نشریهٔ علمی باغ نظر، ۲۲(۱۵۳)، ۳۱-۵۲/ اسفند ۱۴۰۴
DOI:10.22034/bagh.2026.555351.5920

ترجمهٔ انگلیسی این مقاله نیز با عنوان:
Beyond Smart: Exploring the Shift from “Smartness” to True” Intelligence” in Contemporary Housing
در همین شمارهٔ مجله به‌چاپ رسیده است.

مقالهٔ پژوهشی

فراتر از هوشمندی، کاوشی در گذار از «هوشمندی فناورانه» به «هوشمندی واقعی» در مسکن معاصر*

مصطفی بهزادفر[۱]، عاطفه صداقتی[۱]**

۱. گروه شهرسازی، دانشکدهٔ معماری و شهرسازی، دانشگاه علم وصنعت ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۰۱

چکیده

بیان مسئله: در سال‌های اخیر، مفهوم خانه‌های هوشمند با پیشرفت فناوری‌های دیجیتال دگرگون شده است. بااین‌حال، بسیاری از خانه‌های هوشمند بیش از آن‌که بر ابعاد پیچیده‌تر هوشمندی مانند یادگیری، سازگاری و تعامل معنادار تمرکز داشته باشند، اولویت را به خودکارسازی و کارایی می‌دهند.

هدف پژوهش: هدف اصلی این پژوهش، بررسی تفاوت میان «هوشمندی» و «هوش واقعی» در حوزهٔ مسکن معاصر است. این مطالعه با تحلیل سه پروژهٔ مسکونی، تعادل میان نوآوری فناورانه و طراحی انسان‌محور را بررسی و مسیر دستیابی به «هوش واقعی» در مسکن را واکاوی می‌کند.

روش پژوهش: این مقاله با رویکردی تطبیقی، میان دو مفهوم «هوشمندی فناورانه» و «هوشمندی واقعی» در مسکن تمایز قائل می‌شود و سه پروژهٔ جهانی، Babcock Ranch (ایالات متحده)، Bosco Verticale (ایتالیا) و مسکن Masdar (امارات)، را تحلیل می‌کند. چارچوب تحلیلی پژوهش بر پایهٔ نظریهٔ «هوش‌های چندگانه» هاوارد گاردنر بنا می‌شود و در عین حال، ابعاد مختلف هوش انسانی، جمعی و مصنوعی (AI) را نیز ارزیابی می‌کند.

نتیجه‌گیری: نتایج تحلیل راداری نشان می‌دهد که Babcock Ranch در تمامی ابعاد، به‌ویژه در زمینه‌های هوشمندی انسانی و جمعی، عملکردی پایدار و برتر دارد که این امر ناشی از بهره‌گیری از پلتفرم‌های مدنی و نظام‌های سازگار آن است. Bosco Verticale در طراحی زیست‌گرایانه و فضایی ممتاز است، اما ازنظر پاسخ‌گویی دیجیتال ضعف دارد. مسکن Masdar نیز اگرچه در سازگاری مبتنی‌بر هوش مصنوعی و محیطی عملکرد مطلوبی نشان می‌دهد، در دریافت بازخورد کاربران و تعامل بیانی دچار کاستی است. این پژوهش چارچوب ارزیابانهٔ نوینی بر پایه‌ی نظریه‌ی «هوش‌های چندگانه» گاردنر ارائه می‌کند تا نشان دهد چگونه محیط‌های مسکونی می‌توانند از هوش‌های شناختی، اجتماعی، فضایی و وجودی ساکنان پشتیبانی کنند. در نهایت، مقاله بر ضرورت گذار از صرف «هوشمندبودن» به‌سوی طراحی‌هایی انسان‌محور، یکپارچه و واقعاً هوشمند در محیط‌های سکونتی آینده تأکید می‌کند.

واژگان کلیدی: *هوشمندی فناورانه، هوشمندی، هوش انسانی، خانهٔ هوشمند، فناوری.*

مقدمه و بیان مسئله

در عصر پیشرفت‌های سریع فناوری، مفهوم خانه‌های هوشمند توجه قابل‌توجهی را به خود جلب کرده است؛ عمدتاً به این دلیل که نویدبخش افزایش سهولت زندگی، بهره‌وری انرژی و کیفیت کلی زیست هستند (Aldrich, 2003; Marikyan et al., 2019; Ahmed et al., 2023). بااین‌حال، اگرچه خانه‌های هوشمند به‌طور فزاینده‌ای رواج یافته‌اند، نگرانی فزاینده‌ای وجود دارد، مبنی‌بر اینکه این خانه‌ها، با وجود تجهیز به پیشرفته‌ترین سامانه‌های اتوماسیون و فناوری، که خود نیز راه‌حل‌هایی کامل تلقی نمی‌شوند (Reinisch et al., 2010; Zaidan & Zaidan, 2020, 157)، اغلب در دستیابی به هوشمندی واقعی ناکام می‌مانند. هوشمندی واقعی در مسکن فراتر از صرف اتوماسیون است؛ این مفهوم مستلزم محیط‌هایی سازگارپذیر، یادگیرنده و پاسخ‌گوست که نه‌تنها به نیازهای انسانی واکنش نشان می‌دهند و ازطریق بازخورد کاربران در دنیای واقعی بهبود می‌یابند، بلکه قادرند این

* این مقاله برگرفته از دورهٔ پسادکتری شهرسازی «عاطفه صداقتی» با عنوان «مسکن هوشمند و نقش ترجیحات فرهنگی در تغییر الگوی تعامل اجتماعی محله» است که به راهنمایی دکتر «مصطفی بهزادفر» در دانشکدهٔ معماری شهرسازی، دانشگاه علم‌وصنعت ایران در سال ۱۴۰۴ به انجام رسیده است.

** نویسندهٔ مسئول: ۰۹۳۹۴۶۳۰۰۲۷، atefeh_sedaghati@mail.iust.ac.ir

نیازها را به شکلی معنادار پیش‌بینی کنند (Bregman, 2010, 45). در سال‌های اخیر، اصطلاح «هوشمندی» تقریباً مترادف با هر فناوری‌ای شده است که سطحی از هوش مصنوعی (AI) را در بر دارد (Chakraborty, 2024). بااین‌حال، درک عمیق‌تر از مفهوم هوشمندی تصویری ظریف‌تر ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که چگونه انواع گوناگون هوشمندی -انسانی، مصنوعی و جمعی (Komninos, 2006; Peeters et al., 2021)- در شکل‌دهی به محیط‌های سکونتی هوشمندتر و پاسخ‌گوتر نقش ایفا می‌کنند.

تمایز میان هوشمندی فناورانه و هوشمندی واقعی در مسکن موضوعی اساسی است (Taylor et al., 2007, 392)، به‌ویژه در شرایطی که جهان به‌سوی فضاهای زیستی هرچه یکپارچه‌تر، پایدارتر و انسان‌محورتر حرکت می‌کند (Ghaffarianhoseini et al., 2013). باوجودآنکه پروژه‌های متعددی در سراسر جهان درحال گسترش مرزهای توانمندی‌های مسکن هستند، این پرسش همچنان باقی است: آیا این خانه‌ها واقعاً می‌توانند پیچیدگی‌های زندگی انسانی را درک کنند و با آن سازگار شوند یا صرفاً به دستورات از پیش برنامه‌ریزی‌شده واکنش نشان می‌دهند؟ این مقاله در پی آن است که با بررسی تحول مسکن از «صرفاً هوشمندی فناورانه» به «هوشمند واقعی»، به این خلأ پاسخ دهد. تمرکز پژوهش بر سه ابتکار شناخته‌شدهٔ جهانی در حوزهٔ مسکن است: بابکاک رنچ (ایالات متحده)، بوسکو ورتیکال (ایتالیا) و مسکن مصدر (امارات)؛ پروژه‌هایی که هر یک نمایانگر رویکردی متمایز در ادغام فناوری، پایداری و طراحی انسان‌محور در محیط‌های سکونتی معاصر هستند. این نمونه‌ها به‌دلیل جاه‌طلبی مفهومی، نوآوری فناورانه و ارتباط مستقیم با گفتمان درحالت حول خانه‌های هوشمند واقعی انتخاب شده‌اند. با تحلیل چگونگی تلفیق فناوری‌های پیشرفته و هوشمندی انسان‌محور در این موارد، این مطالعه می‌کوشد مسیرهای آیندهٔ طراحی مسکن را روشن سازد. اهداف اصلی این پژوهش عبارت‌اند از واکاوی تفاوت‌های میان هوشمندی فناورانه و هوشمندی واقعی در بستر مسکن معاصر؛ انجام یک تحلیل تطبیقی از سه پروژهٔ شاخص مسکن و بررسی چگونگی ایجاد تعادل میان نوآوری فناورانه و طراحی انسان‌محور و شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌روی طراحی خانه‌هایی که نه‌تنها اسمارت، بلکه واقعاً هوشمند هستند. براین‌اساس، پرسش‌های پژوهش عبارت‌اند از: تفاوت‌های کلیدی میان مسکن اسمارت و خانه‌های واقعاً هوشمند چیست؟ پروژه‌های منتخب تا چه اندازه توانسته‌اند هوشمندی واقعی را محقق کنند یا در تحقق آن ناکام مانده‌اند؟ و در نهایت، این تفاوت‌ها چه پیامدهایی برای آینده طراحی و فناوری مسکن به همراه دارند؟

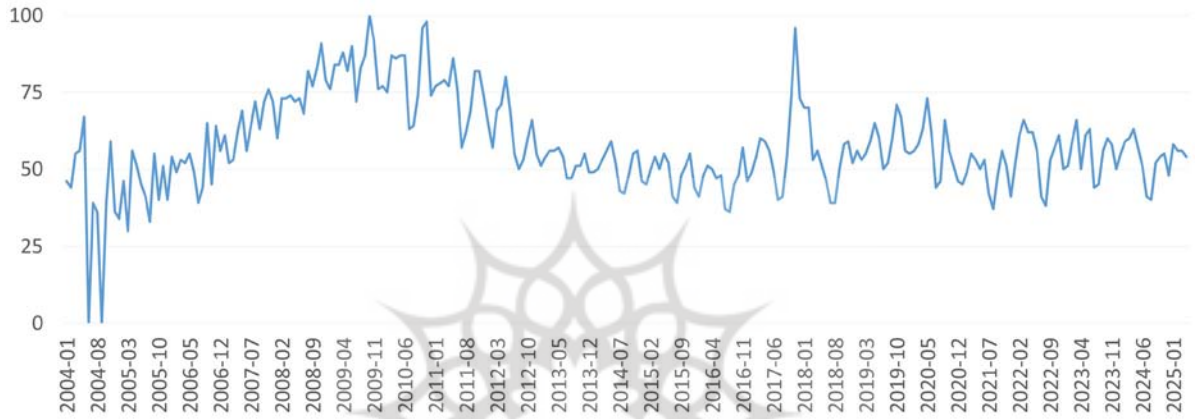
مرور پیشینه و مبانی نظری: هوشمندی در مسکن معاصر

