریس دی) به‌دست می‌آید. برای محاسبه این ماتریس باید، درایه‌های ماتریس میانگین را در ضریب بی‌مقیاس کننده ضرب نمود. در فصل سوم در خصوص محاسبه‌ی ضریب بی‌مقیاس کننده نیز توضیحات لازم ارائه شده است. لذا ماتریس دی به صورت زیر حاصل می‌شود.

جدول ۶- ماتریس تأثیر روابط مستقیم بی‌مقیاس شده (ماتریس دی)

مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳	مؤلفه ۴	مؤلفه ۵	مؤلفه ۶	مؤلفه ۷	مؤلفه ۸
مؤلفه ۱	۰	۰.۰۷۹	۰.۰۹۶	۰.۲۱۳	۰.۱۲۴	۰.۱۷۴	۰.۱۹۹
مؤلفه ۲	۰.۰۵۳	۰	۰.۱۴۶	۰.۰۵۹	۰.۰۸۱	۰.۱۳۸	۰.۱۱۵
مؤلفه ۳	۰.۱۶۰	۰.۰۷۰	۰	۰.۰۶۵	۰.۱۲۱	۰.۱۱۰	۰.۱۵۷
مؤلفه ۴	۰.۱۱۸	۰.۰۹۸	۰.۱۰۴	۰	۰.۰۷۹	۰.۱۲۱	۰.۱۳۲
مؤلفه ۵	۰.۰۹۸	۰.۱۱۸	۰.۱۱۰	۰.۰۷۹	۰	۰.۰۷۳	۰.۱۱۸
مؤلفه ۶	۰.۱۰۴	۰.۰۴۸	۰.۱۵۴	۰.۰۶۲	۰.۱۰۷	۰	۰.۱۰۷



مؤلفه ۷	۰.۱۵۷	۰.۱۴۳	۰.۱۳۸	۰.۱۰۱	۰.۱۲۶	۰.۱۰۱	۰	۰.۱۷۱
مؤلفه ۸	۰.۱۴۶	۰.۱۲۱	۰.۱۳۲	۰.۱۱۰	۰.۱۲۹	۰.۱۱۵	۰.۱۴۹	۰

در ادامه محاسبه‌ی ماتریس اثر کل (ماتریس تی) انجام می‌پذیرد. بدین منظور ابتدا ماتریس آی. منهای دی. را محاسبه نموده و سپس ماتریس حاصل معکوس می‌شود. در گام بعد با ضرب ماتریس دی. در ماتریس معکوس ماتریس آی. منهای دی. ماتریس تی. حاصل می‌شود.

جدول ۷ - ماتریس اثر کل (ماتریس تی)

مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳	مؤلفه ۴	مؤلفه ۵	مؤلفه ۶	مؤلفه ۷	مؤلفه ۸
۰.۵۷۱	۰.۵۴۴	۰.۶۶۳	۰.۶۶۰	۰.۶۳۰	۰.۵۲۳	۰.۷۶۵	۰.۸۲۸
۰.۴۷۷	۰.۳۴۶	۰.۵۶۰	۰.۴۰۴	۰.۴۶۴	۰.۴۳۶	۰.۵۷۶	۰.۵۹۲
۰.۶۴۲	۰.۴۷۷	۰.۵۰۷	۰.۴۸۴	۰.۵۶۹	۰.۴۹۸	۰.۶۶۷	۰.۷۱۹
۰.۵۵۵	۰.۴۵۸	۰.۵۵۱	۰.۳۷۷	۰.۴۸۵	۰.۴۴۳	۰.۵۹۴	۰.۶۳۸
۰.۵۲۸	۰.۴۶۷	۰.۵۴۵	۰.۴۳۹	۰.۴۰۲	۰.۴۲۰	۰.۵۸۹	۰.۶۱۴
۰.۴۹۵	۰.۳۷۲	۰.۵۳۹	۰.۳۹۲	۰.۴۶۳	۰.۳۱۸	۰.۴۹۷	۰.۵۵۹
۰.۶۹۰	۰.۵۸۰	۰.۶۸۴	۰.۵۵۶	۰.۶۲۰	۰.۵۳۵	۰.۶۰۰	۰.۷۹۰
۰.۶۶۰	۰.۵۴۵	۰.۶۵۸	۰.۵۴۴	۰.۶۰۳	۰.۵۲۹	۰.۷۰۶	۰.۶۱۸

