نشریه هنر مدیریت سبز | THE ART OF GREEN MANAGEMENT JOURNAL
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰ | تاریخ داوری:۱۴۰۳/۰۳/۰۳ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷ | تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰
شماره صفحه: ۷۵-۶۳ | DOI: 10.30480/AGM.2024.5437.1048 | نوع مقاله: پژوهشی

# 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، به‌دلیل مزایایی مانند صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، افزایش ایمنی و سطح رفاه و آسایش، به‌عنوان 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 غربالگی داده‌ها و اطمینان از معتبر بودن، به‌وسیله‌ی 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 تاثیرگذاری و تاثیرپذیری 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 به‌منظور 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 تاکید 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.piraie95@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 به‌طورکلی 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 etal., 2019). لذا رعایت عوامل هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی در کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری تاثیر بسزایی دارد. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف شناسایی مؤلفه‌های موثر 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 خدکا[1] (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 همکارات[2] (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[3] (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. مورسی حسین و دسوکی فاگل[4] (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[5] (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 بهینه‌ی 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. مجتبوی 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 کیفیت‌کاری، 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 مواجه با مشکلات و موانع طراحی را نام برد (یوسفی‌نژاد و محمودی زرندی، 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 به‌طورکلی 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 سلایق 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؛
- تهویه‌ی 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 دمپرهای 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).

### ۲-٤- 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 می دهد.

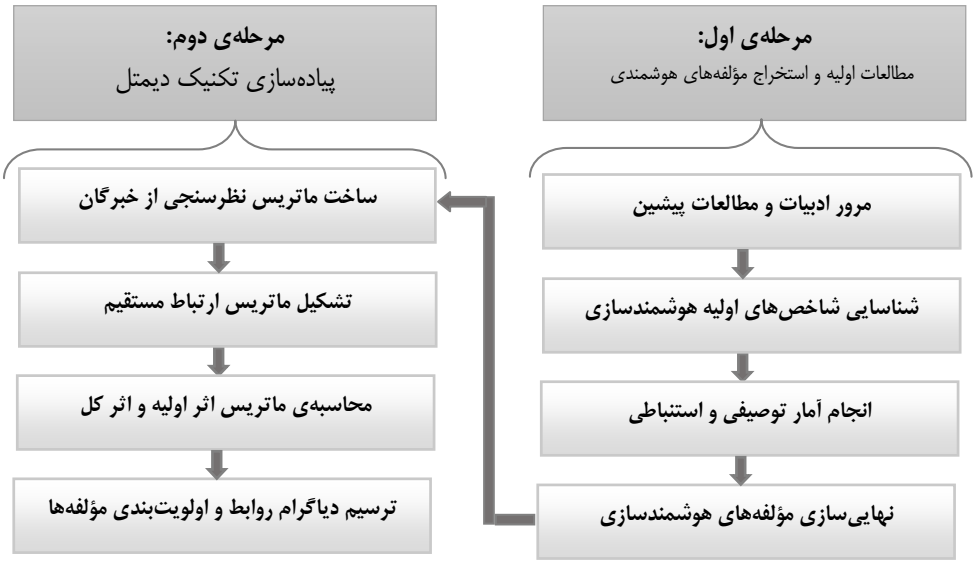
**جدول ۱**-مؤلفه های احصا شده از پژوهش‌های پیشین

| مؤلفه | منابع |
|---|---|
| سیستم نورپردازی هوشمند | چن و همکاران (۲۰۲۳)، چینچرو و همکاران[۹] (۲۰۲۰) |
| سیستم تهویه هوشمند | تانگ و همکاران[۱۰] (۲۰۲۴)، فرازمند 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)، فرازمند 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 | الوبیدی و الساراف[۱۲] (۲۰۱۹)، یزدانفر و همکاران (۱۳۹۴) |
| کنترل بازشوها و سایبان های هوشمند | عساما (۲۰۱۸)، فرازمند و همکاران (۱۳۹۵) |
| استفاده از نمای هوشمند | ما و همکاران[۱۳] (۲۰۲۴)، الوبیدی 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 هزینه‌هاصورت 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 حوزه‌ی هوشمندسازی، محقق از روش نمونه‌گیری غیرتصادفی استفاده نموده و با رویکرد نمونه‌گیری هدفمند ۲۵ نفر از اساتید، خبرگان و متخصصان حوزه‌ی 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 ۵تایی لیکرت، برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده و داده‌های به‌دست آمده طی فرآیند پیش‌پردازش و غربالگی 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.