افزایش علاقه به هوش مصنوعی، گفت‌وگوهای دانشگاهی و کاربردی را به‌طور چشمگیری دگرگون کرده است، به‌ویژه با ادغام روزافزون فناوری‌های AI در محیط‌های روزمره، ازجمله سامانه‌های شهری و مسکونی. پایگاه‌هایی مانند Google Scholar، Scopus و Web of Science افزایش قابل‌توجهی در انتشار آثار مرتبط را نشان می‌دهند که بیانگر اهمیت این مباحث در میان‌رشته‌های مختلف است. در کنار AI، مفهوم هوشمندی جمعی (CI) که در آن گروه‌ها ازطریق همکاری به سطوحی از تصمیم‌گیری فراتر از توان فردی دست می‌یابند، به‌ویژه در برنامه‌ریزی شهری و مسکن هوشمند برجسته شده است؛ حوزه‌هایی که در آن‌ها سازگاری‌پذیری و مشارکت کاربران نقش کلیدی دارند. پژوهش‌های میان‌رشته‌ای اخیر، از روان‌شناسی و علوم رایانه تا مطالعات شهری، نشان می‌دهند که هوشمندی در مقیاس‌های متعددی عمل می‌کند: هوشمندی انسانی (HI)، مصنوعی و جمعی. درک تعامل میان این سطوح برای طراحی مسکن پایدار، پاسخ‌گو و انسان‌محور امری حیاتی است. براساس روند مرورگر گوگل (۲۰۲۵)، علاقه به AI از سال ۲۰۲۲ به‌طور چشمگیری افزایش یافته است، به‌ویژه در کشورهایی مانند ویتنام، اتیوپی، کره جنوبی، فیلیپین و نپال (تصویر ۱). در مقابل، CI روندی نسبتاً پایدار با اوج‌هایی در کره جنوبی، رئونیون، فرانسه و مراکش نشان می‌دهد؛ زمینه‌هایی که به مشارکت‌محوری در حکمرانی شهرت دارند (تصویر ۲). در همین حال، HI در سال ۲۰۰۴ برجستگی اولیه داشته، سپس کاهش یافته و حدود سال ۲۰۱۶ دوباره اوج گرفته است، به‌ویژه در اتیوپی، فیلیپین، زیمباوه، زامبیا و نیجریه (تصویر ۳). این نوسانات بازتاب‌دهندهٔ تفاوت اولویت‌ها در مقیاس جهانی‌اند: درحالی‌که AI در مناطق با فناوری پیشرفته غالب است، HI و CI در زمینه‌هایی که بر آموزش، شناخت و اجتماع تمرکز دارند، همچنان جایگاه محوری دارند. در بستر مسکن هوشمند، این سه شکل از هوشمندی چارچوبی تحلیلی سودمند برای ارزیابی فراهم می‌کنند تا نشان دهند مسکن چگونه می‌تواند از «صرفاً اسمارت‌بودن» فراتر رود و به‌سوی هوشمندی واقعی حرکت کند.

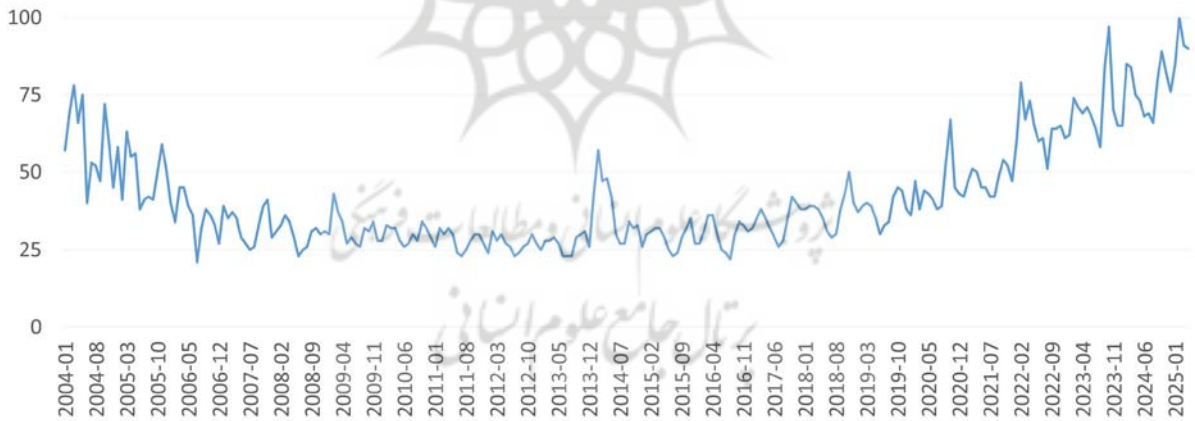
AI نحوهٔ تعریف و کاربرد مفهوم هوشمندی را به‌طور بنیادین دگرگون کرده است، به‌ویژه ازطریق توانایی‌اش در انجام کارهایی که سنتاً نیازمند شناخت انسانی بوده‌اند. محور اصلی این بحث، تمایز میان هوش مصنوعی ضعیف، که به‌عنوان ابزاری برای حل مسئله عمل می‌کند و هوش مصنوعی قوی است که درصدد شبیه سازی آگاهی واقعی است (Searle, 1980; Flowers, 2019). فناوری‌های پایه‌ای مانند یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی و شبکه‌های عصبی، AI را وارد کاربردهای عملی در حوزه‌های مختلف کرده‌اند و بحث‌های انتقادی دربارهٔ توانایی آن در تقلید، تکمیل یا فراتررفتن از هوش انسانی را برانگیخته‌اند (Korteling et al., 2021). علاوه‌بر این، مسائل اخلاقی از قبیل مسئولیت عمل و سوگیری، یکپارچگی و کاربرد AI را پیچیده‌تر کرده‌اند.

براساس دیکشنری آکسفورد (Intelligence, n.d.)، هوشمندی

تصویر ۱. روندهای میزان علاقه به «هوش مصنوعی» (۲۰۰۴-۲۰۲۵). مأخذ: Google Trends، «حوزهٔ مطالعات» ، بازیابی‌شده در ۲۸ آوریل ۲۰۲۵.



تصویر ۲. روندهای میزان علاقه به «هوشمندی جمعی» (۲۰۰۴-۲۰۲۵). مأخذ: Google Trends، «موضوعات»، بازیابی‌شده در ۲۸ آوریل ۲۰۲۵.



تصویر ۳. روندهای میزان علاقه به «هوشمندی انسانی» (۲۰۰۴-۲۰۲۵). مأخذ: Google Trends، «جستجوی مورد»، بازیابی‌شده در ۲۸ آوریل ۲۰۲۵.

به معنای «توانایی یادگیری، درک و تفکر منطقی درباره مسائل؛ توانایی انجام دادن خوبِ این کارها» است. این تعریف نه‌تنها شامل افراد (هوش انسانی، HI) می‌شود، بلکه سیستم‌های مصنوعی و جمعی را نیز در بر می‌گیرد. ازسوی‌دیگر، AI، براساس تعریف زبانشناسی آکسفورد، بر قابلیت‌های محاسباتی مانند ادراک و تصمیم‌گیری تأکید دارد. در مقایسه، HI شامل استدلال، یادگیری و خلاقیت است، درحالی‌که CI اغلب در متون علمی به‌عنوان توانایی یک گروه در حل مسائل به‌صورت تعاملی و همکاری جمعی، حتی بدون روابط نزدیک بین اعضا، تعریف می‌شود (Chikersal et al., 2017). بااین‌حال، HI گاهی در مطالعات هوش به شکل محدودتر تعریف می‌شود و فقط داده‌هایی که ازطریق ارتباطات بین‌فردی جمع‌آوری می‌شوند را در بر می‌گیرد (Gooch & Williams, 2015). این دیدگاه نشان‌دهندهٔ تمایل به اولویت‌بخشی به AI در بحث‌های علمی و عمومی است، درحالی‌که همتایان انسانی و جمعی کمتر تعریف شده‌اند. با این وجود، روندهای اخیر در شبکه‌شناسی مفهوم CI را عمیق‌تر کرده‌اند. سنتولا (Centola, 2022) یادآور می‌شود که شبکه‌ها می‌توانند توانایی شناختی گروه را افزایش دهند اما ممکن است آن را تحریف کنند و به چالش‌های نظری حل‌نشده اشاره دارند. به‌طور مشابه، گالشیچ و همکاران (Galesic et al., 2023) بررسی می‌کنند که

تعاملات اجتماعی پویا چگونه بر حل مسئله، سازگاری و خطر شکست جمعی تأثیر می‌گذارد و بر لزوم رویکردهای فرارشته‌ای برای افزایش اثربخشی گروه‌های سازگار تأکید می‌کنند.

از مفهوم اولیهٔ ربات‌ها توسط Čapek (۱۹۲۰) تا سیستم‌های ابتدایی IBM (۱۹۷۹-۱۹۸۴) و چشم‌انداز ربات‌های خدماتی Engelberger(۱۹۸۹) (Ruiz-Vanoye et al., 2024)، تکامل صنعتی AI به‌تدریج وارد زندگی روزمره شده است. اگرچه ربات‌ها ممکن است آگاهی انسانی را بازتولید نکنند اما توانایی انجام وظایف پیچیده و واقعی با سرعت و دقت بالا را پیدا کرده‌اند (Cappuccio et al., 2020). استفاده از AI در رباتیک صنعتی، فرصت‌های قابل‌توجهی برای بهبود فرایندهای تولید ازطریق بهره‌گیری از انواع مختلف هوش، مطابق با نظریهٔ گاردنر، فراهم می‌کند (تصویر ۴). این تحولات نشان می‌دهند که سیستم‌های مصنوعی با استفاده از هوش منطقی-ریاضی، فضایی و بین‌فردی نه‌تنها فرایندهای تولید را دگرگون می‌کنند، بلکه بافت محیط‌های هوشمند، ازجمله مسکن را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. درک این لایه‌های مختلف هوش، پایه‌ای فراهم می‌کند تا بتوان ارزیابی کرد که آیا خانه‌های هوشمند امروز به‌سوی هوشمندی واقعی حرکت می‌کنند یا صرفاً پاسخ‌گویی مکانیکی خود را تقویت می‌کنند.

با ارجاع به تصویر ۵، AI و CI به‌عنوان ابزارهایی عمل می‌کنند که بخش‌هایی از واقعیت را بازنمایی یا گسترش می‌دهند، اما قادر نیستند تمامی ابعاد HI به‌ویژه هوش‌های درون‌فردی، بین‌فردی، بدنی و وجودی، را به‌طور کامل در بر گیرند (جدول ۱). این محدودیت، مرز میان واقعیت و زیست‌مندی را در معماری، زندگی روزمره و فرایندهای تصمیم‌گیری برجسته‌تر می‌سازد. CI ازطریق شبکه‌های اجتماعی، سامانه‌های توصیه‌گر و تعاملات آنلاین پدیدار می‌شود. هرچند CI می‌تواند در تصمیم‌گیری، ایده‌پردازی و حل مسئله مؤثر باشد، اما ممکن است از واقعیت عینی و کیفیت انسانی فاصله بگیرد، زیرا بیش از آنکه در تجربهٔ زیسته ریشه داشته باشد، در فضای مجازی استوار است.