به منظور رسم دیاگرام علی و معلولی باید مقادیر دی. به‌علاوه‌ی آر. و دی. منهای آر. محاسبه شود. مقادیر دی. به‌علاوه‌ی آر. محور افقی دیاگرام و مقادیر دی. منهای آر. محور عمودی را نشان می‌دهد.

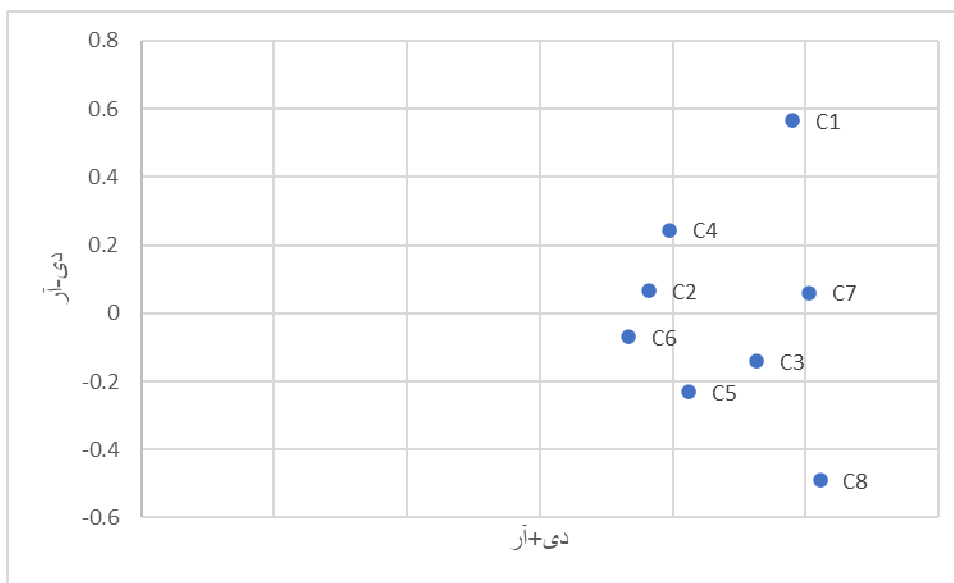
جدول ۸ - میزان اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌های روش دیمتل

مؤلفه ۱	آر.	دی.	دی+آر	دی-آر
مؤلفه ۱	۵.۱۸۳	۴.۶۱۷	۹.۸۰۱	۰.۵۶۶
مؤلفه ۲	۳.۸۵۵	۳.۷۸۹	۷.۶۴۴	۰.۰۶۶
مؤلفه ۳	۴.۵۶۳	۴.۷۰۵	۹.۲۶۸	-۰.۱۴
مؤلفه ۴	۴.۱۰۱	۳.۸۵۶	۷.۹۵۶	۰.۲۴۵
مؤلفه ۵	۴.۰۰۴	۴.۲۳۷	۸.۲۴۱	-۰.۲۳
مؤلفه ۶	۳.۶۳۴	۳.۷۰۴	۷.۳۳۸	-۰.۰۷
مؤلفه ۷	۵.۰۵۶	۴.۹۹۵	۱۰.۰۵	۰.۰۶۱
مؤلفه ۸	۴.۸۶۵	۵.۳۵۷	۱۰.۲۲	-۰.۴۹