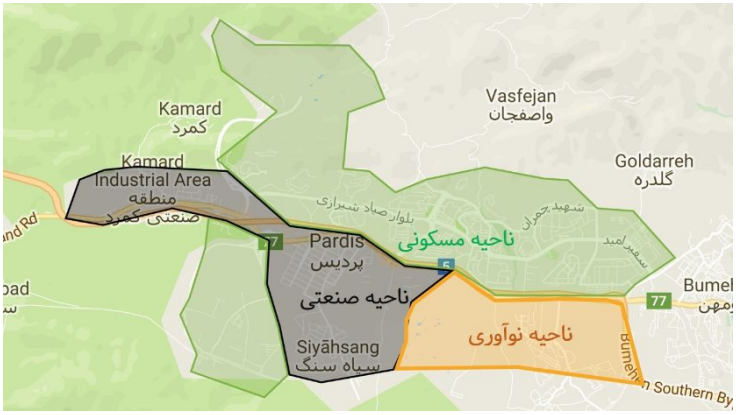
در پژوهش حاضر ابزار جمع‌آوری اطلاعات، پرسشنامه بوده است. ابزار اندازه‌گیری هنگامی دارای روایی محتوا است که تمامی جنبه‌های مختلف سازه مورد نظر را در نظر بگیرد. روایی محتوا، اغلب با تکیه بر دانش افراد و متخصصان ذی‌ربط و منابع علمی معتبر صورت می‌پذیرد. در پژوهش حاضر، با مطالعه‌ی مقاله‌ها و کتاب‌های مرتبط 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 تایید می‌شود.

## ٤- 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 هزارنفری 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 ماموریت‌گرا 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 خیلی‌کم تا خیلی‌زیاد بر اساس طیف پنج‌تایی لیکرت ارائه می‌دهند.

**جدول۳**- فراوانی پاسخ های مربوط به مؤلفه‌های پژوهش

| ردیف | گویه‌های پرسشنامه | میزان اهمیت به درصد | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | خیلی کم | کم | متوسط | زیاد | خیلی زیاد |
| ۱ | سیستم نورپردازی هوشمند | ۰ | ۷.۷ | ۱۱.۳ | ۲۹.۲ | ۵۱.۸ |
| ۲ | سیستم تهویه‌ی هوشمند | ۱۴.۸ | ۱۴.۲ | ۹.۸ | ۱۸.۷ | ۴۲.۵ |
| ۳ | سیستم سرمایش و گرمایش هوشمند | ۹.۱ | ۱۴.۹ | ۶.۷ | ۴۸.۷ | ۲۰.۶ |
| ٤ | سیستم هوشمند کنترل با تلفن همراه | ۸.۳ | ۲۵.۹ | ۶.۷ | ۲۰.۴ | ۳۸.۷ |
| ٥ | سیستم مدیریت هوشمند انرژی | ۳.۴ | ۷.۱ | ۱.۳ | ۴۶.۶ | ۴۱.۶ |
| ٦ | استفاده از مصالح هوشمند | ۹.۱ | ۱۴.۹ | ۶.۷ | ۴۸.۷ | ۲۰.۶ |
| ۷ | کنترل بازشوها و سایبان‌های هوشمند | ۰ | ۱۹.۸ | ۴.۲ | ۵۹.۳ | ۱۶.۷ |
| ۸ | استفاده از نمای هوشمند | ۵.۸ | ۱۱.۳ | ۰ | ۲۶.۷ | ۵۶.۲ |

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.

**جدول٤**- 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 تهویه‌ی 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 مرحله‌ی قبل جمع‌آوری می‌شود. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها ماتریس میانگین نظرات خبرگان (ماتریس آ) تشکیل می‌شود. ماتریس تجمیع نظرات کارشناسان که از روش میانگین حسابی برای تجمیع نظرات استفاده شده به‌صورت زیر به‌دست آمده است.