در بستر خانه‌های هوشمند می‌توان این فضاها را به‌منزلهٔ مناطق آستانه‌ای در نظر گرفت که در آن‌ها اشکال گوناگون هوشمندی هم‌زمان همزیستی دارند. HI که تجسم‌یافته، عاطفی و چندبعدی است با AI که مبتنی‌بر منطق و داده عمل می‌کند و نیز با CI که ازطریق همکاری‌های شبکه‌ای پدیدار می‌شود، در تعامل قرار می‌گیرد. بااین‌حال، علی‌رغم یکپارچگی ظاهراً بی‌وقفه‌ی این هوشمندی‌ها، برخی ابعاد عمیقاً انسانی مانند خلاقیت وجودی، عواطف عمیق یا تعامل جسمانی با جهان یا به‌کلی غایب‌اند یا صرفاً به‌صورت شبیه‌سازی‌شده حضور دارند. این وضعیت نوعی تناقض ایجاد می‌کند؛ جایی که خانه هم‌زمان به مکانی برای تعاملات فناورانهٔ پیشرفته بدل می‌شود و در عین حال، غیبت برخی تجربه‌های بنیادین انسانی را برجسته می‌سازد.

هر نوع هوشمندی برای بروز و کنش‌گری خود به یک محیط فضایی و ادراکی نیازمند است. در مقابل، هر شکل از واقعیت یا فضا نیز برخی انواع هوشمندی را فعال می‌کند، امکان‌پذیر می‌سازد یا محدود می‌کند (جدول ۲). واقعیت افزوده (AR) بستری برای هم‌زیستی و هم‌افزایی هر سه نوع هوشمندی فراهم می‌آورد، چراکه پیوندی ملموس با جهان فیزیکی را حفظ می‌کند. کارمینیانی و فورت (Carmigniani & Furht, 2011)، AR را به‌عنوان نمایی بلادرنگ از یک محیط واقعی تعریف می‌کنند که با اطلاعات تولیدشده توسط رایانه غنا می‌یابد. AR ماهیتی تعاملی، سه‌بعدی و هم‌تراز با فضا دارد و عناصر واقعی و مجازی را در هم ادغام می‌کند. در مقابل، واقعیت مجازی (VR) عمدتاً AI و CI را تقویت می‌کند و اغلب HI را به جریان‌های داده یا بازنمایی‌های مبتنی‌بر آواتار تقلیل می‌دهد.

AR ادراک و تعامل کاربر با دنیای واقعی را با قراردادن اشیاء و نشانه‌های مجازی روی آن به‌صورت بلادرنگ افزایش می‌دهد. بر خلاف VR که کاربران را به‌طور کامل در یک دنیای مصنوعی غوطه‌ور می‌کند، همان‌طور کهمیلگرام و کیشینو (Milgram & Kishino, 1994) آن را محیط مجازی می‌نامند، فناوری AR حس واقعیت را با ترکیب عناصر واقعی و مجازی تقویت می‌کند. همان‌طور که آزوما و همکاران (Azuma et al., 2001) توضیح می‌دهند، AR محدود به هیچ فناوری نمایش خاصی مانند نمایشگرهای نصب‌شده روی سر نیست و محدود به حس بینایی نیز نمی‌شود. این فناوری می‌تواند پتانسیل افزایش تمامی حواس، ازجمله بو، لمس و شنوایی را داشته باشد. همچنین AR

هوش‌های چندگانهٔ گاردنر

زبانی: توانایی درک و استفاده از ارتباطات گفتاری و نوشتاری. شغل ایده‌آل: شاعر.

منطقی- ریاضی: توانایی درک و استفاده از منطق و نمادها و عملیات عددی. شغل ایده‌آل: برنامه‌نویس.

موسیقیایی: توانایی درک و استفاده از مفاهیمی مانند ریتم، گام، ملودی و هارمونی. شغل ایده‌آل: آهنگساز.

فضایی: توانایی جهت‌یابی و دستکاری فضای سه‌بعدی. شغل ایده‌آل: معمار.

جنبشی- بدنی: توانایی هماهنگی حرکات بدنی. شغل ایده‌آل: ورزشکار.

طبیعی: توانایی تشخیص و دسته‌بندی اشیا یا پدیده‌های طبیعی. شغل ایده‌آل: جانورشناس.

بین فردی: توانایی درک و تعامل مؤثر با دیگران. شغل ایده‌آل: سیاستمدار، فروشنده.

درون فردی: توانایی درک و استفاده از افکار، احساسات، ترجیحات و علایق شخصی. شغل ایده‌آل: زندگینامه‌نویس، کارآفرین. (اگرچه هوش درون‌فردی بالا می‌تواند در تقریباً هر شغلی مفید باشد، اما تعداد کمی از مشاغل مستقیماً بابت خودشناسی فرد، حقوق پرداخت می‌کنند).

وجودی: توانایی تفکر دربارهٔ پدیده‌ها یا پرسش‌هایی فراتر از داده‌های حسی، مانند بی‌نهایت و بسیار کوچک. شغل ایده‌آل: کیهان‌شناس، فیلسوف.

تصویر ۴. نظریهٔ هوش‌های چندگانه گاردنر. مأخذ: نگارندگان برگرفته از Moran et al., 2006; Gardner, 2006.

می‌تواند برای جایگزینی حسی استفاده شود و به کاربرانی که برخی از حواسشان محدود است کمک کند؛ برای مثال، می‌تواند از نشانه‌های صوتی برای تقویت بینایی افراد دارای نقص بینایی یا نشانه‌های بصری برای تقویت شنوایی افراد ناشنوا استفاده کند (Carmigniani & Furht, 2011). شایان ذکر است که اگرچه مطالعات کلاسیک تنها پنج حس سنتی را شناسایی می‌کنند، پژوهش‌های معاصر حواس داخلی و بین‌حسی اضافی مانند تعادل، حس وضعیت [خود ادراکی] و درد را مورد توجه قرار می‌دهند (Wilson & Macpherson, 2018)، که نشان می‌دهد ادراک انسانی فراتر از پنج حس سنتی است و باید در طراحی محیط‌های هوشمند و افزوده در نظر گرفته شود.

برای ارزیابی انتقادی ماهیت هوشمندی در پروژه‌های مسکن معاصر، نیاز به مدلی چندلایه و یکپارچه وجود دارد؛ مدلی که فراتر از تعیین‌کنندگی فناورانه حرکت کند و ابعاد انسانی، جمعی و شناختی تجربه فضایی را در بر گیرد. مدل مفهومی ارائه‌شده در اینجا سه منبع اصلی هوشمندی را شناسایی می‌کند: AI، HI و

تصویر ۵. همگرایی انواع هوش در یک اکوسیستم خانهٔ هوشمند. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۱. هوش مصنوعی و حدود شناخت انسانی: با نگاهی گاردنری. مأخذ: نگارندگان.

نوع HI	توانایی AI برای شبیه‌سازی	توصیف/ شرح
زبانی	بالا	مدل‌های GPT و ابزارهای پردازش زبان طبیعی
منطقی-ریاضی	بالا	الگوریتم‌ها و توانمندی‌های حل مسئله
فضایی	متوسط	رباتیک، طراحی و تشخیص تصویر
موسیقایی	متوسط	تولید موسیقی و تحلیل صدا
جنبشی- بدنی	پایین	حضور در رباتیک پیشرفته، اما فاقد انعطاف‌پذیری انسانی
بین فردی	ضعیف	درک محدود از احساسات و روابط انسانی
درون فردی	خیلی‌ضعیف	خودآگاهی، تأمل درونی و تجربه وجودی
طبیعی	پایین	ارتباط شهودی با طبیعت که قابل بازتولید نیست
وجودی	تقریباً صفر	پرسش‌هایی دربارهٔ معنا، مرگ و هدف زندگی

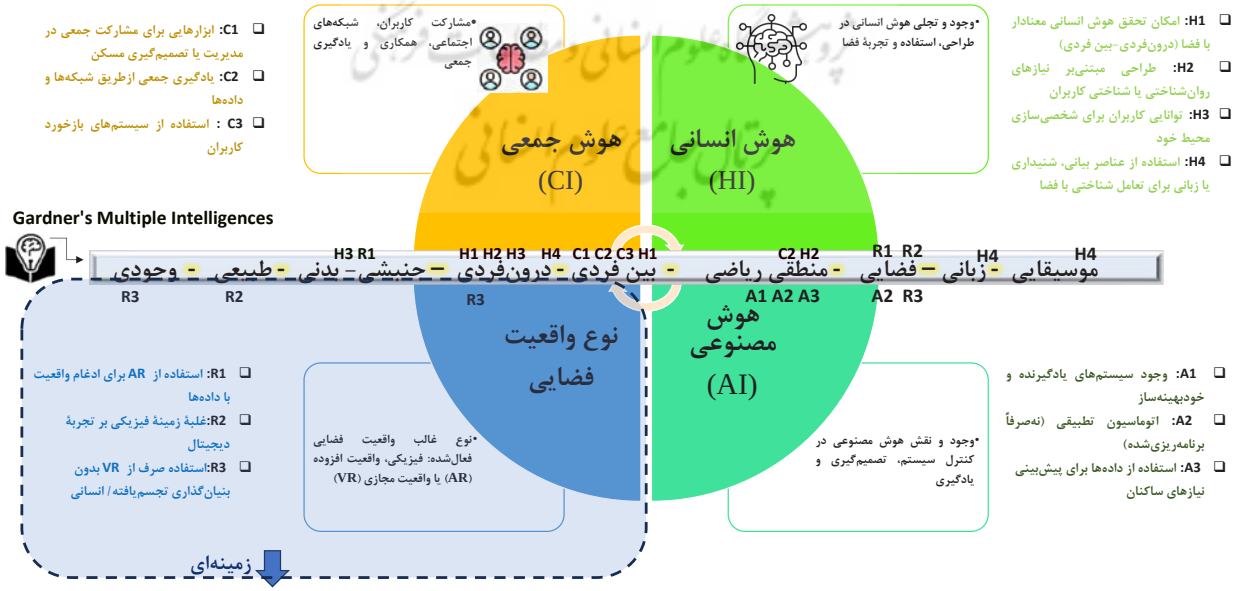
جدول ۲. نگاشت انواع هوشمندی در واقعیت‌های مختلف. مأخذ: نگارندگان.

نوع واقعیت	نوع هوشمندی که عمدتاً فعال می‌شود یا محدود می‌شود: دلیل
واقعیت فیزیکی	هوشمندی انسانی: زیرا تجسم‌یافته، عاطفی و مبتنی‌بر زمینه و بافت است.
واقعیت افزوده	ترکیبی از انواع هوشمندی‌ها: زیرا فضای فیزیکی را با لایه‌های دیجیتال پیوند می‌دهد.
واقعیت مجازی	هوشمندی مصنوعی + هوشمندی جمعی: زیرا کاملاً داده‌محور، شبیه‌سازی‌شده و جدا از زمینهٔ واقعی است.

