

شناسایی و دسته‌بندی شاخص‌های مسکن هوشمند: مرور سیستماتیک و ارائه چارچوب مفهومی

مبتهی بر مدل IPO

فاطمه سادات حسینی آذرخوارانی^۱، حمیدرضا صارمی^{۲*}، خاطره مغانی رحیمی^۳، پری چهر رشیدقلم^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برنامه‌ریزی شهری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- دانشیار، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳- دانشجوی دکتری، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۴- دانشجوی دکتری، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

مقاله مروری

تاریخ دریافت: 1405-03-29

تاریخ بازنگری: 1405-04-22

تاریخ پذیرش: 1405-05-01

چکیده

در عصر حاضر که فناوری با سرعتی بی‌سابقه در زندگی روزمره تنیده می‌شود، «مسکن هوشمند» به یک ضرورت انکارناپذیر برای آینده زیست‌بشر بدل گشته‌است. این تحول قادر است با ادراک عمیق نیازها، بهینه‌سازی منابع و ارتقای چشمگیر کیفیت زندگی، به چالش‌های پیچیده قرن بیست‌ویکم پاسخ دهند. به همین منظور این پژوهش باهدف شناسایی و مرور شاخص‌های مسکن هوشمند با روش سیستماتیک و بازخوانی از معیارها و دسته‌بندی آن‌ها و ارائه یک چارچوب مفهومی مبتنی بر مدل IPO (وروی، فرآیند، خروجی) برای سازمان‌دهی این شاخص‌ها انجام شده‌است. روش تحقیق در این پژوهش مروری بوده و برای جمع‌آوری داده‌ها از روش مرور سیستماتیک و برای تحلیل آن‌ها از شیوه تحلیل محتوای مقوله‌ای استفاده شده‌است. این پژوهش با تمرکز بر تحلیل شاخص‌های مسکن هوشمند، پنج بعد اصلی شامل پایداری محیطی و کارایی انرژی، کارایی فنی و زیرساخت هوشمندساختمان، امنیت و اعتماد دیجیتال، کاربرمحوری و کیفیت زندگی سکونتی و حکمرانی و ارزش اقتصادی را مورد بررسی قرار داد. مرور نظام‌مند ادبیات در پایگاه Scopus نشان می‌دهد که شاخص‌های مسکن هوشمند را می‌توان در چارچوبی منسجم از ورودی، فرآیند و خروجی سازمان داد؛ به گونه‌ای که ورودی‌های مبتنی بر کاربرمحوری، چون پذیرش فناوری، سهولت استفاده، سازگاری با سبک زندگی و ارتقای کیفیت زندگی، زمینه‌ساز شکل‌گیری فرآیندهای هوشمند، از جمله کارایی فنی، یکپارچگی زیرساختی، امنیت دیجیتال و پایش هوشمند می‌شوند. این فرآیندها نیز در نهایت به خروجی‌هایی معنادار در سطوح خرد و کلان، مانند بهبود کیفیت زندگی، افزایش شفافیت خدمات، ارتقای ارزش اقتصادی، پایداری محیطی و کارایی انرژی منتهی می‌گردند. همچنین یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که مفهوم مسکن هوشمند صرفاً به به کارگیری فناوری‌های نوین در ساختمان محدود نمی‌شود، بلکه در تعامل همزمان میان ابعاد پایداری محیطی، کارایی فنی، امنیت دیجیتال، کاربرمحوری و حکمرانی شهری معنا پیدا می‌کند.

۳. نویسنده مسئول: saremi@modares.ac.ir

واژگان کلیدی

سنجش اثرگذاری، مدل IPO، مرور سیستماتیک ادبیات، مسکن هوشمند

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، مفهوم «مسکن» دستخوش تحولی بنیادین شده است و از یک فضای صرفاً فیزیکی و ایستا، به یک سیستم پویا و هوشمند بدل گشته است. «مسکن هوشمند» (Smart Home) به مجموعه‌ای از فناوری‌ها، دستگاه‌ها و سیستم‌های ارتباطی اطلاق می‌شود که با هدف افزایش سطح راحتی، امنیت، بهره‌وری انرژی، و کیفیت کلی زندگی ساکنان، در یک چارچوب یکپارچه عمل می‌کنند. این انقلاب فناورانه، نه تنها شیوه تعامل شهروندان با محیط زندگی را دگرگون کرده، بلکه چشم‌انداز نوینی را در حوزه شهرسازی و سبک زندگی معاصر گشوده است. براین اساس، بخش مسکن به عنوان یکی از بخش‌های عمده اقتصادی بوده و بزرگترین سهم سرمایه‌گذاری را به خود اختصاص داده است (Habibi & Manouchehri, 2023:188).

اهمیت رو به رشد مسکن هوشمند در عصر حاضر، به ویژه در مواجهه با چالش‌های جهانی نظیر تغییرات اقلیمی، نیاز به پایداری زیست‌محیطی، افزایش شهرنشینی و ارتقای کیفیت زندگی، انکارناپذیر است. سیستم‌های هوشمند می‌توانند با کاهش مصرف انرژی، مدیریت بهینه منابع و افزایش ایمنی و آسایش، نقش کلیدی در تحقق اهداف توسعه پایدار ایفا کنند. همچنین، با افزایش سن جمعیت در بسیاری از جوامع، قابلیت‌های مسکن هوشمند در حمایت از سالمندان و افراد نیازمند مراقبت ویژه، اهمیت حیاتی یافته است. بنابراین اگرچه مسکن موضوعی با اهمیت فراوان است، اما در مطالعات شهر هوشمند به آن کم‌توجهی شده است؛ این در شرایطی است که مسکن نیز، همانند پروژه‌های شهر هوشمند، جزء لاینفک اقتصاد شهری مالی محور محسوب می‌شود (Listerborn, 2025: 2663). مسکن هوشمند به عنوان راهکاری کلیدی برای تبدیل مسکن شهری به سامانه‌های هوشمند و پایدار مطرح شده است. این فناوری‌ها با اتصال دستگاه‌ها، سنسورها و سیستم‌های مدیریتی، امکان نظارت بلادرنگ، بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهبود خدمات شهری را فراهم می‌کنند (Alavi et al., 2018: 590).

دهه ۲۰۲۰ تأکید بر یکپارچگی، پایداری و شهروند محوری بود. در این دوره، مسکن هوشمند شهری نه تنها به عنوان یک واحد مسکونی هوشمند، بلکه به عنوان سلول بنیادی شهر هوشمند و بخشی از اکوسیستم شهری هوشمند در نظر گرفته شد (Allam & Jones, 2020: 98). یکپارچگی با شبکه‌های انرژی هوشمند، سیستم‌های حمل و نقل هوشمند و خدمات شهری هوشمند، تمرکز بر پایداری و مصرف بهینه منابع و توجه ویژه به نیازها و مشارکت شهروندان، از ویژگی‌های کلیدی این رویکرد نوین هستند (Novak et al., 2024).

با این حال، توسعه و پذیرش گسترده مسکن هوشمند با چالش‌های متعددی نیز روبروست. مسائلی چون امنیت سایبری و حریم خصوصی داده‌ها، پیچیدگی نصب و راه‌اندازی، هزینه‌های اولیه، قابلیت همکاری میان پلتفرم‌های مختلف و اطمینان از سهولت استفاده برای تمام اقشار جامعه، از جمله موانعی هستند که نیازمند توجه و راهکارهای نوآورانه می‌باشند.

همچنین مسکن هوشمند، در عصر حاضر، فراتر از صرف اتوماسیون فنی، به یک اکوسیستم پیچیده اجتماعی- فنی تبدیل شده است که زندگی انسان، فناوری و محیط شهری را در هم می‌آمیزد. این تحول، نیازمند درک عمیق و جامعی از روابط حاکم بر لایه‌های مختلف این اکوسیستم است؛ از ورودی‌های کاربرمحور و کیفیت زندگی تا فرآیندهای فنی و امنیتی، و در نهایت، خروجی‌های کلان اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی.

با وجود رشد چشمگیر پژوهش‌های مرتبط با مسکن هوشمند، بررسی ادبیات نشان می‌دهد که مطالعات موجود عمدتاً بر ابعاد منفردی مانند مدیریت انرژی، اینترنت اشیا، امنیت، کیفیت زندگی، پذیرش فناوری یا زیرساخت‌های هوشمند تمرکز داشته‌اند. در نتیجه،

شاخص‌های مسکن هوشمند به‌صورت پراکنده، با تعاریف متفاوت و بدون یک چارچوب مفهومی واحد ارائه شده‌اند. این پراکندگی، ضمن دشوار ساختن مقایسه نتایج پژوهش‌ها، مانع از دستیابی به درکی جامع از روابط میان شاخص‌ها و نقش آن‌ها در شکل‌گیری مسکن هوشمند شده است. همچنین، مرور نظام‌مند جامعی که ضمن شناسایی و دسته‌بندی شاخص‌های مسکن هوشمند، آن‌ها را در قالب یک چارچوب مفهومی منسجم سازمان‌دهی کند، در ادبیات پژوهش کمتر مشاهده می‌شود. در نتیجه، یک شکاف پژوهشی در خصوص هم‌افزایی ابعاد مختلف و مدل‌سازی یکپارچه میان شاخص‌ها در لایه‌های مختلف (ورودی-فرآیند-خروجی) با اتکا بر مرور نظام‌مند ادبیات علمی (Scopus) با استفاده از شاخص‌های کلیدی مرتبط با مسکن هوشمند احساس می‌شود.

با توجه به این خلأ، بهره‌گیری از مدل ورودی-فرآیند-خروجی (Input-Process-Output: IPO) می‌تواند چارچوبی مناسب برای سازمان‌دهی شاخص‌های مسکن هوشمند فراهم آورد. این مدل، ضمن تفکیک عوامل زمینه‌ای، فرآیندهای عملکردی و پیامدهای نهایی، امکان تحلیل روابط میان شاخص‌ها و نحوه اثرگذاری آن‌ها را فراهم می‌سازد. از این منظر، مدل IPO صرفاً ابزاری برای طبقه‌بندی شاخص‌ها نیست، بلکه بستری برای درک نظام‌مند سازوکارهای شکل‌گیری و عملکرد مسکن هوشمند محسوب می‌شود. به همین منظور، پژوهش حاضر با هدف شناسایی و مرور شاخص‌های مسکن هوشمند با روش سیستماتیک و بازخوانی از معیارها و دسته‌بندی آن‌ها و ارائه یک چارچوب مفهومی مبتنی بر مدل IPO (وروی، فرآیند، خروجی) برای سازمان‌دهی این شاخص‌ها انجام شده است. چارچوب پیشنهادی، علاوه بر ایجاد انسجام در ادبیات این حوزه، زمینه مناسبی برای توسعه مدل‌های ارزیابی در حوزه مسکن هوشمند فراهم آورد.

۲. مبانی نظری

در این بخش به منظور روشن شدن مفاهیم پایه‌ای پژوهش به تشریح پیشینه پژوهش، سیر تکامل مسکن در شهرهای هوشمند، مفاهیم شهر هوشمند و مسکن و مبانی مسکن هوشمند پرداخته شده است.

۱.۲. پیشینه پژوهش

بررسی مطالعات مروری نظام‌مند نشان می‌دهد که پژوهش‌های مرور ادبیات در حوزه مسکن هوشمند طی سال‌های اخیر به‌تدریج توسعه یافته‌اند. یکی از نخستین مرورهای نظام‌مند جامع در این حوزه توسط ماریکیان و همکاران در سال ۲۰۱۹ با عنوان «مروری سیستماتیک بر ادبیات خانه هوشمند: دیدگاه کاربر» انجام شد. این پژوهش با مرور مطالعات منتشرشده بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۷، به بررسی تعاریف، ویژگی‌ها، خدمات، مزایا، چالش‌ها و موانع پذیرش خانه هوشمند از دیدگاه کاربران پرداخت. با وجود جامع بودن این پژوهش، تمرکز آن بر تحلیل ادبیات از منظر کاربران بوده و چارچوبی برای استخراج و طبقه‌بندی شاخص‌های مسکن هوشمند ارائه نکرده است.

در ادامه، سان و لی در سال ۲۰۲۱، با مرور نظام‌مند پژوهش‌های مبتنی بر اینترنت اشیا، چارچوبی برای تحلیل روند تکامل خانه‌های هوشمند ارائه کردند. تمرکز این پژوهش بر لایه‌های فناوری، ارتباطات، تحلیل داده و خدمات بود و شاخص‌های ارزیابی مسکن هوشمند به‌صورت جامع استخراج و سازمان‌دهی نشدند.