۵- یافته‌ها و بحث

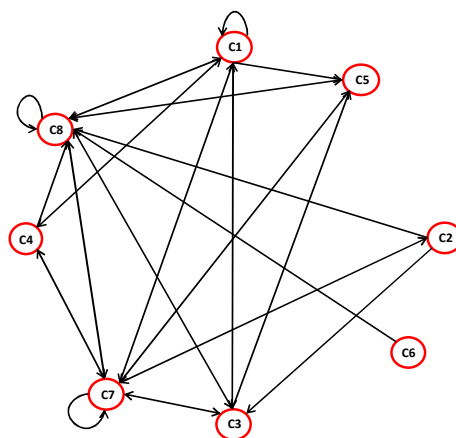
براساس خروجی روش دیمتل میزان اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌ها مشخص شده است. به‌منظور تحلیل بهتر خروجی‌های به‌دست آمده از دیاگرام علت و معلولی استفاده می‌شود. در این دیاگرام، محور طولی و عرضی مجموع تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر شاخص را نشان می‌دهد. مؤلفه‌هایی که در زیر محور طولی قرار دارند، تأثیرپذیرند به‌طوری‌که هر چه مقدار دی. منهای آر. آنها کمتر باشد، شدت اثرپذیری آنها بیشتر خواهد بود. شاخص‌هایی که در بالای محور طولی قرار دارند، تأثیر گذارند، به‌طوری‌که هر چقدر مقدار دی. منهای آر. آنها بیشتر باشد، شدت اثرگذاری آنها بیشتر خواهد بود.

در این پژوهش مولفه‌های حل خلاقانه مسئله، رفتار مشارکتی خودجوش، ریسک‌پذیری و رقابت فکری و توانایی مدیریت تعارض سازنده‌ی نقش معلول را در این پژوهش ایفا نموده و از طرفی مؤلفه‌های پاسخ‌های اجتماعی به متغیرهای حرکتی، تماس فیزیکی و کلامی مثبت در حین بازی، کاوش در محیط، تخیل و خیال‌پردازی، تمرکز و چالش فکری و قانون‌گذاری و اجرای قوانین به‌عنوان مؤلفه‌های علی شناخته می‌شوند.



شکل ۳- دیاگرام شدت اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌ها در روش دیمتل

همان‌گونه‌که در دیاگرام خروجی روش دیمتل مشاهده می‌شود، مؤلفه‌های ۳، ۵، ۶ و ۸ که در زیر محور طولی قرار گرفته‌اند، مؤلفه‌های تأثیرپذیر هستند و مؤلفه‌های ۱، ۲، ۴ و ۷ که در قسمت بالای محور طولی قرار دارند، مؤلفه‌های تأثیرگذار هستند. مؤلفه‌ی هشتم که دی. منهای آر. کمتری نسبت به سایر مؤلفه‌ها دارد، اثرپذیرترین مؤلفه است و مؤلفه‌ی اول که دی. منهای آر. بیشتری نسبت به سایر مؤلفه‌ها دارد، اثرگذارترین مؤلفه‌ی مؤثر بر هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی با تمرکز بر کاهش هزینه‌ها هستند.



شکل ۴- روابط علی معلولی مؤلفه‌های پژوهش بر اساس نتایج دیمتل

همان‌گونه‌که در شکل فوق مشاهده می‌شود، مؤلفه‌های اول، هفتم و هشتم، شامل سیستم نورپردازی هوشمند، کنترل بازوها به‌صورت هوشمند و استفاده از نمای هوشمند به‌دلیل داشتن روابط علی و معلولی متعددی که با سایر مؤلفه‌ها دارند جزء کلیدی‌ترین مؤلفه‌ها در هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی با تأکید بر کاهش هزینه‌ها است.