CI و در عین حال لایهٔ ادراکی واقعیت فضایی و مجموعه‌ای از شاخص‌های عملکردی-رفتاری را نیز لحاظ می‌کند. با بهره‌گیری از نظریهٔ هوش‌های چندگانهٔ گاردنر، این مدل بررسی می‌کند که چگونه اشکال مختلف هوشمندی در محیط‌های مسکونی تجلی یافته و در آن‌ها درونی شده‌اند. بخش بعدی چارچوب مفهومی (تصویر ۶) را ارائه می‌دهد. این مدل سه منبع اصلی هوشمندی در مسکن معاصر را در ارتباط با شاخص‌های رفتاری و عملکردی نگاشت می‌کند. این شاخص‌ها هم تجلی هوشمندی در فضا و هم لایهٔ واسطه‌ای میان منبع هوشمندی و نوع واقعیتی که تجربه می‌شود را نشان می‌دهند. با توجه به اینکه تجارب فضایی می‌توانند در محیط‌های فیزیکی، AR و VR رخ دهند، مدل نوع واقعیت را به‌عنوان لایهٔ ادراکی زمینه‌ای در نظر می‌گیرد. اگرچه «نوع واقعیت» خود یک نوع هوشمندی نیست اما شیوهٔ تجربه و جای‌گیری هوشمندی در فضا را شکل می‌دهد. بنابراین، گنجاندن این بعد برای درک عملکرد هوشمندی در حالت‌های فضایی مختلف ضروری است. برای استقرار شاخص‌ها در چارچوب نظری انسان‌محور، مدل بر نظریهٔ هوش‌های چندگانه هاوارد گاردنر متکی است. نه نوع هوش پیشنهادی گاردنر محور مرکزی نمودار را تشکیل می‌دهند و هر شاخص به یکی یا چند مورد از این انواع نگاشت می‌شود. این رویکرد، چشم‌اندازی ظریف‌تر ارائه می‌دهد که فراتر از مفاهیم فناوری‌محور «هوشمندی» حرکت می‌کند و در عوض ابعاد شناختی، تجسم‌یافته و اجتماعی-عاطفی مسکن هوشمند را برجسته می‌سازد.

شاخص‌های به‌کاررفته در این پژوهش (جدول ۳) به‌طور مستقیم از مطالعات پیشین اقتباس نشده‌اند اما ازنظر مفهومی بر نظریه‌های تثبیت‌شده در حوزه‌های روان‌شناسی محیطی، علوم اعصاب و طراحی بیوفیلیک استوارند. با توجه به فقدان پژوهش‌هایی که به‌صورت یکپارچه انواع مختلف هوش (انسانی، جمعی و مصنوعی) و واقعیت‌هایی را که این هوش‌ها با آن‌ها در تعامل‌اند، اعم از واقعیت افزوده، مجازی یا فیزیکی، بررسی کرده باشند، این مطالعه می‌کوشد چنین مفاهیمی را ازطریق مجموعه‌ای از شاخص‌های ارزیابانه عملیاتی‌سازی کند. این شاخص‌ها به‌منظور امکان‌پذیر ساختن مقایسه‌ای ساختارمند میان پروژه‌های منتخب مسکن هوشمند معاصر طراحی شده‌اند. اگرچه این شاخص‌ها به‌طور صریح از چارچوب‌های پیشین استخراج نشده‌اند اما تفسیر و به‌کارگیری آن‌ها در چارچوب مبانی نظری یادشده انجام شده است. پژوهش‌های اخیر در حوزهٔ علوم اعصاب نشان داده‌اند که ویژگی‌های معماری، ازجمله خطوط و منحنی‌ها، بر قضاوت زیباشناختی و میزان درگیری عاطفی کاربران با فضا تأثیر می‌گذارند. به‌ویژه، فضاهای دارای خطوط منحنی موجب فعال‌سازی نواحی‌ای از مغز می‌شوند که با پاداش و اهمیت هیجانی مرتبط‌اند (Vartanian et al., 2013)؛ امری که نشان می‌دهد طراحی معماری می‌تواند تعاملات شناختی- عاطفی معناداری میان کاربران و محیط‌های ساخته‌شده شکل دهد.

روان‌شناسان محیطی تأکید می‌کنند که معماری به‌عنوان یک رسانه فیزیکی عمل می‌کند که رفتار واکنش‌های هیجانی و تعاملات اجتماعی را شکل می‌دهد. عناصری مانند نور، رنگ، تناسبات و نشانه‌های فضایی بر میزان درگیری روانی کاربران اثر می‌گذارند و می‌توانند تجربه‌های معناداری را در فضا تقویت کنند (Harrouk, 2020). روان‌شناسی محیطی بر این نکته دلالت دارد که محیط‌های ساخته‌شده پیرامون انسان تأثیری مستقیم بر سلامت روان و عملکرد شناختی دارند. عوامل



تصویر ۶. مدل مفهومی چندلایه از هوشمندی در مسکن معاصر. مأخذ: نگارندگان.

جدول ۳ . چارچوب یکپارچه ابعاد هوش در مسکن معاصر (توضیحات: هرچند این شاخص‌ها مبتنی‌بر ادبیات موجود در حوزهٔ مسکن هوشمند و مسکن دارای هوشمندی هستند، اما نحوهٔ عملیاتی‌سازی ارائه‌شده در اینجا اصیل بوده و به‌صورت عیناً از هیچ مطالعهٔ پیشین اقتباس نشده است. بنابراین، این چارچوب به‌عنوان یک ابزار تحلیلی ساخت‌یافته و پیشنهادی از سوی نویسندگان در نظر گرفته می‌شود که امکان اصلاح، تکمیل یا گسترش آن در پژوهش‌های آینده وجود دارد). مأخذ: نگارندگان.

نوع هوش/ واقعیت	حوزهٔ تمرکز	کد شاخص	هوش‌های چندگانهٔ گاردنر	توصیف شاخص	منبع
هوش انسانی (HI)	شناختی -تجربی	H1	- درون فردی - بین فردی	امکان تحقق هوش انسانی معنادار با فضا	Vartanian et al. (2013), Harrouk (2020), Lindberg (2025), Kellert & Wilson (1995), Al Sayyed & Al-Azhari (2025)
		H2	- درون فردی - منطقی- ریاضی	طراحی مبتنی‌بر نیازهای روان‌شناختی یا شناختی کاربران	Lindberg (2025), Fang et al. (2025), Pulivarthi & Bhatia (2025), Xie et al. (2025)
		H3	- درون فردی - جنبشی- حرکتی	توانایی کاربران برای شخصی‌سازی محیط خود	Lee & Stuerzlinger (2025), Fabio et al. (2025)
		H4	- بین فردی - زبانی - موسیقایی	استفاده از عناصر بیانی، شنیداری یا زبانی برای تعامل شناختی با فضا	Pastuszek-Lipińska (2025), Heintz & Scott-Phillips (2023)
هوش مصنوعی (AI)	سیستمی -الگوریتمی	A1	- منطقی- ریاضی	وجود سیستم‌های یادگیرنده و خودبهینه‌ساز	Phiri (2023)
		A2	- فضایی - منطقی- ریاضی	اتوماسیون تطبیقی (نه‌صرفاً برنامه‌ریزی‌شده)	Phiri (2023), Adeel et al. (2014), Okhovat (2023)
		A3	- منطقی- ریاضی	استفاده از داده‌ها برای پیش‌بینی نیازهای ساکنان	Phiri (2023), Kaluarachchi (2022)
هوش جمعی (CI)	اجتماعی - مشارکتی	C1	- بین فردی	ابزارهایی برای مشارکت جمعی در مدیریت یا تصمیم‌گیری مسکن	Zhou & Lund (2023), Hayes & Murtinho (2023), Yau (2013)
		C2	- بین فردی - منطقی- ریاضی	یادگیری جمعی ازطریق شبکه‌ها و داده‌ها	Akhrif (2022), Wang et al. (2024), Far et al. (2024)
		C3	- بین فردی	استفاده از سیستم‌های بازخورد کاربران	Varlamis et al. (2022), Agee et al. (2021), Ariano et al. (2023)
نوع واقعیت فضایی	تجسم‌یافتگی - میانجی‌گری	R1	- فضایی	استفاده از AR برای ادغام واقعیت با داده‌ها	Zarzycki (2023), Al-Rimawi & Nadler (2025), Franco et al. (2021)
		R2	- طبیعی - فضایی	غلبهٔ زمینه فیزیکی بر تجربهٔ دیجیتال	Agee et al. (2021), Kreps (2021)
		R3	- وجودی - درون فردی - فضایی	استفاده صرف از VR بدون بنیان‌گذاری تجسم‌یافته/انسانی	Dzardanova & Kasapakis (2022), Sarkady et al. (2021)

محیطی‌ای چون نور، صدا، کیفیت هوا و سازمان فضایی می‌توانند بر میزان استرس، هیجان و حتی مسیرهای عصبی اثرگذار باشند و بدین‌ترتیب اهمیت طراحی مسکن مبتنی‌بر ملاحظات روان‌شناختی را برجسته می‌سازند (Lindberg, 2025). فرضیهٔ بیوفیلیا بیان می‌کند که انسان‌ها دارای پیوندی هیجانی و ذاتی با محیط طبیعی هستند. این پیوند درونی از این ایده پشتیبانی می‌کند که فضاهایی که امکان تعامل معنادار با عناصر طبیعی را فراهم می‌کنند مانند پوشش گیاهی، آب یا ساختارهای شبه‌زنده، می‌توانند تجربه‌های شناختی و عاطفی را در محیط‌های ساخته‌شده غنا بخشند (Kellert & Wilson, 1995). مطالعات نشان داده‌اند که مواجهه با عناصر طراحی بیوفیلیک در فضاهای مسکونی به‌طور معناداری آسایش فیزیولوژیک و بازیابی از استرس را افزایش می‌دهد و بیانگر آن است که تعامل معنادار با نشانه‌های فضایی طبیعی می‌تواند به بهزیستی روانی و عاطفی کمک کند (Al Sayyed & Al-Azhari, 2025). مجموع این پژوهش‌ها، مبنای نظری شاخص H1 را فراهم می‌آورند؛ شاخصی که هدف آن سنجش عمق تعاملات شناختی و عاطفی‌ای است که ازطریق ویژگی‌های فضایی و طراحی محیطی در مسکن‌های هوشمند شکل‌می‌گیرند.