سپس چاکرابورتی و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان «سیستم خانه هوشمند: یک بررسی جامع»، روند توسعه سامانه‌های خانه هوشمند، ساخت‌افزارها، فناوری‌های ارتباطی و کاربردهای نوین را مرور کردند. این پژوهش نیز عمدتاً بر جنبه‌های فنی و معماری سامانه‌های خانه هوشمند متمرکز بوده است.

سپس خان و همکاران در سال ۲۰۲۴، با انجام یک مرور نظام‌مند، روندهای جاری، کاربردها، چالش‌ها و پیشنهادهای آینده در حوزه خانه هوشمند را بررسی کردند. همچنین سامانجی اوغلو و همکاران (۲۰۲۴)، ویژگی‌های فناوری‌های خانه هوشمند و ترجیحات کاربران را مرور و طبقه‌بندی نمودند.

در پژوهش‌های داخلی نیز، میرپادیاب و اعتصام (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان «شناخت سناریوهای مسکن هوشمند و رابطه آن با پایداری» به بررسی نقش مسکن هوشمند در تحقق ابعاد مختلف پایداری پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند در بخش مسکن می‌تواند از طریق بهینه‌سازی مصرف انرژی، مدیریت منابع، ارتقای کیفیت محیط سکونت و افزایش کارایی سیستم‌های ساختمانی، زمینه تحقق پایداری را فراهم سازد. همچنین، پژوهشگران با تبیین سناریوهای مختلف توسعه مسکن هوشمند، بر ضرورت توجه هم‌زمان به ابعاد فنی، زیست‌محیطی و مدیریتی در برنامه‌ریزی و طراحی مسکن تأکید کردند.

سپس مرادی و رضایی‌سوق (۲۰۲۵) در پژوهشی با عنوان «فناوری‌های نوین و بهبود کیفیت زندگی در شهرهای هوشمند: چالش‌ها و فرصت‌های مسکن هوشمند» به بررسی چالش‌های توسعه مسکن هوشمند و راهکارهای ارتقای آن با بهره‌گیری از روش تحلیل کیفی و نرم‌افزار MAXQDA پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که توسعه مسکن هوشمند مستلزم هم‌افزایی میان بخش‌های دولتی، خصوصی و دانشگاهی است. همچنین، تدوین سیاست‌های حمایتی، تقویت زیرساخت‌های ارتباطی و فناوری و فرهنگ‌سازی در میان شهروندان، از مهم‌ترین الزامات گسترش این نوع مسکن به شمار می‌روند. یافته‌های این پژوهش بیانگر آن است که اجرای این راهکارها می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری انرژی، ارتقای امنیت، بهبود آسایش ساکنان و تسریع در پذیرش فناوری‌های هوشمند در بخش مسکن شود.

در ادامه، مرادی، تیموری و مفرد (۲۰۲۵) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی فناوری اینترنت اشیا در تحقق مسکن هوشمند منطقه ۶ تهران» به بررسی نقش فناوری اینترنت اشیا در توسعه و تحقق مسکن هوشمند پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که به‌کارگیری اینترنت اشیا، از طریق اتصال تجهیزات و سامانه‌های هوشمند، زمینه ارتقای مدیریت هوشمند ساختمان، افزایش بهره‌وری انرژی، بهبود امنیت، کنترل هوشمند تجهیزات و افزایش کیفیت خدمات سکونت را فراهم می‌کند. همچنین، پژوهش بر اهمیت توسعه زیرساخت‌های ارتباطی، یکپارچگی سامانه‌های هوشمند و فراهم‌سازی بسترهای فناورانه برای تحقق مسکن هوشمند تأکید دارد. بر این اساس، بررسی انتقادی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که پژوهش‌های موجود عمدتاً بر فناوری‌ها، معماری سامانه‌ها، پذیرش کاربران، امنیت، سلامت یا مدیریت انرژی تمرکز داشته‌اند و هر یک تنها بخشی از ابعاد مسکن هوشمند را پوشش داده‌اند. تاکنون پژوهشی که شاخص‌های پراکنده موجود در ادبیات را از طریق مرور نظام‌مند استخراج، تحلیل محتوا و در قالب یک چارچوب مفهومی واحد سازمان‌دهی کند، وجود ندارد.

از این‌رو، نوآوری پژوهش حاضر در تولید یک چارچوب مفهومی تلفیقی از شاخص‌های مسکن هوشمند است. برخلاف پژوهش‌های پیشین که عمدتاً توصیفی یا موضوع‌محور بوده‌اند، این پژوهش با بهره‌گیری از مرور نظام‌مند، شاخص‌های پراکنده را استخراج، یکپارچه‌سازی و در قالب چارچوب مفهومی Input-Process-Output (IPO) سازمان‌دهی می‌کند. حاصل این فرایند، ارائه یک ساختار منسجم برای فهم ابعاد مسکن هوشمند است که می‌تواند مبنایی برای توسعه مدل‌های ارزیابی، تدوین شاخص‌های سنجش و پژوهش‌های آینده در این حوزه باشد.

سیر تکامل مسکن در شهرهای هوشمند

به‌منظور درک جایگاه مسکن در بستر شهرهای هوشمند، لازم است که به سیر تحول مفهومی «مسکن هوشمند» توجه شود.

تحول مفهومی «مسکن هوشمند» را می‌توان به مثابه یک فرآیند تکاملی دید که از یک خانه فناورانه ساده به یک محیط زندگی هوشمند، تعاملی و داده‌محور ارتقا یافته است. در ادبیات، این تحول را معمولاً در سه مرحله اصلی می‌توان ردیابی کرد:

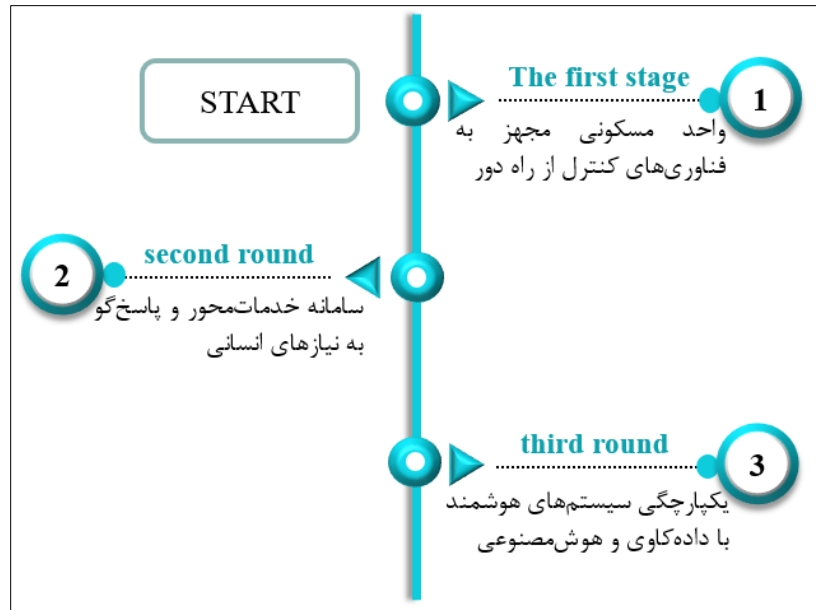
در مرحله اول، تعریف مسکن هوشمند متمرکز بر اتوماسیون و فناوری‌های پایه بود. در این رویکرد اولیه، «خانه هوشمند» به عنوان یک واحد مسکونی مجهز به فناوری‌های کنترل از راه دور توصیف می‌شود که امکان مدیریت روشنایی، دما، امنیت و مصرف انرژی را فراهم می‌کند (Marikyan, 2019). در این دیدگاه، فناوری، حسگرها و شبکه‌های ارتباطی دوربرد، هسته تعریف مسکن هوشمند را شکل می‌دهند و هدف اصلی بهبود کارایی عملیاتی و رفاه اولیه ساکنان است.

در مرحله دوم، تمرکز به سمت خدمات و تعامل با ساکنان حرکت کرد. مطالعات بعدی نشان دادند که کاربرد هوشمندسازی در مسکن تنها به اتوماسیون فنی محدود نمی‌شود، بلکه باید نیازها و تجربه زیستی کاربران را در برگیرد. به عبارت دیگر، در این زمان، مسکن هوشمند شاهد یک چرخش بنیادین در نگرش به این مفهوم بود؛ تحولی که از تمرکز صرف بر کارکرد فنی و اتوماسیون فراتر رفت و در عوض، بر ارائه خدمات هدفمند و غنی‌سازی تجربه زیسته ساکنان تأکید ورزید. این گذار، ریشه در یافته‌های پژوهشی داشت که نشان می‌دادند ارزش واقعی هوشمندسازی مسکن، نه در صرف داشتن دستگاه‌های خودکار، بلکه در توانایی این سیستم‌ها برای درک، پیش‌بینی و پاسخگویی به نیازهای پیچیده و متغیر انسانی نهفته است.

در این رویکرد، ادبیات به انواع خدماتی توجه دارد که مسکن هوشمند می‌تواند فراهم کند؛ که این امر موجب شده تا تعریف‌ها از «خانه هوشمند» صرفاً ابزارمند به یک سامانه خدمات‌محور و پاسخ‌گو به نیازهای انسانی تغییر یابد (Marikyan, 2019, Maalsen, 2019).

و اکنون، در مرحله سوم، دوران همگرایی با هوش مصنوعی، کلان‌داده و اکوسیستم‌های شهری، مسکن هوشمند به بخشی جدایی‌ناپذیر از اکوسیستم کلان‌شهری تبدیل شده است. این مرحله با همگرایی عمیق سیستم‌های هوشمند با قابلیت‌های پیشرفته هوش مصنوعی، تحلیل کلان‌داده و یادگیری ماشین تعریف می‌شود. دیگر مسکن هوشمند صرفاً مجموعه‌ای از دستگاه‌های متصل نیست، بلکه به گره مرکزی در یک شبکه شهری هوشمند تبدیل می‌شود. تمرکز از «خدمات» به سمت «سیستم‌های یادگیرنده، پیش‌بین، خودبهینه‌ساز و انطباق‌پذیر» معطوف شده است. این سیستم‌ها قادرند رفتار ساکنان را تحلیل کرده، نیازهای آینده را پیش‌بینی کنند، به صورت خودکار تصمیم‌گیری نمایند (مانند بهینه‌سازی مصرف انرژی بر اساس الگوهای پیچیده) و با سایر سیستم‌های شهری (مانند شبکه‌های انرژی، حمل‌ونقل و خدمات اضطراری) تعامل داشته باشند. این رویکرد، مسکن را از یک فضا به یک اکوسیستم زنده و متفکر تبدیل می‌کند که توانایی آن برای فراهم کردن سطحی بی‌سابقه از شخصی‌سازی، کارایی و هم‌سویی با سبک زندگی ساکنان را به سطحی کاملاً جدید ارتقا داده است. در این مرحله، کلان‌داده‌های جمع‌آوری‌شده، موتور محرکه هوش مصنوعی هستند که بینش‌های عملی را برای تصمیم‌گیری‌های هوشمندتر استخراج می‌کنند (Hussain et al., 2025).

براین اساس، پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که حرکت از اتوماسیون به سیستم‌های یادگیرنده، پیش‌بین و تعامل‌محور، بخشی از مسیر تکاملی مسکن هوشمند است. این رویکرد نه تنها به مدیریت کارآمد منابع انرژی یا کنترل شرایط محیطی می‌پردازد، بلکه با تحلیل داده‌های رفتاری ساکنان، می‌تواند پیش‌بینی نیازها، بهینه‌سازی آسایش و تصمیم‌گیری خودکار را در سطحی فراتر از تعامل صرف با فناوری فراهم کند (مطالعات مروری اخیر بر روندهای فناوری‌های هوشمند این تحول را به وضوح نشان داده‌اند) (Park & Han, 2025; Marikyan, 2019; Maalsen, 2019).



شکل ۱. تکامل مسکن در شهرهای هوشمند

مفاهیم شهر هوشمند و مسکن

شهرهای هوشمند، مردم محور، مکان محور و محلی هستند، اما ناگزیر تحت تأثیر تصمیمات سیاست گذاری در سطوح ملی یا بین المللی نیز قرار می گیرند. این تصمیمات با توجه به اینکه فناوری های نوظهور، به طور بالقوه تهدیدات اجتماعی، اخلاقی و زیست محیطی جدیدی را ایجاد می کنند که می تواند مزایای آنها را خنثی کند، بسیار مهم تر می شوند (Hemlata & Rai, 2025: 293). شهرهای هوشمند مردم محور متعهد به قرار دادن جوامع محلی در مرکز و رهبری تحولات دیجیتال شهری هستند و پیشرفت فناوری را به عنوان یک وسیله و نه یک هدف در نظر می گیرند. با این حال، برای بهره برداری کامل از پتانسیل تحول آفرین آنها، بررسی چگونگی تعامل شهرنشینی و پیشرفت فناوری در مناطق مختلف جهان و ایجاد تأثیرات چندوجهی بر جوامع شهری متنوع، اساسی است (UN-Habitat, 2024: 6).