**جدول۵**–ماتریس میانگین نظرات خبرگان (ماتریس آ)

| | مؤلفه ۱ | مؤلفه ۲ | مؤلفه ۳ | مؤلفه ٤ | مؤلفه ٥ | مؤلفه ٦ | مؤلفه ۷ | مؤلفه ۸ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **مؤلفه ۱** | ۰ | ۰.۲۸ | ۰.۳۴ | ۰.۷۶ | ۰.۴۴ | ۰.۲۶ | ۰.۶۲ | ۰.۷۱ |
| **مؤلفه ۲** | ۰.۱۹ | ۰ | ۰.۵۲ | ۰.۲۱ | ۰.۲۹ | ۰.۳۸ | ۰.۴۹ | ۰.۴۱ |
| **مؤلفه ۳** | ۰.۵۷ | ۰.۲۵ | ۰ | ۰.۲۳ | ۰.۴۳ | ۰.۳۹ | ۰.۵۱ | ۰.۵۶ |
| **مؤلفه ٤** | ۰.۴۲ | ۰.۳۵ | ۰.۳۷ | ۰ | ۰.۲۸ | ۰.۳۲ | ۰.۴۳ | ۰.۴۷ |
| **مؤلفه ٥** | ۰.۳۵ | ۰.۴۲ | ۰.۳۹ | ۰.۲۸ | ۰ | ۰.۲۶ | ۰.۴۶ | ۰.۴۲ |
| **مؤلفه ٦** | ۰.۳۷ | ۰.۱۷ | ۰.۵۵ | ۰.۲۲ | ۰.۳۸ | ۰ | ۰.۲۵ | ۰.۳۸ |
| **مؤلفه ۷** | ۰.۵۶ | ۰.۵۱ | ۰.۴۹ | ۰.۳۶ | ۰.۴۵ | ۰.۳۶ | ۰ | ۰.۶۱ |
| **مؤلفه ۸** | ۰.۵۲ | ۰.۴۳ | ۰.۴۷ | ۰.۳۹ | ۰.۴۶ | ۰.۴۱ | ۰.۵۳ | ۰ |

در مرحله‌ی 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 بی‌مقیاس‌کننده نیز توضیحات لازم ارائه شده است. لذا ماتریس دی. به صورت زیر حاصل می‌شود.

**جدول ٦**– ماتریس تاثیر روابط مستقیم بی‌مقیاس شده (ماتریس دی.)

| | مؤلفه ۱ | مؤلفه ۲ | مؤلفه ۳ | مؤلفه ٤ | مؤلفه ٥ | مؤلفه ٦ | مؤلفه ۷ | مؤلفه ۸ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **مؤلفه ۱** | ۰ | ۰.۰۷۹ | ۰.۰۹۶ | ۰.۲۱۳ | ۰.۱۲۴ | ۰.۰۷۳ | ۰.۱۷۴ | ۰.۱۹۹ |
| **مؤلفه ۲** | ۰.۰۵۳ | ۰ | ۰.۱۴۶ | ۰.۰۵۹ | ۰.۰۸۱ | ۰.۱۰۷ | ۰.۱۳۸ | ۰.۱۱۵ |
| **مؤلفه ۳** | ۰.۱۶۰ | ۰.۰۷۰ | ۰ | ۰.۰۶۵ | ۰.۱۲۱ | ۰.۱۱۰ | ۰.۱۴۳ | ۰.۱۵۷ |
| **مؤلفه ٤** | ۰.۱۱۸ | ۰.۰۹۸ | ۰.۱۰۴ | ۰ | ۰.۰۷۹ | ۰.۰۹۰ | ۰.۱۲۱ | ۰.۱۳۲ |
| **مؤلفه ٥** | ۰.۰۹۸ | ۰.۱۱۸ | ۰.۱۱۰ | ۰.۰۷۹ | ۰ | ۰.۰۷۳ | ۰.۱۲۹ | ۰.۱۱۸ |
| **مؤلفه ٦** | ۰.۱۰۴ | ۰.۰۴۸ | ۰.۱۵۴ | ۰.۰۶۲ | ۰.۱۰۷ | ۰ | ۰.۰۷۰ | 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 ٤ | مؤلفه٥ | مؤلفه ٦ | مؤلفه ۷ | مؤلفه ۸ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **مؤلفه ۱** | ۰.۵۷۱ | ۰.۵۴۴ | ۰.۶۶۳ | ۰.۶۶۰ | ۰.۶۳۰ | ۰.۵۲۳ | ۰.۷۶۵ | ۰.۸۲۸ |
| **مؤلفه ۲** | ۰.۴۷۷ | ۰.۳۴۶ | ۰.۵۶۰ | ۰.۴۰۴ | ۰.۴۶۴ | ۰.۴۳۶ | ۰.۵۷۶ | ۰.۵۹۲ |
| **مؤلفه ۳** | ۰.۶۴۲ | ۰.۴۷۷ | ۰.۵۰۷ | ۰.۴۸۴ | ۰.۵۶۹ | ۰.۴۹۸ | ۰.۶۶۷ | ۰.۷۱۹ |
| **مؤلفه ٤** | ۰.۵۵۵ | ۰.۴۵۸ | ۰.۵۵۱ | ۰.۳۷۷ | ۰.۴۸۵ | ۰.۴۴۳ | ۰.۵۹۴ | ۰.۶۳۸ |
| **مؤلفه ٥** | ۰.۵۲۸ | ۰.۴۶۷ | ۰.۵۴۵ | ۰.۴۳۹ | ۰.۴۰۲ | ۰.۴۲۰ | ۰.۵۸۹ | ۰.۶۱۴ |
| **مؤلفه ٦** | ۰.۴۹۵ | ۰.۳۷۲ | ۰.۵۳۹ | ۰.۳۹۲ | ۰.۴۶۳ | ۰.۳۱۸ | ۰.۴۹۷ | ۰.۵۵۹ |
| **مؤلفه ۷** | ۰.۶۹۰ | ۰.۵۸۰ | ۰.۶۸۴ | ۰.۵۵۶ | ۰.۶۲۰ | ۰.۵۳۵ | ۰.۶۰۰ | ۰.۷۹۰ |
| **مؤلفه ۸** | 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.