طراحی رابط‌های تطبیقی که تفاوت‌های فردی در توانایی‌های شناختی فضایی مانند چرخش ذهنی و درک منظر، را در نظر می‌گیرند، می‌توانند به‌طور معناداری بار شناختی را کاهش دهند و عملکرد تعامل انسان-ماشین را بهبود بخشند (Fang et al., 2025). اثربخشی بازنمایی‌های گرافیکی در ارتقای آگاهی کاربران به‌طور

قابل توجهی تحت‌تأثیر نیازهای شناختی افراد قرار دارد؛ امری که نشان می‌دهد راهبردهای طراحی مبتنی‌بر مدل‌های روان‌شناختی باید متناسب با سبک‌های پردازش ذهنی کاربران تنظیم شوند (Xie et al., 2025). طراحی تجربهٔ کاربری مبتنی‌بر همدلی، بر ضرورت رابط‌هایی با هوش هیجانی تأکید دارد که بتوانند خود را با وضعیت‌های روان‌شناختی و هیجانی کاربران تطبیق دهند؛ موضوعی که‌بیانگر اهمیت‌فزایندهٔ نیازهای عاطفی در طراحی‌های شناخت‌محور است (Pulivarthi & Bhatia, 2025). این یافته‌ها، مبنای مفهومی شاخص H2 را شکل می‌دهند؛ شاخصی که به‌میزان سازگاری مسکن هوشمند با ظرفیت‌های شناختی متنوع و وضعیت‌های هیجانی کاربران از طریق طراحی رابط و الگوهای تعامل می‌پردازد.

رابط‌های ناوبری تطبیقی در واقعیت گسترده می‌توانند با درنظرگرفتن تفاوت‌های فردی در توانایی‌های فضایی و راهبردهای مسیریابی، تجربهٔ کاربری را به‌طور معناداری بهبود بخشند؛ امری که نشان می‌دهد شخصی‌سازی، هم کارایی‌پذیری و هم فراگیری را افزایش می‌دهد (Lee & Stuerzlinger, 2025). همچنین، رابط‌های کاربری تطبیقی در بستر صنعت ۴/۰ قادرند با متناسب‌سازی پشتیبانی دیجیتال با مهارت‌های درحال تحول کاربران و الزامات زمینه‌ای، به‌صورت پویا از اپراتورهای انسانی حمایت کنند و بدین‌ترتیب هم‌زیستی انسان- ماشین را تقویت کنند (Fabio et al., 2025). این بینش‌ها به‌طور مفهومی از شاخص H3 پشتیبانی می‌کنند؛ شاخصی که بر توانایی کاربران در شخصی‌سازی محیط‌های مسکونی هوشمند براساس تعاملات جسمانی، الگوهای رفتاری فضایی و نیازهای شناختی درحالت غیبر آن‌ها تأکید دارد. این نوع شخصی‌سازی با هوش‌های بدنی- جنبشی و درون‌فردی همسو است و امکان شکل‌گیری تعاملاتی شهودی‌تر و معنادارتر با فضا را فراهم می‌سازد.

موسیقی، به‌واسطهٔ ویژگی‌های چندحسی و عاطفی خود، نقشی محوری در شکل‌دهی کارکردهای زبانی، هیجانی و شناختی ایفا می‌کند و بینش‌هایی ارزشمند برای طراحی رابط‌هایی فراهم می‌آورد که از ارتباط و سلامت روان پشتیبانی می‌کنند (Pastuszek-Lipińska, 2025). بیان انسانی دامنه‌ای متنوع از شیوه‌ها را در بر می‌گیرد؛ از زبان و ژست گرفته تا هنر و تعامل اجتماعی، که همگی بر ظرفیت‌های شناختی تکامل‌یافته برای انتقال و تفسیر مقاصد معنادار استوارند. این ظرفیت‌ها بنیان ارتباطات عاطفی و چندحسی را شکل می‌دهند و بدین‌ترتیب، مبنایی مهم برای طراحی رابط‌های بیانگر انسان- ماشین فراهم می‌آورند (Heintz & Scott-Phillips, 2023). این بینش‌ها از شاخص H4 پشتیبانی می‌کنند؛ شاخصی که بر ادغام مؤلفه‌های بیانگر، شنیداری و زبانی در رابط‌های مسکن هوشمند تمرکز دارد تا تعامل شناختی تقویت شود و درگیری اجتماعی و عاطفی کاربران با محیط ساخته‌شده بهبود یابد.

محاسبات از سامانه‌های ایستا به‌سوی سامانه‌های خودمدیر، تطبیقی و خودتنظیم‌گر تکامل یافته است؛ سامانه‌هایی که می‌توانند به‌صورت خودمختار منابع را بهینه‌سازی کنند و بازتاب‌دهندهٔ افزایش پیچیدگی چالش‌های معاصر هستند (Phiri, 2023). این تحول، هستهٔ اصلی شاخص‌های A1، A2 و A3 را تشکیل می‌دهد؛ شاخص‌هایی که بر سامانه‌های خودبهینه‌ساز، خودکارسازی تطبیقی و رویکردهای داده‌محور برای پیش‌بینی و پاسخ‌گویی به نیازهای ساکنان در مسکن هوشمند تمرکز دارند. آدیل و همکاران (Adeel et al., 2014) یک الگوی شبکه‌ای خودسازگار را بررسی می‌کنند که به‌طور پویا میان انتقال‌های بهره‌گیر کوتاه‌بُرد و رادیوهای سلولی بلندبُرد انتخاب می‌کند تا توان عملیاتی شبکه و هزینه‌ها را بهینه سازد. این نمونه، خودکارسازی تطبیقی در راهبردهای ارتباطی فراتر از رویه‌های ثابت را نشان می‌دهد. توانایی این الگو در تطبیق راهبرد ارتباطی خود براساس شرایط لحظه‌ای شبکه، مصداقی از خودکارسازی تطبیقی فراتر از روال‌های از پیش برنامه‌ریزی‌شده است؛ همان‌گونه که در شاخص A2 توصیف شده است. اخوت (Okhovat, 2023) سامانه‌ای خودمختار مبتنی‌بر سیاست‌گذاری را توصیف می‌کند که به‌طور پیوسته داده‌ها را پایش و تحلیل می‌کند تا عملیات شهری را به‌صورت خودکار بهینه سازد؛ نمونه‌ای روشن از خودکارسازی تطبیقی فراتر از رویه‌های از پیش تعیین‌شده که از شاخص A2 پشتیبانی می‌کند. کالوآراچی (Kaluarachchi, 2022) نشان می‌دهد که چگونه داده‌های بلادرنگ مشارکت شهروندان را تقویت می‌کند و به سامانه‌های شهری امکان می‌دهد به‌صورت پیش‌دستانه واکنش نشان دهند؛ او بر نقش داده‌های آنی در بهبود خدمات شهری، پیش‌بینی سناریوهای آینده و ارتقای مشارکت شهروندان تأکید می‌کند که با استفاده از داده برای پیش‌بینی و پاسخ به نیازهای ساکنان همسو است و از شاخص A3 حمایت می‌کند. بتی (Batty, 2013) نیز نشان می‌دهد که چگونه کلان‌داده‌های شهری به‌ویژه داده‌های جریانی حسگرها و داده‌های کارت‌های هوشمند حمل‌ونقل، مدیریت شهر را به سمت تصمیم‌گیری‌های کوتاه‌مدت و پیش‌نگرانه سوق می‌دهند؛ امری که مصداقی از رویکردهای داده‌محور برای پاسخ‌گویی به نیازهای ساکنان است و شاخص A3 را تقویت می‌کند.

شاخص C1 بازتاب‌دهندهٔ ابزارهایی است که امکان مشارکت جمعی در مدیریت مسکن را فراهم می‌سازند. یائو (Yau, 2013) نشان می‌دهد که با وجود بازدارنده‌های عقلانی، برخی مالکان در ساختمان‌های چندمالکی در کنش جمعی مشارکت می‌کنند؛ موضوعی که بر ضرورت وجود سازوکارهای مشارکتی تأکید دارد که بتوانند اثربخشی ادراک‌شده و منافع مشارکت را برای ساکنان تقویت کنند. علاوه‌بر این، هِیز و مورتینیو (Hayes & Murtinho, 2023) نشان می‌دهند که سازوکارهای مشارکتی به‌طور معناداری میزان درگیری خانوارها در فرایندهای جمعی را شکل می‌دهند و تصمیم‌گیری جمعی فراگیر، به ابزارهای

حکمرانی‌ای همچون برگزاری منظم جلسات و آموزش رهبری وابسته است. در بسترهای فناورانه‌تر، پلتفرم‌های همتابه‌همتا (P2P) برای به‌اشتراک‌گذاری انرژی (Zhou & Lund, 2023) نمونه‌ای از این هستند که چگونه زیرساخت‌های دیجیتال می‌توانند تصمیم‌گیری جمعی منصفانه و پویا را ممکن سازند. در مجموع، این یافته‌ها بر نقش ابزارهای مشارکتی، چه نهادی و چه فناورانه، در ایجاد مشارکت منصفانه، مستمر و پایدار تأکید دارند (C1). در ارتباط با شاخص C2، در زیست‌بوم‌های هوشمند شهری، مفهوم «مسکن به‌مثابهٔ یک بستر یادگیری» بر این نکته تأکید دارد که مسکن هوشمند نباید صرفاً به ادغام فناوری محدود شود، بلکه باید ازطریق به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها و تعاملات شبکه‌ای میان ساکنان، یادگیری جمعی را نیز تقویت کند. با الهام از مدل «دانشگاه هوشمند» (Akhrif, 2022) که در آن یادگیری هوشمند و همکاری‌های میان‌رشته‌ای به‌واسطهٔ زیرساخت‌های دیجیتال ممکن می‌شود، مسکن هوشمند نیز می‌تواند از سامانه‌های درون‌ساخته‌ای بهره‌مند شود که فرایندهای یادگیری تطبیقی، مشارکتی و داده‌محور را پشتیبانی می‌کنند. جوامع هوشمند، شبکه‌هایی شبیه به نورون‌های عصبی برای گردآوری داده در سطوح فضایی مختلف (خیابان، محله، واحد مسکونی)، ایجاد می‌کنند که امکان به‌اشتراک‌گذاری بلادرنگ اطلاعات و ارائهٔ خدمات تطبیقی را فراهم می‌سازد (Wang et al., 2024). این رویکرد با هستهٔ اصلی یادگیری جمعی در مسکن هوشمند هم‌راستا است؛ جایی که جریان‌های مشترک داده و زیرساخت‌های دیجیتال، محیط‌های زیستی پاسخ‌گو و مشارکت‌محور را پشتیبانی می‌کنند.فار و همکاران (Far et al., 2024) به بررسی ادغام فناوری بلاک‌چین و یادگیری تقویتی عمیق در شبکه‌های اینترنت اشیا می‌پردازند و نشان می‌دهند که چگونه سامانه‌های غیرمتمرکز می‌توانند حریم خصوصی، امنیت و اشتراک‌گذاری داده‌ها را در شهرهای هوشمند بهبود بخشند. این فناوری‌ها با فراهم‌سازی انتقال کارآمد داده‌های سیار و تبادل امن اطلاعات، یادگیری جمعی را در محیط‌های به‌هم‌پیوسته و داده‌محور تقویت می‌کنند. رویکرد میان‌رشته‌ای این پژوهش، بینش‌هایی ارزشمند دربارهٔ چگونگی ارتقای سازگاری‌پذیری و کارایی سامانه‌های اینترنت اشیا ازطریق شبکه‌های مشارکتی پشتیبانی‌شده با فناوری‌های پیشرفته ارائه می‌دهد (سامانه‌هایی که می‌توانند در مسکن هوشمند نیز استفاده شوند).