برنامه های شهر هوشمند اغلب تجلی اسناد استراتژیک گسترده ای هستند که چشم انداز مطلوبی را برای آینده شهرها تعیین می کنند. علاوه بر این، شهرداری ها در سراسر جهان به طور فزاینده ای در حال تعیین برنامه ها و اهداف برای حوزه های استراتژیک هستند. به عنوان مثال، Cocody (Cameroon) یک طرح شهر سبز راه اندازی کرده است که هدف آن کاهش ۷۰ درصدی انتشار کربن شهری تا سال ۲۰۳۰ است. به همین ترتیب، ارزیابی جهانی هوش مصنوعی مسئولانه در شهرها نشان داده است که حدود ۳۰ درصد از شهرداری ها استراتژی های هوش مصنوعی خود را تعریف کرده اند (UN-Habitat, 2024: 10).

مبانی مسکن هوشمند

مسکن هوشمند یک جزء ضروری از برنامه ریزی و توسعه شهری پایدار در یک شهر هوشمند است (Guzueva et al., 2024: 1). در تعریف کلاسیک، Smart Home محیطی است که در آن تجهیزات فیزیکی و دیجیتال به صورت یکپارچه عمل کرده و امکان پایش، کنترل و تصمیم گیری خودکار را فراهم می کنند (Gann et al., 2012). این مفهوم بعدها در ادبیات برنامه ریزی و مسکن، به سطحی فراتر از «خانه فناورانه» توسعه یافت و به عنوان بخشی از نظام سکونتی هوشمند و پایدار مطرح شد.

از دیدگاه معاصر، مسکن هوشمند صرفاً مجموعه‌ای از ابزارهای فناورانه نیست، بلکه یک سیستم اجتماعی-فنی تطبیقی است که تعامل انسان، فضا و فناوری را در چارچوب پایداری، رفاه و تاب‌آوری سازمان‌دهی می‌کند (Marikyan et al., 2019).

به عبارت دیگر، مسکن هوشمند نشان‌دهنده یک تغییر الگو در نحوه طراحی، ساخت و مدیریت فضاهای مسکونی است. خانه‌های هوشمند از طریق استقرار فناوری‌های پیشرفته مانند سیستم‌های مدیریت انرژی، لوازم خانگی خودکار و شبکه‌های حسگر، رویکردی پیشگیرانه برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی ارائه می‌دهند (Guzueva et al., 2024: 1).

در دهه‌های اخیر، مفهوم مسکن هوشمند عمدتاً به استفاده از سامانه‌های اتوماسیون ساختمان، کنترل تجهیزات الکترونیکی و مدیریت هوشمند روشنایی، گرمایش، سرمایش و امنیت محدود می‌شد. در این رویکرد، هوشمندسازی بیشتر بر خودکارسازی عملکرد تجهیزات و افزایش آسایش ساکنان متمرکز بود و فناوری نقش ابزاری در کنترل محیط مسکونی ایفا می‌کرد (Marikyan et al., 2019: 141). با توسعه اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، رایانش ابری، رایانش لبه، کلان داده و شبکه‌های ارتباطی نسل جدید، مفهوم مسکن هوشمند دستخوش تحول اساسی شده است. پژوهش‌های جدید بیان می‌کنند که مسکن هوشمند دیگر صرفاً مجموعه‌ای از تجهیزات متصل نیست، بلکه یک اکوسیستم هوشمند، داده‌محور و انسان‌محور است که در آن تعامل مستمر میان کاربران، حسگرها، سامانه‌های هوشمند و خدمات دیجیتال، امکان تصمیم‌گیری هوشمند، یادگیری از رفتار کاربران و ارائه خدمات شخصی‌سازی شده را فراهم می‌آورد (Owens et al., 2025).

در این دیدگاه، هوش مصنوعی به عنوان هسته تصمیم‌گیری سامانه‌های مسکن هوشمند شناخته می‌شود. برخلاف نسل‌های اولیه که عملکرد تجهیزات بر اساس قوانین از پیش تعیین شده انجام می‌شد، نسل جدید سامانه‌های هوشمند با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، یادگیری عمیق و تحلیل داده‌های بلندمدت قادرند الگوهای رفتاری کاربران را شناسایی کرده، شرایط محیطی را پیش‌بینی کنند و تصمیم‌های هوشمند و خودتطبیق برای مدیریت انرژی، امنیت، آسایش و سلامت ساکنان اتخاذ نمایند. در نتیجه، مفهوم مسکن هوشمند از «اتوماسیون» به سمت «هوشمندی تطبیقی» و «تصمیم‌گیری هوشمند» تغییر یافته است. در این زمینه، هوش مصنوعی محیط‌های شهری را از نظر ویژگی‌های کارآمد، پایدار و قابل سکونت بهبود می‌بخشد. در واقع به کارگیری هوش مصنوعی در برنامه‌های مسکن هوشمند، انواع مختلف اطلاعات مربوط به هر خانه هوشمند، از جمله مصرف انرژی، مدیریت پسماند و امنیت عمومی را رصد و بهینه‌سازی می‌کند (Rajput, 2024). از مدل‌های هوش مصنوعی به طور فزاینده‌ای برای ایجاد تحلیل‌های پیش‌بینانه در مورد مصرف برق، الگوهای ترافیکی، کیفیت هوا و سایر عواملی که بر کیفیت زندگی در شهرهای هوشمند تأثیر می‌گذارند، استفاده می‌شود (Arabasy et al., 2025: 59).

از سوی دیگر، پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که موفقیت مسکن هوشمند تنها به پیشرفت فناوری وابسته نیست، بلکه به میزان پذیرش کاربران، اعتماد، حفظ حریم خصوصی، امنیت اطلاعات، سهولت استفاده، قابلیت تعامل میان تجهیزات و کیفیت تجربه کاربری نیز بستگی دارد. از این رو، دیدگاه‌های نوین، مسکن هوشمند را حاصل تعامل هم‌زمان ابعاد فناورانه، انسانی، اجتماعی و مدیریتی می‌دانند و بر ضرورت طراحی سامانه‌هایی تأکید دارند که علاوه بر کارایی فنی، نیازها و ترجیحات کاربران را نیز در نظر بگیرند (Samancioglu et al., 2024).

بر این اساس، دیدگاه‌های نوین در این حوزه نشان می‌دهند که ارزیابی مسکن هوشمند نباید صرفاً بر ویژگی‌های فناورانه یا تجهیزات هوشمند استوار باشد، بلکه لازم است مجموعه‌ای از شاخص‌های مرتبط با زیرساخت‌های فناورانه، فرایندهای مدیریتی، تعاملات انسانی، امنیت، پایداری، کیفیت خدمات و پیامدهای اجتماعی و اقتصادی به صورت یکپارچه مورد توجه قرار گیرند. از این منظر، سازمان‌دهی نظام‌مند شاخص‌های مسکن هوشمند در قالب یک چارچوب مفهومی می‌تواند زمینه را برای ارزیابی جامع توسعه نسل آینده مسکن هوشمند فراهم سازد.

۳. روش پژوهش

روش تحقیق در این پژوهش مروری می‌باشد. با توجه به هدف پژوهش ابتدا به مرور سیستماتیک مطالعات پیشین پرداخته و با استفاده از تحلیل محتوای این مطالعات، شاخص‌های عام موثر بر مسکن هوشمند شناسایی شده است. هدف از مرور سیستماتیک شناسایی و سنتز ادبیات جهانی و دستیابی به شاخص‌های مسکن هوشمند، مقوله‌ها و زیرمقوله‌ها از طریق مراحل تعریف، جست‌وجو، انتخاب، تحلیل و سنتز می‌باشد. در واقع این پژوهش با استفاده از یک رویکرد تفسیری داده‌های کیفی جمع‌آوری شده را تحلیل و سپس با در نظر گرفتن تکرار هر یک از شاخص‌های مسکن هوشمند در جهت تحلیل راحت‌تر به تبدیل داده‌های کیفی به کمی پرداخته است.

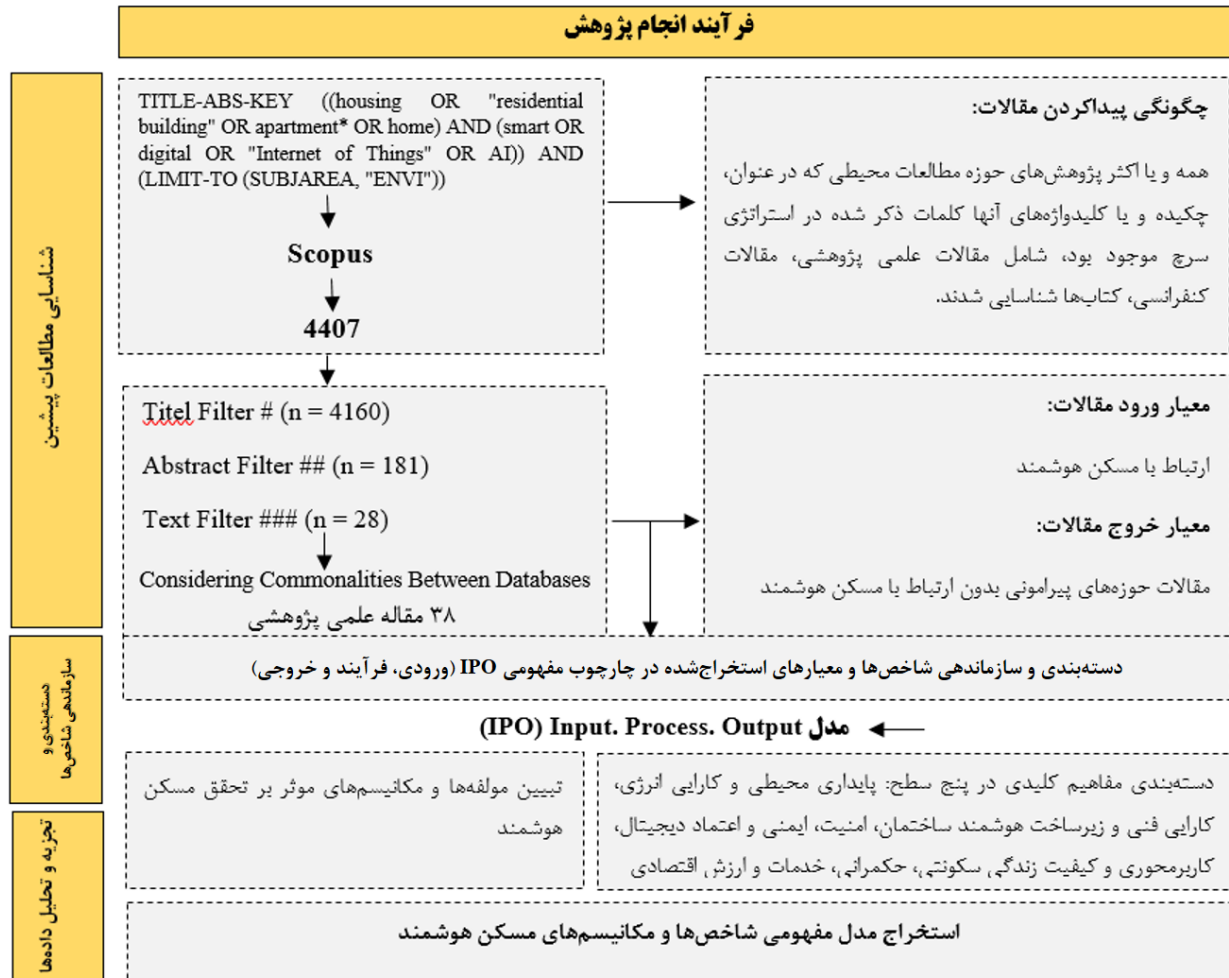
اولین گام در مرور سیستماتیک مطالعات پیشین، تدقیق سوال پژوهشی و شناسایی کلیدواژه‌های اصلی است. زیرا بدون وجود یک سوال پژوهشی مشخص امکان غربالگری و تحلیل مطالعات پیشین وجود ندارد (Moghani Rahimi et al., 2025: 270). گام دوم برای شناسایی مطالعات مرتبط با سوال پژوهشی کلید واژه‌های انتخاب شده در پایگاه‌های جهانی مانند: اسکاپوس (Scopus) جست و جو شده است. با این استراتژی سرچ (housing OR "residential building" OR apartment* OR home TITLE-ABS-KEY ((smart OR digital OR "Internet of Things" OR AI)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENVI")) AND (همه و یا اکثر پژوهش‌های حوزه مطالعات محیطی که در عنوان، چکیده و یا کلیدواژه‌های آن‌ها کلمات ذکر شده در استراتژی سرچ موجود بود، شامل مقالات علمی پژوهشی، مقالات کنفرانسی، کتاب‌ها، پایان‌نامه‌ها، رساله‌های داخلی و مقالات علمی پژوهشی و کنفرانسی جهانی شناسایی شده‌اند. در گام بعد به غربالگری این مطالعات بر اساس مطابقت با سوال پژوهشی بر اساس عنوان، چکیده و محتوا پرداخته شده است. در نهایت ۳۸ منبع مرتبط با موضوع شناسایی و تحلیل محتوا شده است. سپس در گام نهایی به تحلیل و بررسی ویژگی‌های مطالعات نهایی حاصل از فرایند غربالگری بر اساس یک چارچوب استخراج اطلاعات در اکسل پرداخته شده است. در این پژوهش با توجه به انجام یک مرور سیستماتیک همه شمول ابتدا تمام مطالعات مرتبط با مسکن هوشمند شناسایی شده و سپس در گام نهایی مطالعاتی که اهداف هر یک از زیر بخش‌های این پژوهش را محقق می‌ساختند، مشخص شدند.