۶- نتیجه گیری

استفاده از سیستم مدیریت هوشمند ساختمان، به دلیل مزایایی مانند صرفه جویی در مصرف انرژی، کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری، افزایش ایمنی و سطح رفاه و آسایش، به عنوان سرمایه گذاری مؤثر در پایداری و بهینه سازی ساختمان ها شناخته می شود. بنابراین در طراحی و ساخت ساختمان های جدید، لازم است از چنین سیستم هایی استفاده شود. این پژوهش با هدف شناخت مؤلفه های هوشمندی مجتمع های مسکونی و انتخاب مؤلفه های برتر با تأکید بر کاهش هزینه در شهر پردیس صورت پذیرفته است. پژوهش دارای رویکرد کمی و از نوع کاربردی بوده و در دسته ی پژوهش های توصیفی- مطالعه ی موردی قرار گرفته و نمونه ی آماری بر اساس روش نمونه گیری قضاوتی از میان متخصصان حوزه ی هوشمندسازی مجتمع های مسکونی انتخاب شده است. در پژوهش حاضر از رویکرد آمار توصیفی، استنباطی و تکنیک دیمتل جهت تحلیل اطلاعات استفاده شده و در نهایت کلیدی ترین مؤلفه های مؤثر در هوشمندسازی مجتمع های مسکونی با تأکید بر کاهش هزینه ها شامل سیستم نورپردازی هوشمند، کنترل بازوها به صورت هوشمند و استفاده از نمای هوشمند مشخص شده اند. لذا بر اساس یافته های بدست آمده در پژوهش، به منظور هوشمندسازی مجتمع های مسکونی شهر پردیس در جهت کاهش هزینه ها لازم است تمرکز اصلی بر روی سیستم نورپردازی ساختمان، ابعاد در ها و پنجره ها و استفاده از نمای دوپوسته یا استفاده از سایبان و تعبیه نورگیر در نمای ساختمان استفاده شود. از جمله محدودیت های این پژوهش آن است که پژوهش حاضر، مطالعه ای مقطعی است و بنابراین روابط علی و معلولی حاصل از روش دیمتل را به طرز قطعی برای بلندمدت نمی توان استفاده نمود. برای پژوهش های آتی پیشنهاد می شود، از سایر روش های تصمیم گیری چندشاخص نظیر تحلیل سلسله مراتبی برای شناسایی مؤلفه های هوشمندسازی مجتمع های مسکونی استفاده کرد و نتایج را با خروجی پژوهش حاضر مقایسه نمود.

پی نوشت

- ¹Kumar Khadka
- ²Mazzarino et al.
- ³Lee and Song
- ⁴Morsy Hussein & Desouky Faggal
- ⁵Chan et al.
- ⁶Time-of-data-scheduling
- ⁷Temperature/time optimization
- ⁸Deman control systems
- ⁹Chinchero et al.
- ¹⁰Tang et al.
- ¹¹Martins et al.
- ¹²Alobeidi and Alsarraf
- ¹³Ma et al.

منابع

- افشاری بصیر، نفیسه؛ افشاری بصیر، محمدرضا (۱۳۹۰). ساختمان های هوشمند گامی به سوی فناوری نوین در ساخت. دومین کنفرانس بین المللی معماری و سازه، دانشگاه تهران.
- پورعلی، اسماعیل؛ رادفر، رضا؛ چراغعلی، محمدحسین (۱۴۰۲). بررسی کیفی مؤلفه های مؤثر آمادی و مهندسی بر سامانه مدیریت ساختمان های هوشمند. نشریه اندیشه آمد، پیاپی ۸۴، ۱۲۱-۱۴۱.
- جان بزرگی (۱۳۸۸). سیستم هوشمند ساختمان. فصلنامه کیسوز، شماره ۴۳، ۴-۱.
- حاجی زاده طوسی، رقیه سمیعی، محمدرضا؛ موجدی، محمد قاسم (۱۳۹۳). شهر هوشمند: خانه هوشمند گامی به سوی شهر هوشمند. ششمین کنفرانس ملی برنامه ریزی و مدیریت شهری، مشهد.
- داوریان، علی؛ دهقان توران پشته، عاطفه؛ طایفی نصرآبادی، عباسعلی (۱۳۹۵). بررسی راهکارهای هوشمندسازی مجتمع مسکونی با رویکرد مصرف بهینه انرژی، اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی.
- فتحیان، محمد (۱۳۸۷). مدل پیشنهادی برای ارزیابی سطح هوشمندی مورد نیاز ساختمان. نشریه علمی پژوهش شریف، ۷۷-۸۵.