ایج و همکاران (Agee et al., 2021) بر اهمیت ادغام سامانه‌های بازخورد کاربران در فرایند طراحی ساختمان‌های هوشمند تأکید می‌کنند. این پژوهش با گردآوری داده‌ها ازطریق نظرسنجی از ساکنان، تحلیل الگوهای مصرف انرژی و انجام مصاحبه‌ها، رویکردی انسان‌محور را اتخاذ می‌کند و از بازخوردها برای هدایت فرایند طراحی بهره می‌گیرد. این چرخهٔ بازخورد تکرارشونده موجب می‌شود سامانه‌های ساختمان هوشمند بیش از پیش با نیازها و ترجیحات واقعی ساکنان هم‌راستا شوند و در نتیجه، هم بهزیستی کاربران و هم عملکرد عملیاتی ساختمان به حداکثر برسد. آریانو و همکاران (Ariano et al., 2023) نیز بر بهبود درگیری و مشارکت کاربران در خودکارسازی محیط‌های هوشمند تأکید دارند و این هدف را ازطریق به‌کارگیری بازنمایی‌های پویا، حساس به زمینه و مبتنی‌بر واقعیت افزوده دنبال می‌کنند. با امکان تعامل کاربران نهایی با حسگرها و اشیای متصل ازطریق تلفن‌های هوشمند و دریافت بازخورد فوری، این رویکرد کاربران را به‌صورت فعال در تعریف و تغییر خودکارسازی‌های محیط خود مشارکت می‌دهد. بازخورد مثبت حاصل از آزمون اولیهٔ کاربران، اثربخشی این طراحی انسان‌محور را نشان می‌دهد که با مفهوم سامانه‌های بازخورد کاربران در محیط‌های هوشمند هم‌راستا است. وارلامیس و همکاران (Varlamis et al., 2022) سامانه‌ای پیشنهاددهندهٔ آنلاین ارائه می‌دهند که بازخورد کاربران را برای بهینه‌سازی رفتارهای صرفه‌جویی انرژی در محیط‌های هوشمند ادغام می‌کند. این سامانه داده‌های حسگر را با عادات و بازخورد کاربران ترکیب می‌کند و توصیه‌های شخصی‌سازی‌شده‌ای برای صرفه‌جویی انرژی ارائه می‌دهد. ارزیابی مستمر پاسخ‌های کاربران به پالایش پیشنهادهای آینده کمک می‌کند و اطمینان می‌دهد که توصیه‌ها به‌موقع و مؤثر باشند، که با مفهوم سامانه‌های بازخورد کاربران برای بهبود تصمیم‌گیری و افزایش مشارکت کاربران (شاخص C3) هم‌راستا است.

زارسیکی (Zarzycki , 2023) به بررسی ادغام AR با فناوری‌های اینترنت اشیا (IoT) در محیط‌های ساخته‌شده می‌پردازد، به‌ویژه در زمینهٔ ساخت‌وساز، استفاده از ساختمان و مدیریت تأسیسات. هم‌افزایی بین AR و IoT نه‌تنها توانایی نمایش داده‌های محیطی به‌صورت بلادرنگ را افزایش می‌دهد، بلکه امکان کنترل فعال سیستم‌های ساختمان در یک زمینهٔ کاربرمحور را نیز فراهم می‌سازد. با ادغام دارایی‌های فیزیکی و مجازی ازطریق پوشش‌های AR، این رویکرد تعامل فضایی را به‌طور چشمگیری بهبود می‌بخشد و رابطی شهودی‌تر برای کاربران ارائه می‌دهد. الریماوی و نَدلر (Al-Rimawi & Nadler, 2025) بر نقش به‌اشتراک‌گذاری داده و یادگیری جمعی در بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند برای توسعهٔ املاک و مستغلات تأکید دارند. ادغام کلان‌داده، GIS و هوش مصنوعی، امکان اشتراک دانش به‌صورت مشارکتی میان ذی‌نفعان را فراهم می‌کند، تصمیم‌گیری را بهبود می‌بخشد و منجر به ایجاد شهرها و املاک هوشمندتر می‌شود. فرانکو و همکاران (Franco et al., 2021) نیز به پایش بار وسایل در مسکن‌های هوشمند با استفاده از روش‌های پایش بار نفوذی و غیرنفوذی می‌پردازند و سامانه‌ای نوآورانه مبتنی‌بر اینترنت اشیا برای شناسایی فعالیت‌ها پیشنهاد می‌کنند. داده‌ها ازطریق لایه‌های مختلف معماری پردازش‌شده و سه مدل یادگیری (شبکهٔ عصبی پیش‌خور، حافظهٔ بلند-کوتاه‌مدت و

ماشین‌بردار پشتیبان)، برای پیش‌بینی فعالیت‌های روزانه براساس الگوهای استفاده از وسایل آزمایش می‌شوند. در زمینهٔ واقعیت افزوده، این رویکرد می‌تواند برای ادغام داده با واقعیت در مسکن هوشمند به‌کار رود و به کاربران امکان دهد مصرف انرژی و فعالیت‌ها را به‌صورت تعاملی مشاهده کنند (شاخص R1).

ایج و همکاران (Agee et al., 2021) ازطریق رویکرد انسان‌محور خود در طراحی خانه‌های هوشمند، بر اولویت و نفوذ زمینه فیزیکی مانند نیازها و رفتارهای کاربران در فضاهای واقعی بر تجربه‌های دیجیتال تأکید می‌کنند؛ موضوعی که با شاخص R2 هم‌راستا است. کِرِپس (Kreps, 2021) در یک فصل کتاب، مفهوم «اطلاعات‌مادی‌بودگی» را معرفی می‌کند تا نشان دهد ابزارها و تبادلات اطلاعاتی دیجیتال به‌طور فزاینده‌ای در زمینهٔ فیزیکی زندگی روزمره جای می‌گیرند و مرز بین دیجیتال و مادی را کمرنگ می‌کنند. این مفهوم با شاخص R2 همخوانی دارد. همان‌طور که کِرِپس بیان می‌کند، تجربهٔ دیجیتال به‌صورت جداگانه تصور نمی‌شود، بلکه در درون زمینهٔ فیزیکی و مادی تعریف می‌شود و از آن تأثیر می‌پذیرد؛ بنابراین تأکید فلسفی بر تقدم و تسلط محیط فیزیکی نسبت به تجربه‌های دیجیتال وجود دارد.

در ارتباط با چارچوب شاخص R3، پوستِیوفسکی و کریشناسوامی (Pustejovsky & Krishnaswamy, 2021) معتقدند که سامانه‌هایVR که فاقد بنیاد بدنی یا انسانی هستند، برای تعامل معنادار انسان- ماشین کافی نیستند. آن‌ها پلتفرم شبیه‌سازی VoxWorld را معرفی می‌کنند؛ سامانه‌ای که تعاملات مجازی بدنی و آگاه به زمینه را با قراردادن هر دو عامل انسانی و مصنوعی در یک محیط شبیه‌سازی‌شدهٔ مشترک ایجاد می‌کند و امکان ادراک و فهم مشترک را فراهم می‌سازد. برخلاف این مطالعه، دزاردانووا و کاساپاکیس (Dzardanova & Kasapakis, 2022) ایدهٔ VR به‌عنوان دستیابی به یک «نمایش نهایی» را رد می‌کنند و در عوض روند تکامل تجربه‌های VR را بررسی می‌کنند؛ تجربه‌هایی که اغلب از تجسم فیزیکی جدا و به محیط‌های دیجیتال کالایی‌شده تبدیل شده‌اند. سارکادی و همکاران (Sarkady et al., 2021) نقش VR را به‌عنوان جایگزینی برای سفر فیزیکی در دوران همه‌گیری covid-19 بررسی می‌کنند، جایی که VR به‌صورت مستقل و بدون نیاز به حضور فیزیکی یا تجربهٔ بدنی استفاده می‌شود. یافته‌ها بر پتانسیل VR به‌عنوان ابزاری برای ایجاد تجربه‌های سفر مجازی تأکید دارند، جایی که کاربران بدون حضور فیزیکی با محیط مجازی تعامل دارند و به‌طور مؤثر سفر واقعی را در دوره‌های ناپایداری جایگزین می‌کنند.

روش پژوهش

این پژوهش از یک رویکرد تحلیلی- تطبیقی بهره می‌گیرد که بر نظریهٔ هوش‌های چندگانهٔ هاوارد گاردنر و نیز ارزیابی ابعاد هوش انسانی، هوش جمعی و هوش مصنوعی استوار است. تمرکز پژوهش بر ارزیابی سه پروژهٔ شاخص مسکن شامل بابکاک رنچ (ایالات متحده امریکا)، بوسکو ورتیکال (ایتالیا) و مسکن مصدر (امارات متحده عربی) است. با بررسی چگونگی هم‌راستایی ویژگی‌های فناورانهٔ این پروژه‌ها با انواع مختلف هوش و گونه‌های متفاوت واقعیت شامل محیط‌های افزوده، مجازی و فیزیکی، این مطالعه در پی ارائهٔ بینش‌هایی دربارهٔ میزان اثربخشی آن‌هاست. گردآوری داده‌ها ازطریق تحلیل کتابخانه‌ای و مبتنی‌بر اسناد منتشرشده انجام شده است که شامل طرح‌های پروژه، پیاده‌سازی‌های فناورانه و الگوهای تعامل کاربران می‌شود. معیارهای ارزیابی براساس میزانی تعریف شده‌اند که این الگوهای مسکونی هوشمندی واقعی ازجمله قابلیت سازگاری، ظرفیت یادگیری و تعامل معنادار را نشان می‌دهند. تحلیل تطبیقی با هدف شناسایی شکاف‌ها و بررسی ظرفیت ادغام ویژگی‌های پیشرفتهٔ هوشمند در مسکن معاصر انجام شده است. شاخص‌های به‌کاررفته در این چارچوب بدون مرور ادبیات نظری مرتبط، انتخاب نشده‌اند، بلکه ازطریق یک سنتز مفهومی مبتنی‌بر نظریه شکل گرفته‌اند که بر چهار بُعد متمایز اما به‌هم‌پیوسته از «هوشمندی» در زمینهٔ مسکن معاصر استوار است:

- **هوش انسانی (HI)**: ریشه‌گرفته از نظریه‌های روان‌شناسی شناختی و روان‌شناسی محیطی، این شاخص‌ها نحوهٔ ادراک، درگیری و ارتباط شناختی انسان با فضا را بازنمایی می‌کنند. منابع مورد استفاده شامل نظریه‌های هوش‌های چندگانه گاردنر، شناخت محیطی و ادبیات مرتبط با شخصی‌سازی فضایی است.
- **هوش مصنوعی (AI)**: برگرفته از ادبیات مربوط به مسکن هوشمند، هوش محیطی و یادگیری ماشین در معماری، این شاخص‌ها نشان می‌دهند که چگونه سامانه‌ها می‌توانند فراتر از خودکارسازی ساده، یاد بگیرند، سازگار شوند و به نمایندگی از کاربران عمل کنند.
- **هوش جمعی (CI)**: مبتنی‌بر مفاهیم طراحی مشارکتی، جامعه‌شناسی شهری و حکمرانی پلتفرم‌محور، این شاخص‌ها بررسی می‌کنند که محیط‌های مسکونی چگونه یادگیری گروهی، بازخورد جمعی و هم‌مدیریتی را پشتیبانی می‌کنند.
- **نوع واقعیت فضایی (Spatial Reality Type)**: توسعه‌یافته براساس نظریهٔ رسانه، مطالعات واقعیت توسعه‌یافته و مجازی و تجسم‌یافتگی معماری، این شاخص‌ها شیوهٔ غالب میانجی‌گری فضایی (فیزیکی، تقویت‌شده با AR یا کاملاً مجازی) را طبقه‌بندی می‌کنند.