به عبارت دیگر، فرآیند غربالگری مطالعات بر اساس دستورالعمل PRISMA 2020 (Page et al., 2021) انجام شد. در مرحله نخست، مطالعات مرتبط از پایگاه‌های اطلاعاتی منتخب با استفاده از کلیدواژه‌های پژوهش شناسایی شدند. سپس، مقالات تکراری حذف و عنوان و چکیده مطالعات از نظر انطباق با اهداف پژوهش بررسی گردید. در ادامه، متن کامل مقالات واجد شرایط بر اساس معیارهای ورود و خروج پژوهش ارزیابی شد و در نهایت، مطالعاتی که تمامی معیارهای تعیین‌شده را احراز کردند، برای استخراج و تحلیل شاخص‌های مسکن هوشمند انتخاب شدند. همچنین، معیارهای ورود شامل انتشار در مجلات علمی معتبر، ارتباط مستقیم با شاخص‌های مسکن هوشمند و دسترسی به متن کامل بود. همچنین، مطالعات تکراری، مقالات فاقد ارتباط موضوعی، گزارش‌های غیرعلمی و پژوهش‌های فاقد اطلاعات کافی از فرآیند بررسی حذف شدند.

سپس به منظور تحلیل داده‌های حاصل از مرور سیستماتیک، از روش تحلیل محتوای کیفی (content analysis) استفاده شد. در این روش، مفاهیم و شاخص‌های استخراج‌شده از مطالعات منتخب ابتدا کدگذاری اولیه شدند، سپس کدهای مشابه در قالب مقوله‌های مفهومی ادغام گردیدند.

سپس به منظور سازمان‌دهی و تحلیل شاخص‌های استخراج‌شده از ادبیات، از چارچوب Input-Process-Output (IPO) استفاده شد. مدل IPO یکی از چارچوب‌های مفهومی شناخته‌شده برای تبیین و سازمان‌دهی اجزای یک نظام و روابط عملکردی میان آن‌ها است که عناصر را در سه دسته ورودی (Input)، فرایند (Process) و خروجی (Output/Outcome) طبقه‌بندی می‌کند. در پژوهش حاضر، این مدل به عنوان چارچوبی مفهومی برای دسته‌بندی، سازمان‌دهی و تفسیر شاخص‌های استخراج‌شده از مرور سیستماتیک ادبیات

به کار گرفته شد. بر این اساس، شاخص‌هایی که پیش‌نیازها و عوامل زمینه‌ای توسعه مسکن هوشمند را نشان می‌دادند در بخش ورودی، شاخص‌های مرتبط با فرایندهای اجرایی در بخش فرایند، و شاخص‌های بیانگر پیامدها و نتایج حاصل از استقرار مسکن هوشمند در بخش خروجی طبقه‌بندی شدند.



شکل ۲. فرآیند انجام پژوهش

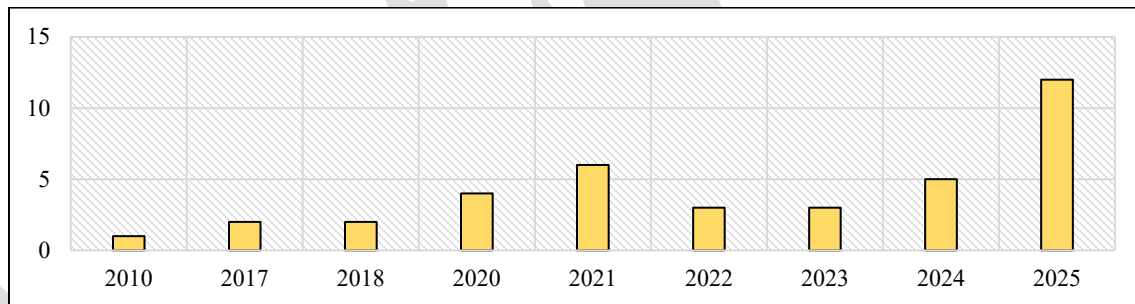
۴. یافته‌های پژوهش

در این بخش به مرور سیستماتیک مبانی نظری و تحلیل محتوای آنها در قالب چند گام پرداخته شده است. گام اول در تحلیل محتوا جمع‌آوری داده‌های کیفی از مطالعات انجام شده یا از طریق مطالعات کتابخانه‌ای یا مشاهده یا مصاحبه است. برای بررسی کتابخانه‌ای مطالعات پیشین از روش مرور سیستماتیک استفاده شده است. بدین منظور ابتدا با جست و جوی پایگاه‌های ذکر شده سعی شده است، همه مطالعات پیشین شناسایی شود. سپس به غربالگری بر اساس سه مرحله عنوان، چکیده و محتوا پرداخته شده و مطالعات واجد شرایط شناسایی شده‌اند. در جدول (۱) و (۳) به معرفی شاخص‌های مسکن هوشمند بیان شده در مطالعات این حوزه پرداخته شده است.

• گام اول: شناسایی شاخص‌های موثر بر مسکن هوشمند

این بخش از پژوهش با هدف شناسایی شاخص‌های موثر بر مسکن هوشمند می‌باشد و برای شناسایی مطالعات پیشین و جمع‌آوری داده‌ها از مطالعات کتابخانه‌ای (مرور سیستماتیک) و برای تحلیل آن‌ها از روش تحلیل محتوا مقوله‌ای استفاده شده است. همانطور که در شکل (۳) نشان داده شده است، روند زمانی انتشار مطالعات مرتبط با مسکن هوشمند نشان‌دهنده رشد تدریجی و سپس شتاب‌گیری قابل توجه این حوزه پژوهشی است. نخستین مطالعه شناسایی‌شده در مجموعه داده‌های پژوهش (پس انجام فرآیند مرور سیستماتیک)، در سال ۲۰۱۰ منتشر شده است که بیانگر آغاز توجه علمی به مفهوم مسکن هوشمند در ادبیات پژوهشی است. در فاصله سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ تعداد مطالعات محدود و پراکنده بوده است. این وضعیت نشان می‌دهد که در این دوره، مسکن هوشمند هنوز در مراحل اولیه توسعه مفهومی و فناورانه قرار داشته و بیشتر به‌عنوان موضوعی نوظهور مورد توجه پژوهشگران بوده است.

از سال ۲۰۲۰ به بعد روند انتشار مقالات با سرعت بیشتری افزایش یافته است. این افزایش را می‌توان ناشی از گسترش فناوری‌های اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی، حسگرهای هوشمند و سامانه‌های مدیریت انرژی در محیط‌های مسکونی دانست که موجب شده‌اند مسکن هوشمند از یک مفهوم فناورانه صرف به یک حوزه میان‌رشته‌ای در پیوند با پایداری، بهره‌وری انرژی، سلامت و کیفیت زندگی تبدیل شود.



شکل ۳. تحلیل زمانی داده‌های پژوهش

در این مرحله پس از تحلیل زمانی مطالعات به قرار دادن شاخص‌های مسکن هوشمند در قالب عوامل میانجی مسکن به تفکیک عوامل و مطالعات مرتبط پرداخته شده است. در واقع با استفاده از رویکرد تفسیری، داده‌های کیفی جمع‌آوری شده را تحلیل و سپس با در نظر گرفتن تکرار هر یک از عوامل در جهت تحلیل راحت‌تر به تبدیل داده‌های کیفی به کمی با استفاده از رویکرد تحلیل محتوا مقوله‌ای پرداخته شده است. به عبارت دیگر، در این مرحله، پس از انتخاب نهایی مطالعات، شاخص‌های مرتبط با مسکن هوشمند از هر مقاله استخراج و بر اساس پژوهش‌های منتشرشده سازمان‌دهی شدند. سپس، با ثبت حضور یا عدم حضور هر شاخص در مطالعات منتخب، فراوانی تکرار آن‌ها محاسبه شد. این رویکرد امکان شناسایی میزان توجه پژوهشگران به ابعاد مختلف مسکن هوشمند و تشخیص شاخص‌های غالب در ادبیات را فراهم می‌آورد. نتایج این مرحله در جدول (۱) ارائه شده است که در آن شاخص‌های استخراج‌شده، پژوهش‌های مرتبط و میزان فراوانی هر شاخص به تفکیک پژوهش‌های انجام شده نمایش داده شده‌اند.

جدول ۱. مستندسازی عوامل میانجی مسکن هوشمند به تفکیک عوامل و مطالعات مرتبط.

عوامل میانجی	صاحب نظر	سال																																														
			Ghoban & Alzamil	Habib et al.	Hussain et al.	Xenakis et al.	Mona et al	Lin & Chen	Molan et al.	Roslan et al.	Ganugi et al.	Prinen et al.	Chieng& Mustapa	Lagarde et al.	Garg et al.	Ahmed et al.	Szrzlecki et al.	Parnar& Rai	Listerborn	Ferreira et al.	Morevali & Seyedian	Nascimento, & Fetermann	Mallinson & Shafí	Aliero et al.	Salvo et al.	Hess et al.	Elazab	Dmitrieva	Anisimova et al	Korovkina et al	Shamsuddin & Srinivasan	Emami Javanmard et al.	Cho & Choi	de Souza Dutra et al.	Tomal	Gomez-Herrera & Anjos	Rashed et al.	Ren & Li	Wilson et al.	Aurand	Abundance							
			2025	2025	2025	2025	2025	2025	2025	2025	2025	2025	2025	2025	2024	2024	2024	2024	2024	2023	2023	2023	2022	2022	2022	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2020	2020	2020	2020	2018	2017	2017	2010									
	بهبود عملکرد زیست محیطی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	مدیریت هوشمند انرژی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	افزایش تاباآوری شهری	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	پایش و مدیریت هوشمند عملکرد انرژی و زیرساخت مسکن	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	افزایش مشارکت ساکنان	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	بهبود کارایی و نفع‌آلف‌پذیری مسکن	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	تأثیر ویژگی‌های هوشمند بر ارزش اقتصادی مسکن	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	پایداری و قابلیت اطمینان عملکرد سامانه‌های هوشمند ساختمان (تداوم خدمت‌رسانی بدون خرابی و قطعی)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	ارتقا آمادگی در افراد	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	کارایی سامانه‌های امنیتی مبتنی بر هوش مصنوعی در پایش، تشخیص و پیشگیری از تهدیدات محیط سکونت	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	واکنش هوشمند و خودکار به رخدادهای امنیتی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	حفظ حریم خصوصی کاربران	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	اعتمادپذیری	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	سهولت استفاده از فناوری هوشمند	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	سازگاری فناوری‌های هوشمند با سبک زندگی کاربران	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	پشتیبانی فنی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	ارتقای شفافیت و پاسخگویی در ارائه خدمات شهری	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	بهبود کیفیت زندگی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
	بهبود دسترسی به خدمات شهری	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		

عوامل میانجی	سال	صاحب نظر																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		Ghbran & Alzamil 2025	Habib et al. 2025	Hussain et al. 2025	Xenakis et al. 2025	Mona et al 2025	Lin & Chen 2025	Mohan et al. 2025	Roslan et al. 2025	Ganugi et al. 2025	Prinon et al. 2025	Chheng& Mustapa 2025	Lagarde et al. 2025	Garg et al. 2024	Ahmed et al. 2024	Suzlecki et al. 2024	Parnar& Rai 2024	Listeborn 2024	Ferreira et al. 2023	Morevalli & Seyedian 2023	Nascimento, & Fettermann 2023	Mallinson & Shañ 2022	Aliero et al. 2022	Salvo et al. 2022	Hess et al. 2021	Elazab 2021	Dmitreva 2021	Anisimova et al. 2021	Korovkina et al. 2021	Shamsuddin & Srinivasan 2021	Ernami Javanmard et al. 2020	Cho & Chloi 2020	de Souza Dutra et al. 2020	Tomal 2020	Gomez-Herrera & Anjos 2018	Rasheed et al. 2018	Ren & Li 2017	Wilson et al. 2017	Aurand 2010	Abundance																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
سازگاری با ارزش های جمعی	1									*																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

با توجه به بررسی جامع تمام مطالعات پیشین توسط نگارندگان و پس از تایید اشباع نظری در این مرحله پس از قرار دادن شاخص‌های مسکن هوشمند در قالب زیرمقوله‌ها به دسته‌بندی آن‌ها بر اساس شباهت در قالب مقوله‌ها پرداخته شده است. در این بخش شاخص‌های مسکن هوشمند در قالب پایداری محیطی و کارایی انرژی - کارایی فنی و زیرساخت هوشمند ساختمان - امنیت، ایمنی و اعتماد دیجیتال - کاربرمحوری و کیفیت زندگی سکونتی - حکمرانی، خدمات و ارزش اقتصادی دسته‌بندی شده‌اند.