- فرازمند، آیدا؛ سعید زاده، فاطمه؛ پنجستونی، علیرضا (۱۳۹۵). تحولی در ساختمان سازی با استفاده از سیستم های هوشمند. چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، سن پترزبورگ، روسیه.
- گلابچی محمود؛ تقی زاده کتابون (۱۳۹۰). *نانو فناوری در معماری و مهندسی ساختمان*، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- کاظمی پوران بدر، سمانه؛ دانشجو، فرهاد؛ معصومی حقیقی، علی؛ شایانفر، محسنعلی (۱۳۹۹). بررسی تاثیر سیستم مدیریت ساختمان و عایق سازی در کاهش مصرف انرژی با استفاده از تحلیل انرژی ساختمان های مسکونی، *نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت*، دوره ۷، شماره ۲، صفحات ۵-۲۳.
- محتوی، سیده مریم؛ بنانزاد مشهدی، بهناز (۱۴۰۱). بررسی تاثیرات هوشمندسازی ساختمان بر صرفه جویی انرژی. *نشریه پژوهش های معماری نوین*، سال دوم، شماره ۴، ۴۱-۵۶.
- مختاریان علی (۱۳۹۰). ساختمان های هوشمند و نقش آن در بهینه سازی مصرف انرژی، *فصلنامه تفکر معماری*، شماره ۲۵، ۴۸.
- مفیدی، مجید؛ روشن ضمیر، شیما (۱۳۸۸). *روشن ضمیر، رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی*، شماره ۲۸، ۱۲۸-۱۳۳.
- نوایی پور، مهدی؛ حسین زاده، عباس؛ عزیزی، قاسم (۱۴۰۱). بررسی کاربرد و اجرای سیستم مدیریت هوشمند تاسیسات ساختمان در بهینه سازی مصرف انرژی. *نشریه پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی*، پیاپی ۱، ۱-۱۳.
- یوسفی نژاد، سامان؛ محمودی زرندی، مهناز (۱۳۹۷). ارائه راهکارهای طراحی پلکان در خانه ها با استفاده از معماری هوشمند در جهت بهینه سازی فضا. *نشریه معماری شناسی*، سال اول، شماره ۶، ۱-۶.
- Alobeidi, M.M., Alsarraf, A.A. (2019). The Impact of the use of Smart Materials on the Facades of Contemporary Buildings. *International Journal of Engineering & Technology*, 8(15), 308-315.
- Chan, K., Kong, H., (2016). *Evaluation the Economic Value of Intelligent Building Designs*, Recovery from Disaster, Christchurch, New Zealand.
- Chen, T.C., Dwijendra, N.K.A., Singhal, S., Sivaraman, R., Mamdouh, A. (2023). Intelligent System Application to Monitor the Smart City Building Lighting. *Computers, Materials and Continua*, 75(2), 3159-3169.
- Chinchero, H., Alonso, J.M., Ortiz, H. (2020). LED lighting systems for smart buildings: a review. *IET Smart Cities*, Vol. 2 Iss. 3, 126-134.
- Kumar Khadka, A. (2023). *Optimizing Energy Efficiency of Modern Residential Building through Simulation*, Thesis in Energy Efficient Building Department of Architecture and Urban Planning, Tribhuvan University.
- Ma, W., Wang, X., Shou, W., Wang, J. (2024). Energy-efficient façade design of residential buildings: A critical review. *Developments in the Built Environment*, 18, 1-17.
- Martins, P., Ramos, A., Eduardo, P., Vaz, P., Silva, J., Abbasi, M. (2024). Smart Building Control: An Android Application for Enhanced Monitoring and Management in the Internet of Things Era. *Procedia Computer Science*, 238, 594-601.
- Morsy Hussein, S.K., Desouky Faggal, Smart and Intelligent Building Achieving Architectural Concepts, *Engineering Research Journal*, Vol. 1, No. 50, 155-163.
- Omar, O. (2018). Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 2903-2910.
- Paredes-Valverde, M.A., Alor-Hernandez, G., Garcia-Alcaraz, J., Salas-Zarate, M.P., Colombo-Mendoza, L., Sanchez-Cervantes, J.L., (2020). IntelliHome: An internet of things-based system for electrical energy saving in smart home environment. *International Conference on Climate Informatics*, Corpus ID: 209098388.
- Savystskyi, O., Spyrydonenkov, V., Tsyhankova, S., Babenko, M. (2024). Implementation of smart building management systems for residential complex "PANORAMA". *E35 Web of Conferences* 534, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453401020>.