هر گروه از شاخص‌ها به‌گونه‌ای تدوین شده‌اند که امکان مقایسه میان پروژه‌ها را فراهم کنند، در عین حال نسبت به نقش‌های خاص فناوری، شناخت و اجتماع در شکل‌دهی به مسکن «هوشمند» حساس باقی بمانند. در مجموع، این شاخص‌ها یک مدل چندبعدی برای ارزیابی گذار از «مسکن هوشمند [فناورانه]»

به محیط‌های زیستی با هوشمندی واقعی ایجاد می‌کنند. برای تعمیق مبنای شناختی چارچوب، هر شاخص با هوش‌های چندگانهٔ گاردنر تطبیق داده شده است:

– **هوش درون‌فردی:** توانایی درک احساسات، نیازها و حالات درونی فرد. این نوع هوش در شاخص‌هایی مانند H1، H 2 و H3 بازتاب می‌یابد؛ جایی که فضا از خودآگاهی، بیان فردی و بهزیستی شناختی حمایت می‌کند.

– **هوش بین‌فردی:** ظرفیت درک دیگران و تعامل مؤثر با آن‌ها. این هوش با H1،H4 و تمامی شاخص‌های CI (C1 و C3) مرتبط است و بر تعامل اجتماعی، همکاری و بازخورد تأکید دارد.

– **هوش منطقی–ریاضی:** مرتبط با تفکر تحلیلی و استدلال مبتنی‌بر سیستم‌ها. این نوع هوش زیربنای اغلب شاخص‌های AI (A1 و A3) و برخی شاخص‌های CI (مانند C۲) است و نشان می‌دهد که چگونه سیستم‌ها استدلال می‌کنند، می‌آموزند و پیش‌بینی انجام می‌دهند.

– **هوش زبانی و هوش موسیقایی:** در H4 نمود می‌یابد؛ جایی که تعامل شناختی با فضا می‌تواند ازطریق زبان بیانی، صدا یا نشانه‌های شنیداری رخ دهد و به شکل‌گیری محیط‌هایی جذاب‌تر کمک کند.

– **هوش بدنی– جنبشی:** در توانایی کاربر برای شخصی‌سازی یا تغییر فیزیکی محیط خود نقش دارد؛ همان‌گونه که در H3 مشاهده می‌شود.

– **هوش فضایی:** ظرفیت تفکر سه‌بعدی. این هوش در A2 (انطباق فضایی)، R1 و R3 (درگیری با محیط‌های فیزیکی، واقعیت افزوده یا واقعیت مجازی) دیده می‌شود و ناوبری حسی در فضا را پشتیبانی می‌کند.

– **هوش طبیعی:**توانایی ادراک و تعامل با الگوها و محیط‌های طبیعی. این نوع هوش در R2 مدنظر قرار می‌گیرد؛ جایی که غلبهٔ تجربه‌های فیزیکی (اغلب بوم‌شناختی) ارزیابی می‌شود و به‌ویژه برای طراحی‌های زیست‌دوست یا ادغام‌شده با طبیعت، مانند نمونه بوسکو ورتیکال، اهمیت دارد.

– **هوش وجودی:** (که اغلب به‌عنوان «هوش نهم» مورد بحث است) در R3 ظاهر می‌شود و به پیامدهای فلسفی و تجسم‌یافتهٔ سکونت در فضاهای مجازی، با یا بدون اتکا به حضور انسانی، پیوند دارد.

این نگاشت شناختی، تضمین می‌کند که این چارچوب نه‌تنها عملکرد تکنولوژیکی، بلکه HI های متنوعی را که در سکونت و ایجاد مشترک محیط‌های زندگی هوشمند دخیل هستند، نیز در بر می‌گیرد.

نمونه‌های مورد مطالعه

به‌منظور بررسی تطبیقی میزان حضور و نحوهٔ تعامل اشکال مختلف هوش (انسانی، مصنوعی و جمعی) در بستر واقعیت‌های فناورانه و فضایی متنوع، سه پروژهٔ شاخص مسکن هوشمند انتخاب شده‌اند:

• بابکاک رنچ (فلوریدا، ایالات متحده آمریکا) (۲۰۳۵–۲۰۱۵)

بابکاک رنچ نمونه‌ای از نسل جدید مسکن هوشمند است که بر پایهٔ حفاظت محیط‌زیست و یکپارچگی فناوری شکل گرفته است. در این پروژه، ۵۰ درصد از اراضی به فضاهای سبز اختصاص یافته و ۹۰ درصد توسعه روی اراضی پیش‌تر تحت‌تأثیر فعالیت‌های انسانی انجام شده است. جامعه شهری بابکاک رنچ با تمرکز بر احیا، پایداری و تاب‌آوری بوم‌شناختی طراحی شده است. واحدهای مسکونی مطابق با استانداردهای ساختمان سبز فلوریدا ساخته شده‌اند و حفاظت از منابع آب ازطریق استفاده از پوشش گیاهی بومی و سامانه‌های اکوهیدرولوژیک، مانند مجموعه حفاظت‌شدهٔ دریاچه کری، در ساختار طرح نهادینه شده است. تعامل اجتماعی و یادگیری جمعی ازطریق باغ‌های محلی، پارک‌ها و زیرساخت‌های دیجیتال تقویت می‌شود و همین امر بابکاک رنچ را به‌عنوان یک «آزمایشگاه زنده» برای زیست شهری هوشمند و ادغام‌شده با طبیعت معرفی می‌کند (Babcock Ranch, 2025). همان‌گونه که در (تصویر ۷) نشان داده شده است، این جامعهٔ شهری با تلفیق گستردهٔ فضاهای سبز، احیای اکولوژیک و زیرساخت‌های هوشمند، نمونه‌ای شاخص از زیست شهری پایدار و مبتنی‌بر طبیعت را به نمایش می‌گذارد.

• بوسکو ورتیکال (میلان، ایتالیا) (۲۰۱۴– ۲۰۰۷)

مدل «درختکاری انبوه عمودی» بوسکو ورتیکال که به‌عنوان امضای معماری استفانو بوئری شناخته می‌شود، طراحی زیست‌دوست و هوش بوم‌شناختی را در بستر مسکن متراکم شهری ادغام می‌کند. یکپارچه‌سازی پوشش گیاهی با سامانه‌های پاسخ‌گوی محیطی، پوسته‌ای زنده را شکل می‌دهد که امکان تعامل انسان و طبیعت را فراهم می‌سازد و هم‌زمان از سامانه‌های دیجیتال برای پایش و نگهداشت بهره می‌گیرد (Vertical Forest, n.d.; Giacomello & Valagussa, 2015). برج‌های مسکونی این پروژه (تصویر ۸) با برخورداری از سبزینگی عمودی، تعامل انسان با طبیعت را تقویت کرده و در عین حال، سامانه‌های پایش محیطی را در خود جای داده‌اند.

• مسکن مصدر (شهر مصدر، امارات متحده عربی)

واحدهای مسکونی مصدر، به‌عنوان بخشی از چشم‌انداز کلان یک شهر هوشمند، بر خودکارسازی پایدار، رابط‌های تقویت‌شده با AR و بهینه‌سازی انرژی در مقیاس اجتماع تأکید دارند. این پروژه به‌واسطهٔ تلاش برای ایجاد توازن میان خودمختاری فناورانه و آگاهی بوم‌شناختی جمعی، شاخص است. مسکن مصدر ضمن پذیرش الگوهای زیست معاصر، می‌کوشد تأثیری مثبت بر محیط‌زیست بر جای گذارد. همستان مسکونی شهر مصدر با طراحی کم‌مصرف ازنظر انرژی و آب، بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند، پارک‌های سبز و امکانات رفاهی

مناسب همراه است (Sustainability at Masdar City, n.d.; El-Aby, 2017; Kumar, 2022). براین‌اساس، همان‌گونه که در (تصویر ۹) نشان داده شده است، واحدهای مسکونی با ادغام فناوری‌های هوشمند، طراحی کارآمد ازنظر انرژی و آب و فضاهای سبز جمعی، زیستی پایدار و مبتنی‌بر فناوری را پشتیبانی می‌کنند.

این نمونه‌ها نمایندهٔ جغرافیاها و ایدئولوژی‌های طراحی متفاوتی هستند و بستری غنی برای مقایسهٔ چگونگی تجسم یا فاصله‌گیری الگوهای مسکن هوشمند از اشکال مختلف هوش و واقعیت‌هایی که بر آن‌ها اولویت می‌دهند (فیزیکی واقعیت افزوده یا واقعیت مجازی) فراهم می‌کنند. تنوع این مطالعات موردی، با امکان راستی‌آزمایی بین‌موردی الگوها و تمایزها، اعتبار تحلیلی پژوهش را تقویت می‌کند و در عین حال، عمق مقایسه‌ای آن، اتکاپذیری تفسیری مطالعه را پشتیبانی می‌کند.

یافته‌ها

این بخش یافته‌های مقایسه‌ای سه پروژهٔ مسکونی انتخاب‌شده را براساس چارچوب هوش‌های چندگانه پیشنهادی ارائه می‌دهد.

ازطریق مجموعه‌ای از جداول ارزیابی، هر پروژه در ابعاد کلیدی زیر تجزیه‌وتحلیل می‌شود: HI (جدول ۴)، CI (جدول ۵)، AI (جدول ۶) و نوع واقعیت فضایی- محیطی (جدول ۷). نمودار رادار ترکیبی (تصویر ۱۰) در پایان، خلاصه‌ای بصری از چگونگی تجسم یا فقدان جنبه‌های هوش واقعی فراتر از هوشمندی [فناورانه] مرسوم در هر توسعه ارائه می‌دهد.