پس از شناسایی مقوله‌ها و زیرمقوله‌ها در این مرحله با در نظر گرفتن فراوانی هریک از زیرمقوله‌ها درصد تکرار مقوله مشخص شده، سپس به تحلیل یافته‌های تحلیل محتوا پرداخته شده است. نتایج این بخش از پژوهش در جدول (۲) ارائه شده است. به طور کلی، توزیع فراوانی مقوله‌ها نشان می‌دهد که ادبیات مسکن هوشمند در سال‌های اخیر از رویکردی فناوری‌محور به سمت رویکردی چندبعدی و میان‌رشته‌ای حرکت کرده است؛ به گونه‌ای که تحقق مسکن هوشمند مستلزم تعامل هم‌زمان ابعاد محیطی، فنی، اجتماعی، مدیریتی و اقتصادی است. بنابراین، یافته‌های تحلیل محتوا بیانگر آن است که هیچ‌یک از این ابعاد به تنهایی قادر به تبیین مفهوم مسکن هوشمند نیستند و دستیابی به مسکن هوشمند مستلزم ایجاد توازن میان تمامی این مقوله‌ها است.

جدول ۲. دسته‌بندی شاخص‌های مسکن هوشمند و بیان درصد تکرار هریک از عوامل.

مقوله	زیرمقوله	فراوانی	درصد تکرار
پایداری محیطی و کارایی انرژی	بهبود عملکرد زیست‌محیطی	۱۴	۹.۴۶
	مدیریت هوشمند انرژی	۱۱	۷.۴۳
	پایش و مدیریت هوشمند عملکرد انرژی و زیرساخت مسکن	۲	۱.۳۵
	افزایش تاب‌آوری شهری	۱۱	۷.۴۳
کارایی فنی و زیرساخت هوشمند ساختمان	بهبود کارایی و انعطاف‌پذیری مسکن	۱۸	۱۲.۱۶
	پایداری و قابلیت اطمینان عملکرد سامانه‌های هوشمند ساختمان	۳	۲.۰۳
	امکان پایش و کنترل از راه دور	۱	۰.۶۸
	یکپارچگی مسکن هوشمند با زیرساخت‌های ICT شهری	۱	۰.۶۸
	پشتیبانی فنی	۲	۱.۳۵
امنیت، ایمنی و اعتماد دیجیتال	کارایی سامانه‌های امنیتی مبتنی بر هوش مصنوعی	۱۳	۸.۷۸
	واکنش هوشمند و خودکار به رخداد‌های امنیتی	۱	۰.۶۸
	حفظ حریم خصوصی کاربران	۷	۴.۷۳
	اعتمادپذیری	۲	۱.۳۵
کاربرمحوری و کیفیت زندگی سکونت	افزایش مشارکت ساکنان	۱۴	۹.۴۶
	ارتقا آمادگی در افراد	۳	۲.۰۳
	سهولت استفاده از فناوری هوشمند	۳	۲.۰۳
	سازگاری فناوری‌های هوشمند با سبک زندگی کاربران	۳	۲.۰۳
	پذیرش فناوری‌های هوشمند توسط کاربران	۱	۰.۶۸
	افزایش راحتی و آسایش ساکنین	۵	۳.۳۸
	بهبود کیفیت زندگی	۶	۴.۰۵
	سازگاری با ارزش‌های جمعی	۱	۰.۶۸
حکمرانی، خدمات و ارزش اقتصادی	ارتقای شفافیت و پاسخگویی در ارائه خدمات شهری	۷	۴.۷۳
	بهبود دسترسی به خدمات شهری	۴	۲.۷۰
	همکاری میان نهادهای ذی‌ربط	۲	۱.۳۵
	کاهش هزینه‌های عملیاتی و خدماتی	۵	۳.۳۸
	تأثیر ویژگی‌های هوشمند بر ارزش اقتصادی مسکن	۸	۵.۴۱

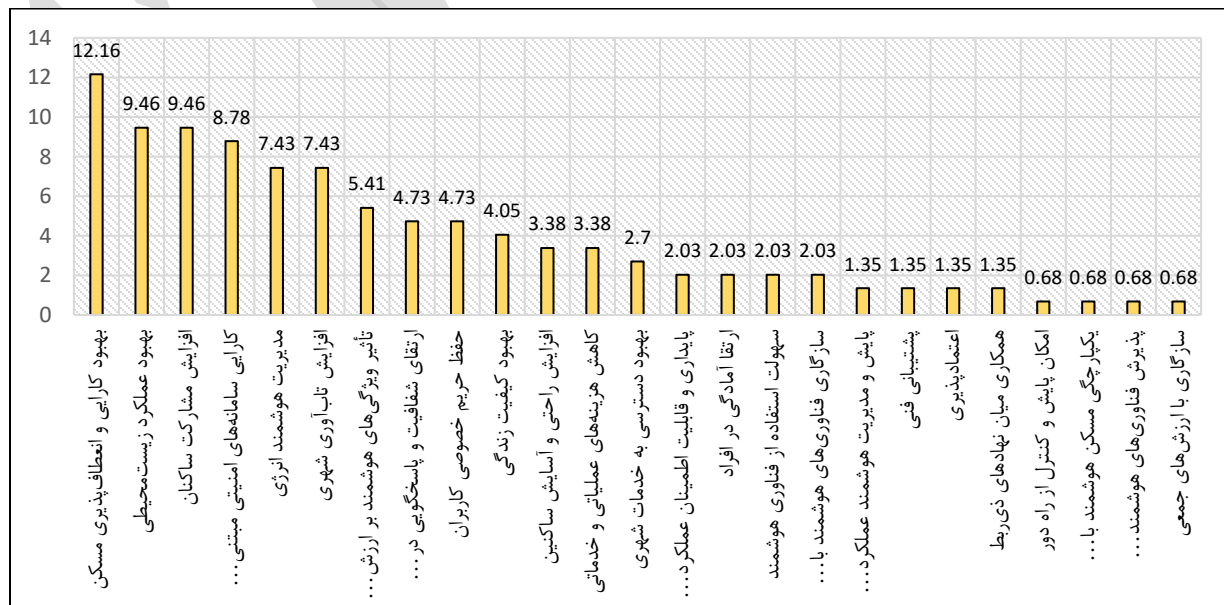
همانطور که در جدول (۲) نشان داده شده است، بر اساس کدگذاری شاخص‌ها و تجمیع مفاهیم هم‌پوشان، پنج مقوله اصلی شامل «پایداری محیطی و کارایی انرژی»، «کاربرمحوری و کیفیت زندگی سکونت»، «حکمرانی، خدمات و ارزش اقتصادی»، «کارایی فنی و زیرساخت هوشمند ساختمان» و «امنیت، ایمنی و اعتماد دیجیتال» شناسایی شد. توزیع درصد تکرار شاخص‌ها نشان می‌دهد که بیشترین تمرکز مطالعات بر بعد پایداری محیطی و کارایی انرژی با ۲۵.۶۸ درصد بوده است؛ امری که بیانگر غلبه گفتمان پایداری در تعریف و تبیین مسکن هوشمند است. در این چارچوب، بهبود عملکرد زیست‌محیطی، مدیریت هوشمند انرژی و افزایش تاب‌آوری شهری بیشترین فراوانی را داشته‌اند که نشان می‌دهد مسکن هوشمند عمدتاً به‌عنوان ابزاری برای بهینه‌سازی مصرف منابع، کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی و ارتقای ظرفیت سازگاری با تغییرات محیطی تلقی می‌شود.

در مرتبه بعد، مقوله کاربرمحوری و کیفیت زندگی سکونتی با ۲۴.۳۲ درصد قرار دارد که بیانگر چرخش معناشناختی از رویکرد فناوریانه صرف به رویکردی انسان‌محور است. تکرار بالای شاخص‌هایی نظیر افزایش مشارکت ساکنان، بهبود کیفیت زندگی و ارتقای آسایش سکونتی نشان می‌دهد که موفقیت مسکن هوشمند صرفاً در گرو استقرار فناوری نیست، بلکه به میزان پذیرش، آمادگی و تعامل کاربران با این فناوری‌ها وابسته است. تأکید بر سازگاری فناوری‌های هوشمند با سبک زندگی و ارزش‌های جمعی نیز حاکی از آن است که بعد اجتماعی و فرهنگی سکونت، به تدریج در حال تثبیت جایگاه خود در ادبیات این حوزه است.

مقوله حکمرانی، خدمات و ارزش اقتصادی با ۱۷.۵۷ درصد از کل تکرارها، نشان‌دهنده توجه پژوهشگران به پیامدهای نهادی و اقتصادی مسکن هوشمند است. شاخص‌هایی مانند تأثیر ویژگی‌های هوشمند بر ارزش اقتصادی مسکن، ارتقای شفافیت و پاسخگویی در ارائه خدمات شهری و کاهش هزینه‌های عملیاتی، بیانگر آن است که مسکن هوشمند نه تنها یک پدیده کالبدی یا فناوریانه، بلکه بخشی از سازوکارهای حکمرانی شهری و بازار مسکن نیز محسوب می‌شود. این یافته مؤید آن است که ادغام فناوری‌های هوشمند در واحدهای مسکونی می‌تواند به خلق ارزش افزوده اقتصادی و بهبود کارایی نظام خدمات شهری منجر شود.

کارایی فنی و زیرساخت هوشمند ساختمان با سهم ۱۶.۸۹ درصدی، بیشتر ناظر بر قابلیت اطمینان، انعطاف‌پذیری و یکپارچگی سامانه‌های هوشمند است. تمرکز بالاتر بر بهبود کارایی و انعطاف‌پذیری مسکن در مقایسه با شاخص‌هایی همچون یکپارچگی با زیرساخت‌های ICT شهری یا امکان پایش و کنترل از راه دور، می‌تواند بیانگر آن باشد که بخش قابل توجهی از مطالعات همچنان در مقیاس ساختمان باقی مانده و پیوند نظام‌مند با مقیاس کلان شهری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این موضوع نشان‌دهنده شکافی بالقوه در ادبیات پژوهشی است که می‌تواند زمینه توسعه مطالعات آینده را فراهم سازد.

در نهایت، مقوله امنیت، ایمنی و اعتماد دیجیتال با ۱۵.۵۴ درصد کمترین سهم نسبی را به خود اختصاص داده است، هرچند از منظر عملیاتی یکی از ارکان اساسی مسکن هوشمند به شمار می‌رود. تمرکز اصلی این بخش بر کارایی سامانه‌های امنیتی مبتنی بر هوش مصنوعی و حفظ حریم خصوصی کاربران بوده است. پایین‌تر بودن سهم این مقوله نسبت به سایر ابعاد، می‌تواند بیانگر آن باشد که مباحث حقوقی، اخلاقی و اعتماد دیجیتال هنوز به اندازه ابعاد فنی و محیط‌زیستی در کانون توجه پژوهشگران قرار نگرفته‌اند. در شکل (۴) پر تکرار ترین شاخص‌های مسکن هوشمند اشاره شده است.



شکل ۴. پر تکرار ترین شاخص‌های مسکن هوشمند

در مجموع، الگوی توزیع شاخص‌ها نشان می‌دهد که ادبیات مسکن هوشمند در حال گذار از رویکردی صرفاً فناورانه به چارچوبی جامع‌تر است که ابعاد محیط‌زیستی، انسانی، اقتصادی و نهادی را هم‌زمان در نظر می‌گیرد. با این حال، عدم توازن در فراوانی برخی مقوله‌ها بیانگر وجود خلأهای نظری و پژوهشی، به‌ویژه در حوزه اعتماد دیجیتال و یکپارچگی نهادی، است که می‌تواند به‌عنوان مسیرهای پیشنهادی برای تحقیقات آتی مطرح شود.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که مفهوم مسکن هوشمند در ادبیات علمی معاصر، ماهیتی چندبعدی و یکپارچه دارد و بیش از آن‌که صرفاً بر فناوری ساختمان متمرکز باشد، در پیوند با پایداری محیطی، ارتقای کیفیت زندگی، کارایی نهادی و خلق ارزش اقتصادی معنا می‌یابد. با این حال، توزیع شاخص‌ها حاکی از آن است که تمرکز مطالعات بیشتر بر ابعاد محیط‌زیستی و کاربرمحور بوده و برخی مؤلفه‌ها نظیر اعتماد دیجیتال و یکپارچگی نهادی همچنان ظرفیت توسعه نظری و پژوهشی بیشتری دارند.