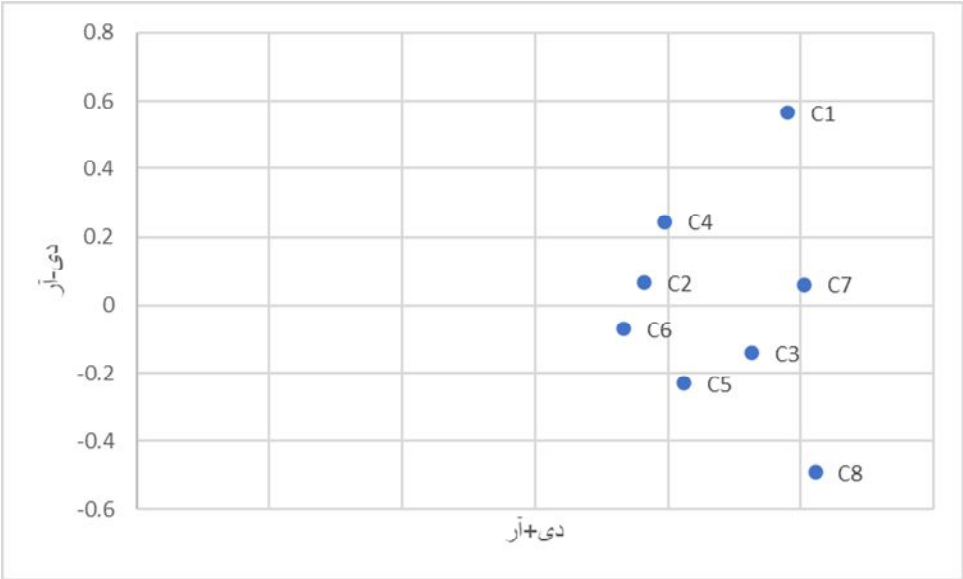
**جدول ۸**– میزان اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌های روش دیمتل

| | 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 ٤** | ۴.۱۰۱ | ۳.۸۵۶ | ۷.۹۵۶ | ۰.۲۴۵ |
| **مؤلفه ٥** | ۴.۰۰۴ | ۴.۲۳۷ | ۸.۲۴۱ | -۰.۲۳ |
| **مؤلفه ٦** | 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

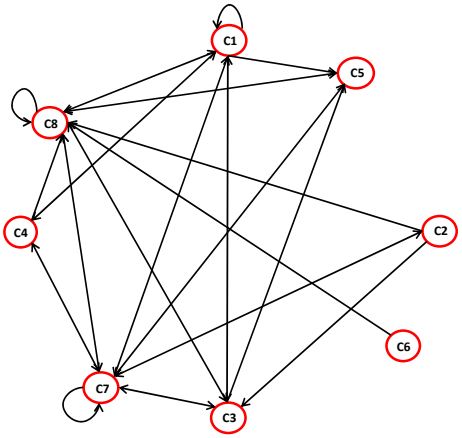
براساس خروجی روش دیمتل میزان اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌ها مشخص شده است. به‌منظور تحلیل بهتر خروجی‌های به‌دست آمده از دیاگرام علت و معلولی استفاده می‌شود. در این دیاگرام، محور طولی و عرضی مجموع تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر شاخص را نشان می‌دهد. مؤلفه‌هایی که در زیر محور طولی قرار دارند، تأثیرپذیرند به‌طوری‌که 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 ٤**– 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 بازشوها 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.