-
- Shahee, A., Abdoos, M., Aslani, A., Zahedi, R. (2024), Reducing the energy consumption of buildings by implementing insulation scenarios and using renewable energies. *Energy Informatics*, 7(18), 1-29.
 - Tang, X.T., Zhang, J., Liang, R. (2024), The design of heating, ventilation, and air conditioning systems based on building information modeling: A review from the perspective of automatic and intelligent methods. *Journal of Building Engineering*, 82 (3): 108200. . <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108200>.
 - Umbarek, M.A., Alghoul, S., Dekam, E., (2020). Energy Consumption in Residential Buildings: Comparison between Three Different Building Styles. *Sustainable Development Research*, Vol. 2, No. 1, 1-8.

Investigating the Effects of Intelligence of Residential Complexes on Cost Reduction (Case Study: Pardis City)

Maryam Piraei¹, Mahnaz Rezaei² and Mohamad Reza Soleimani³

Abstract

The use of an intelligent building management system is known as an effective investment in the sustainability and optimization of buildings due to benefits such as saving energy consumption, reducing maintenance costs, increasing safety and the level of well-being and comfort. Therefore, it is necessary to use these systems in the design and construction of new buildings. This research was done with the aim of knowing the smart components of residential complexes in order to reduce costs. The research data have been defined during the process of pre-processing and data screening and ensuring validity by means of descriptive tests for grouping and describing the characteristics of the statistical sample with demographic variables, and then describing the quantitative variables using descriptive and inferential statistics methods. Finally, using the DEMATEL technique, the effectiveness and effectiveness of the smart components of residential complexes have been determined with the aim of reducing them. DEMATEL is a Multi Decision-making Technique that is considered to identify the components of the cause-causal chain of a system, and in this research it is used to determine the amount of elements of intelligentization components to reduce the amount of functions. Based on the findings of the research, components including intelligent lighting system, intelligent control of openings and the use of intelligent facades due to having multiple cause and effect relationships with other components are among the most key components in the smartening of residential complexes with emphasis on reducing costs.

Keywords: Intelligence, Residential Complex, Cost Reduction, Pardis City.

¹- **Master Student of Architecture**, Faculty of Art and Architecture, Azad University West Tehran Branch, Tehran, Iran. Maryam.piraei95@gmail.com

²- **Assistant Professor** of Architecture Department, Faculty of Art and Architecture, Khatam University, Tehran, Iran. Ma.rezaie@khatam.ac.ir

³- **Assistant Professor** of Architecture Department, Faculty of Art and Architecture, Azad University West Tehran Branch, Tehran, Iran. Soleimani.mohammadreza@wtiau.ac.ir