• گام دوم: دسته‌بندی و سازماندهی شاخص‌ها و معیارهای استخراج‌شده در چارچوب مفهومی IPO (ورودی، فرآیند و خروجی)

در گام قبلی، شاخص‌های موثر بر تحقق مسکن هوشمند شناسایی و دسته‌بندی شدند؛ اما به‌منظور درک عمیق پویایی‌های حاکم بر مسکن هوشمند، این گام به شناسایی و دسته‌بندی میان اجزای مختلف شاخص‌ها پرداخته شده‌است. پژوهش حاضر با اتخاذ چارچوب مدل ورودی- فرآیند- خروجی (IPO: Input, Process, Output/Outcome)، به واکاوی این روابط پرداخته و مدلی مفهومی ارائه می‌دهد که چگونگی تبدیل شاخص‌های فنی و انسانی به ارزش‌های نهایی را تشریح می‌کند.

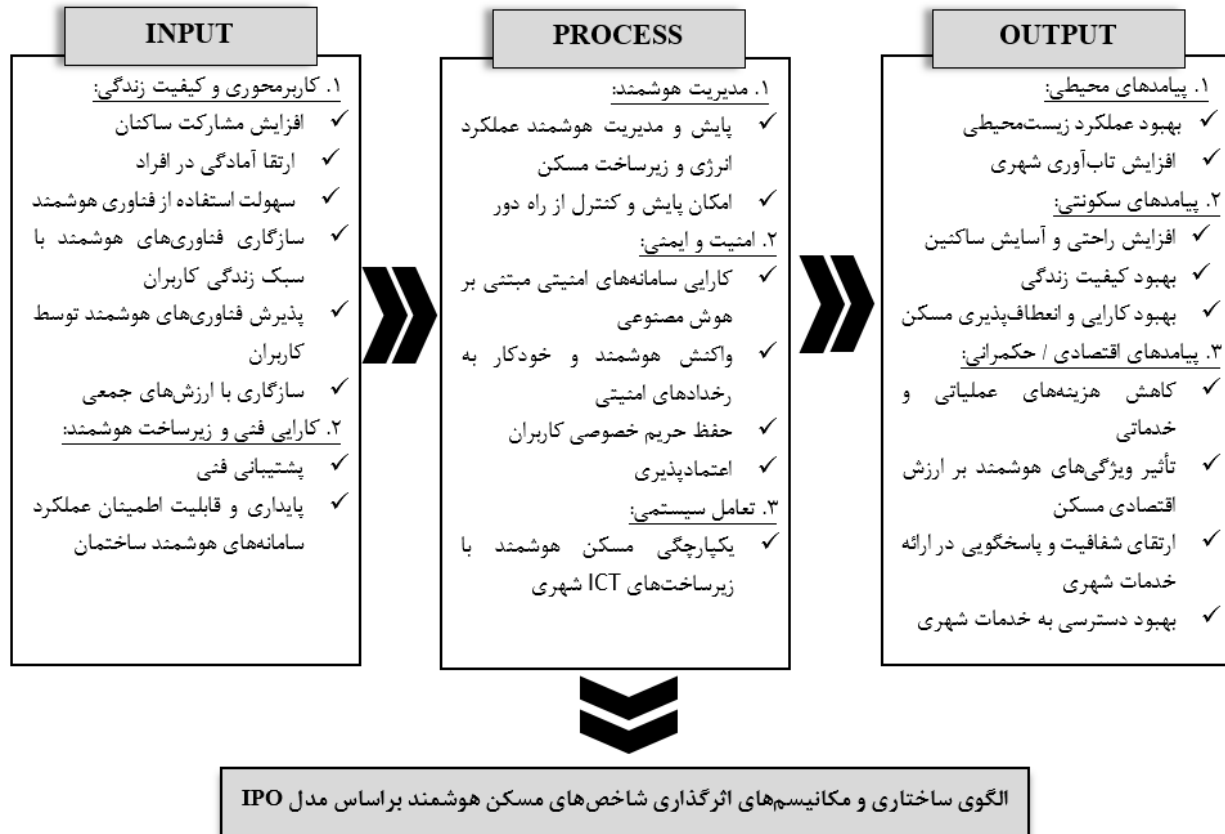
همانطور که در شکل (۵) نشان داده شده است، مدل IPO بکار گرفته شده در این پژوهش، بر ساختار سه لایه زیر استوار است که جریان ارزش را به صورت منطقی هدایت می‌کند:

■ لایه ورودی (Input Layer): این لایه، پایه‌های بنیادین سیستم را تشکیل می‌دهد و شامل دو دسته شاخص کلیدی است: «کاربرمحوری و کیفیت زندگی» و «زیرساخت‌های فنی اولیه». در این لایه، میزان پذیرش فناوری توسط ساکنان، سازگاری آن با سبک زندگی و ارزش‌های جمعی و همچنین اطمینان از پایداری و پشتیبانی فنی، تعیین‌کننده میزان و کیفیت داده‌هایی است که وارد سیستم پردازشی می‌شوند. این ورودی‌ها، در واقع، «نیت» و «بستر» عملکرد مسکن هوشمند را مشخص می‌کنند.

■ لایه فرآیند (Process Layer): این لایه، قلب سیستم و موتور تبدیل ورودی به خروجی است. شاخص‌های این لایه شامل «مدیریت هوشمند» (انرژی، پایش و کنترل)، «امنیت و ایمنی دیجیتال» (سامانه‌های امنیتی، حفظ حریم خصوصی) و «تعامل سیستمی» (یکپارچگی ICT شهری، همکاری نهادی) می‌باشند. در این سطح، داده‌های خام ورودی، از طریق الگوریتم‌ها و پروتکل‌های هوشمند، پردازش شده و به دستورالعمل‌های عملیاتی تبدیل می‌شوند. اهمیت «یکپارچگی با ICT شهری» در این لایه، به عنوان یک رابط حیاتی، تسهیل‌کننده تعامل مسکن با اکوسیستم شهری گسترده‌تر است.

■ لایه خروجی (Output/Outcome Layer): این لایه، دستاوردهای نهایی و ارزش افزوده ملموس سیستم را نمایان می‌سازد. خروجی‌ها در دو بعد اصلی تعریف شده‌اند: «پیامدهای زیست‌محیطی و تاب‌آوری» (مانند بهبود عملکرد انرژی و تاب‌آوری شهری) و «پیامدهای سکونتی، اقتصادی و حکمرانی» (مانند افزایش آسایش، کاهش هزینه‌ها، افزایش ارزش مسکن و شفافیت خدمات). این لایه، شاخص‌های کمی و کیفی حاصل از عملکرد هوشمند سیستم را منعکس می‌کند.

این تحلیل سیستمی، چارچوبی برای درک روابط علت و معلولی در مسکن هوشمند فراهم آورده و مبنایی برای ارزیابی جامع تأثیرگذاری فناوری‌های هوشمند بر ابعاد مختلف زندگی سکونتی، محیطی و اقتصادی قرار می‌گیرد.



شکل ۵. الگوی ساختاری و مکانیسم‌های اثرگذاری شاخص‌های مسکن هوشمند براساس مدل IPO

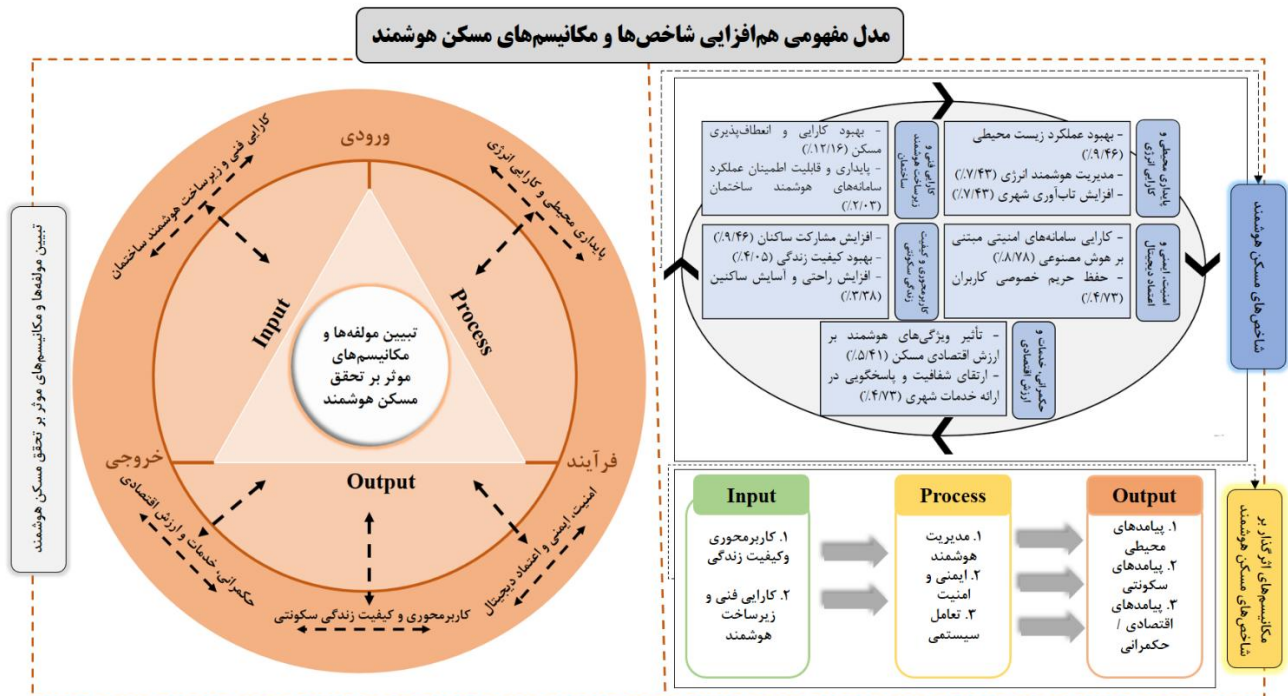
۵. بحث

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از مدل Input. Process. Output/Outcome (IPO) و با تکیه بر شاخص‌های مستخرج از مرور سیستماتیک ادبیات، به تدوین یک مدل مفهومی یکپارچه پرداخته است که به دسته‌بندی و سازماندهی شاخص‌ها و معیارهای استخراج‌شده می‌پردازد. هدف، شناسایی و مرور شاخص‌های مسکن هوشمند با روش سیستماتیک و بازخوانی از معیارها و دسته‌بندی آن‌ها و ارائه یک چارچوب مفهومی مبتنی بر مدل IPO (ورودی، فرآیند، خروجی) برای سازمان‌دهی این شاخص‌ها انجام شده است. در مدل حاضر، که بر پایه چارچوب IPO استوار است، سیستم مسکن هوشمند به عنوان یک «موتور تبدیل ارزش» بازتعریف می‌شود. در این نگاه، شاخص‌های ورودی (Input) «پارامترهای تنظیم‌کننده» (Tuning Parameters) هستند که رفتار کل سیستم را جهت‌دهی می‌کنند؛ فرآیندها (Process) به عنوان «عملگرهای واسط» (Mediating Operators) مسئول بهینه‌سازی داده‌ها و تبدیل آن‌ها به هوشمندی عملیاتی عمل می‌کنند؛ و خروجی‌ها (Output) در حکم «پیامدهای سیستمی» (Systemic Outcomes) ظاهر می‌شوند.

براین اساس شکل (۶)، نشان‌دهنده هم‌افزایی شاخص‌ها و مکانیسم‌های مسکن هوشمند است که در آن، هر ورودی، فرآیند و خروجی در یک رابطه ارگانیک با یکدیگر قرار دارند. بنابراین موفقیت استراتژیک در مسکن هوشمند، در گرو مدیریت هوشمندانه تعامل میان «پیچیدگی‌های فنی» و «نیازهای انسانی» است. این تحلیل تأیید می‌کند که بدون درک دقیق مکانیسم‌های واسطه‌ای (مانند امنیت و یکپارچگی)، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند تنها به ایجاد سیلوهای داده‌ای (Data Silos) منجر می‌شود، در حالی که با

بهره‌گیری از مدل IPO، می‌توان به یک اکوسیستم پایدار، منعطف و ارزش‌آفرین دست یافت که پاسخگوی چالش‌های پیش‌روی شهرهای هوشمند در آینده است.