## ٦- نتیجه‌گیری

استفاده از سیستم مدیریت هوشمند ساختمان، به‌دلیل مزایایی مانند صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، افـزایش ایمنی و سطح رفاه و آسایش، به‌عنوان سرمایه‌گذاری مؤثر در پایداری و بهینه‌سازی ساختمان‌ها شناخته می‌شـود. بنـابراین در طراحـی و سـاخت ساختمان‌های جدید، لازم است از چنین سیستم‌هایی استفاده شود. این پژوهش با هدف شناخت مؤلفه‌های هوشمندی مجتمـع‌هـای مسـکونی و انتخاب مؤلفه‌های برتر با تاکید بر کاهش هزینه در شهر پردیس صورت پذیرفته است. پژوهش دارای رویکرد کمی و از نوع کـاربردی بـوده و در دسته‌ی پژوهش‌های توصیفی- مطالعه‌ی موردی قرار گرفته و نمونه‌ی آماری بر اساس روش نمونه‌گیری قضاوتی از میان متخصصـان حـوزه‌ی هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی انتخاب شده است. در پژوهش حاضر از رویکرد آمار توصیفی، اسـتنباطی و تکنیـک دیمتـل جهـت تحلیـل اطلاعات استفاده شده و در نهایت کلیدی‌ترین مؤلفه‌های مؤثر در هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی با تأکید بر کاهش هزینه‌ها شامل سیسـتم نورپردازی هوشمند، کنترل بازشوها به‌صورت هوشمند و استفاده از نمای هوشمند مشخص شده‌اند. لـذا بـر اسـاس یافتـه‌هـای بدسـت آمـده در پژوهش، به‌منظور هوشمندسازی مجتمع های مسکونی شهر پردیس در جهت کاهش هزینه‌ها لازم است تمرکز اصلی بر روی سیستم نورپردازی ساختمان، ابعاد در ها و پنجره ها و استفاده از نمای دوپوسته یا استفاده از سـایبان و تعبیـه نـورگیر در نمـای سـاختمان اسـتفاده شـود. از جملـه محدودیت‌های این پژوهش آن است که پژوهش حاضر، مطالعه‌ای مقطعی است و بنابراین روابط علی و معلولی حاصل از روش دیمتل را به‌طـرز قطعی برای بلندمدت نمی‌توان استفاده نمود. برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود، از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخص نظیـر تحلیـل سلسله‌مراتبی برای شناسایی مؤلفه‌های هوشمندسازی مجتمع‌های مسکونی استفاده کرد و نتایج را با خروجی پژوهش حاضر مقایسه نمود.

## پی‌نوشت

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

## منابع


- افشاری بصیر،نفیسه؛ افشاری بصیر، محمدرضا (۱۳۹۰). ساختمان‌های هوشمند گامی به سوی فناوری نوین درساخت. *دومین کنفرانس بین المللی معماری وسازه*، دانشگاه تهران.
- پورعلی، اسماعیل؛ رادفر، رضا؛ چراغعلی، محمدحسین (۱۴۰۲). بررسی کیفی مؤلفه های موثر آمادی و مهندسی بر سامانه مدیریت ساختمان‌های هوشمند. *نشریه اندیشه آماد*، پیاپی ۸۴، ۱۲۱-۱۴۱.
- جان بزرگی(۱۳۸۸). سیستم هوشمند ساختمان. *فصلنامه کیسون*، شماره ۴۳، ۱-۴.
- 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 پشتی، 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 کتایون (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.
- مجتبوی، سیده مریم؛ بنانژاد مشهدی، بهناز (۱۴۰۱). بررسی تاثیرات هوشمندسازی ساختمان بر صرفه جویی انرژی. *نشریه پژوهش‌های معماری نوین*، سال دوم، شماره۴، ۴۱-۵۶
- مختاریان علی (۱۳۹۰). ساختمان‌های هوشمند و نقش آن در بهینه سازی مصرف انرژی، *فصلنامه تفکر معماری*، شماره ۲۵، ۴۸
- مفیدی، مجید؛ روشن ضمیر، شیما (۱۳۸۸)، وسته هوشمند، *نشریه آبادی*، 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*، پیاپی۱، 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.jobe.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.