نکته قابل توجه در این مدل، وجود چرخه بازخورد میان خروجی‌ها و ورودی‌ها است. این بازخورد نشان می‌دهد که نتایج حاصل از عملکرد مسکن هوشمند می‌تواند مبنای اصلاح، بهینه‌سازی و توسعه مجدد زیرساخت‌ها و فرآیندهای هوشمندسازی قرار گیرد. در نتیجه، مدل از یک ساختار خطی فراتر رفته و یک چرخه یادگیری و بهبود مستمر را برای توسعه مسکن هوشمند ترسیم می‌کند. در مجموع، مدل مفهومی پیشنهادی نشان می‌دهد که مسکن هوشمند یک سیستم پویا و یکپارچه است که در آن ورودی‌های فناوریانه و زیرساختی از طریق فرآیندهای مدیریتی و عملکردی به مجموعه‌ای از پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و رفاهی تبدیل می‌شوند. از این‌رو، چارچوب ارائه‌شده علاوه بر دسته‌بندی شاخص‌ها، روابط منطقی میان آن‌ها را نیز نشان می‌دهد.



شکل ۶. مدل مفهومی شاخص‌ها و مکانیسم‌های مسکن هوشمند

۶. نتیجه‌گیری

مسکن هوشمند نوعی زیست‌بوم مسکونی است که با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین دیجیتال و زیرساخت‌های هوشمند، هدف ارتقای کیفیت زندگی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش تاب‌آوری محیطی را دنبال می‌کند. این مفهوم فراتر از ساختمان فیزیکی است و تعامل میان ساکنان، فناوری، محیط و ساختارهای مدیریتی شهری را در یک چارچوب یکپارچه مدنظر قرار می‌دهد. اما تاکنون هیچ مطالعه‌ای در راستای مرور سیستماتیک مبانی نظری و تحلیل محتوا پژوهش‌های منتشر شده و شناسایی شاخص‌های موثر بر مسکن هوشمند انجام نشده و بیشتر مطالعات تنها تعدادی از این عوامل را بررسی کرده‌اند. به همین منظور این پژوهش با هدف شناسایی و مرور شاخص‌های مسکن هوشمند با روش سیستماتیک و بازخوانی از معیارها و دسته‌بندی آن‌ها و ارائه یک چارچوب مفهومی مبتنی بر مدل IPO (وروی، فرآیند، خروجی) برای سازمان‌دهی این شاخص‌ها انجام شده است. مرور نظام‌مند ادبیات در پایگاه Scopus نشان داد که شاخص‌های مسکن هوشمند را می‌توان در چارچوبی منسجم از ورودی، فرآیند و خروجی سازمان داد؛ به‌گونه‌ای

که ورودی‌های مبتنی بر کاربرمحوری، چون پذیرش فناوری، سهولت استفاده، سازگاری با سبک زندگی و ارتقای کیفیت زندگی، زمینه‌ساز شکل‌گیری فرآیندهای هوشمند، از جمله کارایی فنی، یکپارچگی زیرساختی، امنیت دیجیتال و پایش هوشمند می‌شوند. این فرآیندها نیز در نهایت به خروجی‌هایی معنادار در سطوح خرد و کلان، مانند بهبود کیفیت زندگی، افزایش شفافیت خدمات، ارتقای ارزش اقتصادی، پایداری محیطی و کارایی انرژی منتهی می‌گردند.

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که مفهوم مسکن هوشمند صرفاً به به‌کارگیری فناوری‌های نوین در ساختمان محدود نمی‌شود، بلکه در تعامل همزمان میان ابعاد پایداری محیطی، کارایی فنی، امنیت دیجیتال، کاربرمحوری و حکمرانی شهری معنا پیدا می‌کند. توزیع فراوانی شاخص‌ها بیانگر آن است که «پایداری محیطی و کارایی انرژی» و «کاربرمحوری و کیفیت زندگی سکونت» بیشترین سهم را در مطالعات داشته‌اند که نشان‌دهنده تغییر گفتمان مسکن هوشمند از فناوری‌محوری صرف به سمت انسان‌محوری و تاب‌آوری محیطی است.

همچنین مقایسه یافته‌های این پژوهش با پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که اگرچه پژوهش‌های مختلفی در زمینه مسکن هوشمند انجام شده است، اما هر یک از زاویه‌ای خاص به این مفهوم پرداخته‌اند. برای مثال، ماریکیان و همکاران (۲۰۱۹) با تمرکز بر دیدگاه کاربران، ابعاد مرتبط با پذیرش، مزایا و موانع خانه هوشمند را بررسی کردند؛ در حالی که پژوهش حاضر فراتر از نگاه کاربرمحور، به استخراج و سازمان‌دهی مجموعه‌ای جامع از شاخص‌های مؤثر بر مسکن هوشمند پرداخته است. همچنین سان و همکاران (۲۰۲۳) بیشتر بر ابعاد فناورانه، معماری سامانه‌ها، اینترنت اشیا و زیرساخت‌های ارتباطی تمرکز داشته‌اند، در حالی که چارچوب ارائه‌شده در پژوهش حاضر، فناوری را در تعامل با ابعاد محیطی، عملکردی، انسانی و مدیریتی مورد بررسی قرار می‌دهد.

از سوی دیگر، مطالعات خان و همکاران (۲۰۲۴) و سامانجی اوغلو و همکاران (۲۰۲۴) با بررسی روندهای نوظهور، کاربردها و ترجیحات کاربران، اهمیت عوامل فناورانه و پذیرش اجتماعی را مورد تأکید قرار داده‌اند؛ با این حال، همچنان فقدان یک چارچوب یکپارچه برای دسته‌بندی و ارتباط میان شاخص‌های مسکن هوشمند مشاهده می‌شود. در مطالعات داخلی نیز، میرپادیاب و اعتصام (۲۰۱۶) بر پیوند میان مسکن هوشمند و پایداری تأکید داشته‌اند، در حالی که مرادی و رضایی‌سوق (۲۰۲۵) و مرادی، تیموری و مفرد (۲۰۲۵) بیشتر بر الزامات اجرایی، فناوری اینترنت اشیا، زیرساخت‌ها و نقش فناوری‌های نوین در ارتقای کیفیت زندگی تمرکز کرده‌اند. پژوهش حاضر نیز ضمن تأیید اهمیت شاخص‌های شناسایی‌شده در مطالعات قبلی، رویکردی جامع و یکپارچه در تحلیل مسکن هوشمند ارائه می‌دهد. پژوهش حاضر با ارائه یک مرور سیستماتیک و جامع از شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مسکن هوشمند، فراتر از این رویکرد رفته و به بررسی تعاملات پیچیده میان پایداری محیطی، کارایی فنی، امنیت دیجیتال، کاربرمحوری و حکمرانی در یک چارچوب یکپارچه می‌پردازد.

همچنین نوآوری کلیدی در این پژوهش، ادغام مدل ورودی-فرآیند-خروجی (IPO) به عنوان یک چارچوب ساختاری-سیستمی است. برخلاف مطالعاتی که صرفاً به تفکیک مولفه‌ها یا تحلیل روابط به صورت مجزا می‌پردازند، این پژوهش با بهره‌گیری از ماتریس تحلیل اثرگذاری، به شناسایی و سنجش کمی/کیفی مکانیسم‌های تبدیل ارزش در اکوسیستم مسکن هوشمند می‌پردازد. این رویکرد، درک عمیق‌تری از پویایی‌های سیستمی و مولدهای اصلی ارزش فراهم می‌آورد.

در عین حال، حضور معنادار مقوله «امنیت، ایمنی و اعتماد دیجیتال» نشان می‌دهد که با گسترش هوش مصنوعی و یکپارچگی زیرساخت‌های ICT، دغدغه‌های مربوط به حریم خصوصی، اعتمادپذیری و امنیت سایبری به یکی از ارکان اصلی مسکن هوشمند تبدیل شده است. همچنین مقوله «حکمرانی، خدمات و ارزش اقتصادی» بیانگر آن است که مسکن هوشمند بدون چارچوب‌های نهادی، شفافیت خدمات شهری و مدل‌های اقتصادی پایدار، قابلیت تحقق عملی نخواهد داشت. در همین راستا، مدل IPO پیشنهادی پژوهش توانست دسته‌بندی میان شاخص‌ها را روشن سازد و نشان دهد که برخی مؤلفه‌ها نقش ورودی‌های تنظیم‌کننده، برخی دیگر

نقش میانجی‌های پردازشی و گروهی دیگر نقش پیامدهای نهایی و راهبردی را ایفا می‌کنند. این تفکیک، امکان فهم دقیق‌تر سازوکارهای اثرگذاری و نیز اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی را فراهم می‌سازد.

از منظر نظری، این پژوهش با تکیه بر شاخص‌های مستخرج از ادبیات معتبر و سازمان‌دهی آن‌ها در قالب یک مدل منسجم، گامی در جهت توسعه چارچوبی برای تحلیل مسکن هوشمند برداشت. بر این اساس، می‌توان گفت که تحقق مسکن هوشمند مستلزم رویکردی سیستم‌نگر و یکپارچه است که در آن فناوری، انسان، محیط و ساختارهای حکمرانی به‌صورت همزمان و هماهنگ دیده شوند. هرگونه تمرکز تک‌بعدی بر فناوری یا صرفاً بر کارایی انرژی، بدون توجه به پذیرش اجتماعی، امنیت دیجیتال و سازوکارهای مدیریتی، منجر به شکل‌گیری نسخه‌ای ناقص از مسکن هوشمند خواهد شد. به عبارت دیگر، مسکن هوشمند زمانی به یک راهکار مؤثر و پایدار برای آینده شهرها تبدیل می‌شود که در آن، فناوری نه به‌عنوان هدف، بلکه به‌عنوان ابزار ارتقای کیفیت زندگی، افزایش کارایی و تقویت حکمرانی شهری به کار گرفته شود.

از این منظر، ضروری است در پژوهش‌های آتی، مطالعات تطبیقی میان کشورها و شهرهای مختلف انجام شود تا بتوان نشان داد که کدام شاخص‌ها ماهیت جهان‌شمول دارند و کدام یک وابسته به زمینه فرهنگی، نهادی و اقتصادی هر جامعه‌اند؛ موضوعی که برای بومی‌سازی مدل IPO پیشنهادی اهمیت اساسی دارد. در کنار این رویکردها، لازم است ابعاد نامشهودی مانند اعتماد دیجیتال، پذیرش فناوری، سهولت استفاده و تجربه زیسته ساکنان با ابزارهای کیفی و ترکیبی دقیق‌تر سنجیده شوند، زیرا همین مؤلفه‌های انسانی هستند که موفقیت یا شکست فرآیندهای هوشمندسازی را تعیین می‌کنند. از سوی دیگر، با توجه به اهمیت یکپارچگی سیستم‌ها، بررسی نقش پلتفرم‌های باز، تعامل میان ذی‌نفعان و میزان سازگاری زیرساخت‌های ICT با نیازهای مسکن هوشمند می‌تواند به روشن شدن مکانیسم‌های عمل در سطح فرآیند کمک کند. در نهایت، توجه به مسائل اخلاقی، حریم خصوصی، تاب‌آوری در برابر تهدیدات سایبری و نیز امکان استفاده از هوش مصنوعی مولد برای طراحی و بهینه‌سازی خدمات هوشمند، افق‌های تازه‌ای را برای پژوهش‌های آینده می‌گشاید و مسیر توسعه مسکن هوشمند را از یک راه‌حل صرفاً فناورانه به یک راهبرد جامع برای ارتقای کیفیت زندگی و حکمرانی شهری تبدیل می‌کند.

سهم نویسندگان

نویسندگان در انجام تمام بخش‌های این پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند هیچ تضاد منافی در این پژوهش وجود ندارد.

تقدیر و تشکر

مقاله حامی مادی و معنوی ندارد.

منابع

- Ahmed, A. A., Vinish, P., & Patrick, H. A. (2024). Technology-Integrated Smart Living and Era of Smart Homes: Role of Intelligent Network Communication and Management. In Utilizing Technology for Sustainable Resource Management Solutions (pp. 74-92). IGI Global. [10.4018/979-8-3693-2346-5.ch006](https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2346-5.ch006).
- Alavi, A. H., Jiao, P., Buttlar, W. G., & Lajnef, N. (2018). Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. Measurement, 129, 589-606. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.067>.

- Aliero, M. S., Asif, M., Ghani, I., Pasha, M. F., & Jeong, S. R. (2022). Systematic review analysis on smart building: Challenges and opportunities. *Sustainability*, 14(5), 3009. <https://doi.org/10.3390/su14053009>.
- Allam, Z., & Jones, D. S. (2020). Pandemic stricken cities on lockdown. Where are our planning and design professionals [now, then and into the future]?. *Land use policy*, 97, 104805. [10.1016/j.landusepol.2020.104805](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104805).
- Anisimova, N., Narolina, T., Smotrova, T., & Popov, V. (2021). Digitalization of the processes in the housing and utility sector in the context of the “Smart City” concept. In *E3S web of conferences* (Vol. 244, p. 06001). EDP sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124406001>.
- Aurand, A. (2010). Density, housing types and mixed land use: Smart tools for affordable housing?. *Urban studies*, 47(5), 1015-1036. <https://doi.org/10.1177/0042098009353076>.
- Chiang, K. F., & Mustapa, F. D. (2025). Smart living housing valuation: conceptualising hedonic cost approach through elemental cost model. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1505, No. 1, p. 012019). IOP Publishing. <https://doi.org/10.21837/pm.v23i38.1883>.
- Cho, Y., & Choi, A. (2020). Application of affordance factors for user-centered smart homes: a case study approach. *Sustainability*, 12(7), 3053. <https://doi.org/10.3390/su12073053>.
- de Souza Dutra, M. D., da Conceição Júnior, G., de Paula Ferreira, W., & Chaves, M. R. C. (2020). A customized transition towards smart homes: A fast framework for economic analyses. *Applied Energy*, 262, 114549. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114549>.
- Dmitrieva, E. (2021). Digitalization of the housing and communal services: development prospects. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 263, p. 04037). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126304037>.
- Ferreira, L., Oliveira, T., & Neves, C. (2023). Consumer's intention to use and recommend smart home technologies: The role of environmental awareness. *Energy*, 263, 125814. [10.1016/j.energy.2022.125814](https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125814).
- Ganugi, G., Brey, E., Paidakaki, A., Ezquiaga-Bravo, A., Chinaglia, S., & Geldimi, M. (2025). The right to housing in the digital era: emerging trends in Southern Europe. *Housing Studies*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/02673037.2025.2461130>.
- Garg, K. D., Kaur, P., & Sharma, P. (2024). AI-enabled smart homes and buildings in smart cities. In *Smart cities* (pp. 188-212). CRC Press.
- Gbran, H., & Alzamil, W. (2025). Achieving sustainable housing in smart cities: the role of model-based engineering in developing complex systems in line with vision 2030. *Smart Construction and Sustainable Cities*, 3(1), 1-36. <https://doi.org/10.1007/s44268-025-00062-w>.
- Gomez-Herrera, J. A., & Anjos, M. F. (2018). Optimal collaborative demand-response planner for smart residential buildings. *Energy*, 161, 370-380. [10.1016/j.energy.2018.07.132](https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.132).
- Habib, S., El-Ferik, S., Gulzar, M. M., Chauhdary, S. T., Ahmed, E. M., & Alnuman, H. (2025). A tri-level hierarchical optimization framework for smart homes, microgrids, and distribution networks with hydrogen integration using a distributed ADMM approach. *Applied Energy*, 400, 126577. [10.1016/j.apenergy.2025.126577](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126577).
- Habibi, Fateh; Manouchehri, Salaheddin. (2023). Analysis of the behavior of housing sector actors in the formation of the equilibrium model of housing prices in Iran. *Economics and Modeling*, 14 (1), 187-219. [10.48308/jem.2023.232713.1856](https://doi.org/10.48308/jem.2023.232713.1856). [In Persian].
- Hemlata, & Rai, M. (2025). An Optimized Demand for Cost and Environment Benefits Towards Smart Residentials Using IOT and Machine Learning. *Sustainable Smart Homes and Buildings with Internet of Things*, 291-307. <https://doi.org/10.1002/9781394231522.ch17>.

- Hess, C., Acolin, A., Walter, R., Kennedy, I., Chasins, S., & Crowder, K. (2021). Searching for housing in the digital age: Neighborhood representation on internet rental housing platforms across space, platform, and metropolitan segregation. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 53(8), 2012-2032. <https://doi.org/10.1177/0308518X211034177>.
- Hussain, S., Azim, M. I., Lai, C., & Eicker, U. (2025). Smart home integration and distribution network optimization through transactive energy framework—a review. *Applied Energy*, 395, 126193. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.126193>.
- Javanmard, M. E., Ghaderi, S. F., & Sangari, M. S. (2020). Economic and Environmental Analysis of nZEB model with smartification building using MILP. In 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) (pp. 1-6). IEEE. [10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160528](https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope49358.2020.9160528).
- Khan, S., Ali, H., & Shah, Z. (2024). Systematic analysis of smart homes: Current trends and future recommendations. *Cogent Engineering*, 11(1), 2344452. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2344452>.
- Korovkina, A., Kolosov, A., Pereslavytseva, I., & Sklyarov, K. (2021). Prospects for the development and use of innovative technologies in the housing and communal services sector. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 244, p. 06003). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124406003>.
- Lagarde, C., Robillart, M., Bigaud, D., & Pannier, M. L. (2024). Assessing and comparing the environmental impact of smart residential buildings: A life cycle approach with uncertainty analysis. *Journal of Cleaner Production*, 467, 143004. [10.1016/j.jclepro.2024.143004](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143004).
- Li, L. Y., & Ren, X. B. (2017). Comprehensive evaluation system of intelligent urban growth. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 69, No. 1, p. 012108). IOP Publishing. [10.1088/1755-1315/69/1/012108](https://doi.org/10.1088/1755-1315/69/1/012108).
- Lin, J. Y., & Chen, C. C. (2025). Factors Influencing Consumer Buying Behavior for Smart Home Technologies. *Sustainability*, 17(7), 2992. <https://doi.org/10.3390/su17072992>.
- Listerborn, C. (2025). Between smart housing and home. EU-funded climate smart interventions in Swedish public housing. *Housing studies*, 40(12), 2662-2681. <https://doi.org/10.1080/02673037.2024.2416969>.
- Mallinson, D. J., & Shafi, S. (2022). Smart home technology: Challenges and opportunities for collaborative governance and policy research. *Review of Policy Research*, 39(3), 330-352. [10.1111/ropr.12470](https://doi.org/10.1111/ropr.12470).
- Marikyan, D., Papagiannidis, S., & Alamanos, E. (2019). A systematic review of the smart home literature: A user perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 139-154. [10.1016/j.techfore.2018.08.015](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.015).
- Marikyan, D., Papagiannidis, S., & Alamanos, E. (2019). A systematic review of the smart home literature: A user perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 139-154. [10.1016/j.techfore.2018.08.015](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.015).
- Mirpadyab, Seyed Kasra; Etesam, Iraj. Understanding Smart Housing Scenarios and Their Relationship with Sustainability. 2016. <https://sid.ir/paper/856885/fa>. [In Persian].
- Moghani Rahimi, Khatereh, Hosseini Azarkhavarani, Fatemeh Sadat, Saremi, Hamid Reza and Safavi, Seyed Ali. (2025). Identifying digital threats and treatments in the field of urban mental health. *Urban Economics and Planning*, 6(2), 264-283. [10.22034/uep.2025.508881.1602](https://doi.org/10.22034/uep.2025.508881.1602). [In Persian].
- Mohan, S., Munoth, N., & Sharma, N. (Eds.). (2025). *Smart Buildings and Cities with Remote Sensing and GIS*. CRC Press. [10.1201/9781003453321](https://doi.org/10.1201/9781003453321).
- Moradi, Salman, Teimouri, Somayeh, and Mofrad, Fatemeh (2025). Evaluation of Internet of Things (IoT) Technology in Realizing Smart Housing in District 6 of Tehran. 11th International Conference on Environmental Engineering, Geography, and Natural Resources, Tehran. <https://civilica.com/doc/2412788>. [In Persian].

- Moradi, Salman., & Rezaei Souq, Somayeh. (2025). Fanavari-haye Novin va Behbud-e Keyfiyat-e Zendegi dar Shahrhaye Hoshmand: Chalesh-ha va Forsat-haye Maskan-e Hoshmand [New technologies and improving quality of life in smart cities: Challenges and opportunities of smart housing]. *Hoviat Shahr*, 19(61). [10.71793/hoviatshahr.2025.1205764](https://doi.org/10.71793/hoviatshahr.2025.1205764). [In Persian].
- Motevalli, S., & Seyedian, S. A. (2023). Evaluation of environmental factors in smart homes implementation (Case study: Cities of Mazandaran Province in Iran). *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10, 563-568. [10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-563-2023](https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-563-2023).
- Nascimento, D. R., & Fettermann, D. C. (2023). The Acceptance of Smart Home Technologies: A Literature Review of Benefits and Barriers Perceived by Users. *Contemporary Management Research*, 19(2), 107-129. <https://doi.org/10.7903/cmr.22539>.
- Novak, A., Šumrada, T., & Juvančič, L. (2024). Are farmers' minds really too elusive to capture? A novel evaluation framework for the knowledge transfer initiatives in agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 22 (1), 2379877. <https://doi.org/10.1080/14735903.2024.2379877>.
- Owens, O. L., Beer, J. M., Leonard, M. S., Sudduth, B., Burton, L., & Wu, X. (2025). (Re) Defining Smart Home Through an HCI Perspective: A Systematic Review of over Two Decades of Smart Home Conceptualization and Research. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 41(17), 10743-10766. [10.1080/10447318.2024.2437112](https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2437112).
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- Pirinen, A., Ehrenberg, N., & Mäkinen, R. (2026). Sharing space, time, and technology: the lived experience of smart home technologies in cohousing. *Housing Studies*, 41(2), 352-374. <https://doi.org/10.1080/02673037.2025.2454544>.
- Rasheed, R., Ahmed, A., & Bukhari, F. (2018). A survey base study about the effectiveness of smart home applications in Pakistan. In 2018 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET) (pp. 1-5). IEEE. [10.1109/ICEET1.2018.8338640](https://doi.org/10.1109/ICEET1.2018.8338640).
- Ronihal, S. S. (2025). Smarter Secure Surveillance: Leveraging AI, IoT, and Cryptographic Techniques for Enhanced Public Safety. *International Journal of Safety & Security Engineering*, 15(6). [10.18280/ijssse.150620](https://doi.org/10.18280/ijssse.150620).
- Roslan, S. N. M., Gohain, K., Mustafa, A. M. A. A., Ismail, M. M., & Kumaran, V. V. (2025). Designing Affordable Urban Ecosystems: A Quantitative Model to Enhance the Quality of Life for the Urban Poor in Malaysia Through Employment, Housing, and Digital Access. *Challenges in Sustainability*, 13(1), 18-34. [10.56578/cis130102](https://doi.org/10.56578/cis130102).
- Salvo, F., De Ruggiero, M., & Tavano, D. (2022). Smart redevelopment of existing buildings. Use of BIM in economic value judgments. In *Urban Regeneration Through Valuation Systems for Innovation* (pp. 291-301). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12814-1_18.
- Samancioglu, N., Väänänen, K., & Castaño-Rosa, R. (2024). Aligning smart home technology attributes with users' preferences: a literature review. *Intelligent Buildings International*, 16(3), 129-143. [10.1080/17508975.2024.2418648](https://doi.org/10.1080/17508975.2024.2418648).
- Shamsuddin, S., & Srinivasan, S. (2021). Just smart or just and smart cities? Assessing the literature on housing and information and communication technology. *Housing Policy Debate*, 31(1), 127-150. <https://doi.org/10.1080/10511482.2020.1719181>.
- Strzelecki, A., Kolny, B., & Kucia, M. (2024). Smart Homes as Catalysts for Sustainable Consumption: A Digital Economy Perspective. *Sustainability*, 16 (11), 4676. <https://doi.org/10.3390/su16114676>.

- Sun, Y., & Li, S. (2021). A systematic review of the research framework and evolution of smart homes based on the internet of things. *Telecommunication Systems*, 77(3), 597-623. [10.1007/s11235-021-00787-w](https://doi.org/10.1007/s11235-021-00787-w).
- Tomal, M. (2020). Moving towards a smarter housing market: The example of Poland. *Sustainability*, 12(2), 683. <https://doi.org/10.3390/su12020683>.
- Wilson, C., Hargreaves, T., & Hauxwell-Baldwin, R. (2017). Benefits and risks of smart home technologies. *Energy policy*, 103, 72-83. [10.1016/j.enpol.2016.12.047](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.047).
- Xenakis, A., Arsenopoulos, A., Papias, I., Serepas, F., Rizou, S., & Psarras, J. (2025). Advancing smart building upgrades through an innovative decision support framework for smart readiness indicator implementation: A Greek case study. *Building and Environment*, 113189. [10.1016/j.buildenv.2025.113189](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113189).