یافته‌های اکولوژیکی مربوط به کانال‌های مصنوعی در بابکاک رنچ پتانسیل شخصی‌سازی محیطی را نشان می‌دهد، زیرا مداخلات منظر به‌صورت پویا به داده‌های اکولوژیکی و تاب‌آوری گونه‌های بومی پاسخ می‌دهند (Ceilley et al., 2013). توانایی جامعه در حفظ خدمات حیاتی در طول طوفان ایان، اثربخشی استراتژی‌های طراحی شناختی و سازگار با محیط‌زیست در بابکاک رنچ، ازجمله ساخت‌وساز سازگار با محی زیست و مدیریت تطبیقی آب را برجسته می‌کند (Cifrino & Perez, 2024).

در همسایگی بوسکو ورتیکال، ساکنان در واکنش به سبزسازی انحصاری و از بالا به پایین، با ایجاد یک باغ اجتماعی عمومی پاسخ دادند؛ اقدامی که نوعی شخصی‌سازی محیطی و تعامل از پایین به بالا را نشان می‌دهد (Di Paola, 2021) که

تصویر ۷. بابکاک رنچ (فلوریدا، ایالات متحده آمریکا). مأخذ: نگارندگان برگرفته از www.openstreetmap.org; Babcock Ranch, 2025.

تصویر ۸. بوسکو ورتیکال (میلان، ایتالیا). مأخذ: نگارندگان برگرفته از www.openstreetmap.org; Vertical Forest, n.d.

تصویر۹. مسکن مصدر (شهر مصدر، امارات متحده عربی)، مأخذ: نگارندگان برگرفته از www.openstreetmap.org; www.masdarcity.ae.

منعکس‌کنندهٔ جنبه‌های کلیدی هوش انسانی در فضای شهری است. بوسکو ورتیکال به یک تجربهٔ شهری معنادار کمک می‌کند، همان‌طور که توسط پژوهش‌ها در مورد شیوه‌های فضایی روزانه و تعاملات زندهٔ ساکنان و بازدیدکنندگان آن نشان داده شده است (Visser, 2019). چنین معماری سبزی می‌تواند ارتباط شخصی و بین فردی با فضا را افزایش دهد، به‌خصوص هنگامی که دسترسی فراگیر پشتیبانی می‌شود. کالوگروپولوس و همکاران (Kalogeropoulos et al., 2024)، نشان می‌دهند که چگونه مناطق سبز سایه‌دار در بوسکو ورتیکال، دمای سطح و هوا را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهند و از آسایش شناختی و جسمی کاربران پشتیبانی می‌کنند. وجود مواد طبیعی در مقابل مواد مصنوعی همچنین ارتباط قوی بین ادراک محیطی و رفاه حرارتی را نشان می‌دهد. طراحی بوسکو ورتیکال، با استفاده از پوشش گیاهی برای جذب CO_2، تولید اکسیژن و کاهش اثر جزیرهٔ گرمایی شهری، درجهٔ بالایی از آگاهی زیست‌محیطی را منعکس می‌کند (Donderewicz & Zawada, 2023)، که گواه روشنی از هوش انسانی در پرداختن به چالش‌های زیست‌محیطی ازطریق معماری است.

اهمیت «مصدر» تنها به ساخت یکی از پایدارترین شهرهای جهان یا سبک زندگی جذاب آن محدود نمی‌شود (H2)؛ بلکه در توانایی آن در دستیابی به این هدف با بهره‌وری اقتصادی بالا نیز نهفته است. این امر ازطریق برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری دقیق که از تکنیک‌های اقتصادی پیشرفته و ادغام آنها در سیستم‌های پیشرفته‌ای که قادر به کاهش هزینه‌ها و مدیریت مصرف مواد هستند (H3) انجام می‌شود (Madakam & Ramaswamy, 2016; El-Aby, 2017; Abou Zahr, 2025). ساختمان‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که جریان هوای خنک را به حداکثر برسانند، به‌ویژه در فضای عمومی زیر ساختمان، که به‌ویژه در آب و هوای بسیار گرم مصدر مفید است. مصالح ساختمانی با هدف به حداکثر رساندن بهره‌وری انرژی و راحتی در سراسر ساختمان‌ها استفاده می‌شوند (Madakam & Ramaswamy, 2016).

ارزیابی شاخص‌های HI در سه پروژهٔ مسکونی انتخاب‌شده (جدول ۴)، رویکردهای متمایزی را برای پرداختن به تعامل انسان‌محور در محیط‌های مسکونی نشان می‌دهد. در مورد H1، که مربوط به امکان تعامل معنادار است، بابکاک رنچ و مسکن مصدر، عملکرد قوی‌تری را نشان می‌دهند، زیرا طراحی فضایی، زیرساخت مشارکتی و تأکید بر مشارکت اجتماعی، از تعاملات غنی اجتماعی و بین فردی پشتیبانی می‌کند. در مقابل، بوسکو ورتیکال، بیشتر بر تعامل درونی با طبیعت تمرکز دارد و به جای تعامل اجتماعی، تأمل فردی را تقویت می‌کند. برای H2، که مربوط به طراحی براساس نیازهای روانی یا شناختی کاربر است، هر سه پروژه آسایش روانی را به‌عنوان یک اولویت در نظر می‌گیرند. بااین‌حال، این امر به‌طور واضح‌تری در بابکاک رنچ و بوسکو ورتیکال محقق شده است، یکی ازطریق تعامل فعال اجتماعی و محیطی، دیگری ازطریق طراحی بیوفیلیک عمودی و آرامش حسی. ازنظر H3 یا توانایی کاربران برای شخصی‌سازی محیط خود، بابکاک و مصدر انعطاف‌پذیری و کنترل بیشتری را، چه ازنظر فضایی و چه ازنظر فناوری، ارائه می‌دهند، درحالی‌که طراحی بسیار رسمی بوسکو گزینه‌های شخصی‌سازی محدودی را ارائه می‌دهد. در مورد H4 که استفاده از عناصر بیانی، شنیداری یا زبانی را ارزیابی می‌کند، هیچ یک از پروژه‌ها مستقیماً این ویژگی‌ها را اجرا نمی‌کنند. بااین‌حال، بیان غیرمستقیم تا حدی ازطریق فرم معماری، طراحی مشارکتی یا نشانه‌های محیطی حاصل می‌شود. به‌طور کلی، بابکاک رنچ با تمرکز قوی بر تعامل اجتماعی و رفاه روانی، بالاترین همسویی را با شاخص‌های HI نشان می‌دهد. بوسکو ورتیکال در ارتقای سلامت روان فردی ازطریق ادغام طبیعت،

جدول ۴. ارزیابی HI. مأخذ: نگارندگان برگرفته از مستندات رسمی پروژه و توضیحات طراحی، شامل Vertical Forest, n.d.; Sustainability at Masdar City, n.d.; Ceilley et al., 2013; Madakam & Ramaswamy, 2016; Karayaneva & Coleman, 2017; El-Aby, 2017; Visser, 2019; Di Paola, 2021; Donderewicz & Zawada, 2023; Cifrino & Perez, 2024; Kalogeropoulos et al., 2024; Abou Zahr, 2025; Babcock Ranch, 2025.

پروژه	H1: تعامل معنادار (درون فردی/ بین فردی)	H2: طراحی روانشناختی/ شناختی	H3: شخصی‌سازی محیطی	H4: عناصر بیانی، شنیداری یا زبانی	ارزیابی کلی HI
بابکاک رنچ، فلوریدا	تعامل اجتماعی را ازطریق پارک‌ها، باغ‌ها، مسیرهای پیاده‌روی و پلتفرم‌های دیجیتال ارتقا می‌دهد؛ مدیریت و یادگیری اجتماعی را تقویت می‌کند.	طراحی با بهره‌گیری از فضاهای سبز، مصالح کم‌اثر (زیست‌محیطی) و تقویت پیوندهای اجتماعی، به ارتقای بهزیستی ساکنان کمک می‌کند.	ساکنان ازطریق شیوه‌های پایداری، زیرساخت‌های مشترک و سیستم‌های انرژی خانگی با محیط‌زیست تعامل دارند.	هیچ سیستم شنیداری/ زبانی مستقیمی وجود ندارد، اما ابزارهای یادگیری مبتنی‌بر جامعه و مشارکتی، بیان شناختی را منعکس می‌کنند.	بالا (دارای انسجام اجتماعی + سازگاری با محیط زیست)
	خیلی زیاد - تمرکز اجتماعی و مشارکتی قوی	بالا- زیرساخت‌های سبز و برنامه‌ریزی پاسخگو	بالا- گزینه‌های شخصی‌سازی اکوهوشمند	پایین- طراحی رابط کاربری حداقلی و قابل تفهیم	
بوسکو ورتیکال، میلان	ارتباط فردی با طبیعت را تشویق می‌کند؛ ساکنان از مزایای روانی فضای سبز عمودی سود می‌برند..	طراحی نمای سبز از آسایش روانی، کاهش استرس و بازیابی شناختی پشتیبانی می‌کند.	ویژگی‌های هوشمند محدودی دارد، اما تجربهٔ محیطی به‌طور غیرمستقیم ازطریق احاطهٔ طبیعی شخصی‌سازی می‌شود.	هیچ سیستم بیانی مستقیمی وجود ندارد، اما زبان معماری شاعرانه، واکنش عاطفی را برمی‌انگیزد.	متوسط تا زیاد (گرایش به طبیعت)
	بالا- تعامل غیرمستقیم اجتماعی و مرتبط با طبیعت	متوسط - پاسخ بیوفیلیک بدون فناوری کاربرمحور	متوسط - برخی شخصی‌سازی‌های فضایی (مانند بالکن‌ها)	پایین - بیان‌پذیری عمدتاً بصری	
مسکن مصدر، امارات متحده عربی	طرح‌ها بر زندگی پایدار و تعامل اجتماعی ازطریق فضاهای خنک‌کنندهٔ غیرفعال و فضاهای مشترک تأکید دارند.	طراحی موجب افزایش آسایش ازطریق معماری حساس به آب‌وهوا و کنترل غیرفعال محیطی می شود.	برخی سازگاری‌ها در سیستم‌های هوشمند از طریق شخصی‌سازی و ردیابی انرژی و کنترل محیط در خانه‌ها محقق شده است..	بیان مستقیم محدود، اگرچه طراحی محیطی نشانه‌های محیطی و زبان فضایی نمادین را ترویج می‌دهد.	متوسط (تکنولوژی- تعادل محیط زیست)
	متوسط - برخی زیرساخت‌های اجتماعی، اما متمرکز	بالا - پاسخگو به اقلیم و پایداری	پایین تا متوسط - انعطاف‌پذیری کمتر کاربر	پایین - عدم تأکید بر رابط‌های بیانی یا زبانی	

سرآمد است، درحالی‌که مسکن مصدر، ترکیبی متعادل از تعامل اجتماعی، طراحی محیطی (Karayaneva & Coleman, 2017) و شخصی‌سازی ارائه می‌دهد، هرچند فاقد سیستم‌های تعامل صریح بیانی یا شنیداری است.

پیاده‌سازی IoT در بوسکو ورتیکال، امکان پایش مستمر سلامت گیاهان و شرایط محیطی را فراهم می‌کند و سیستم‌های آبیاری را ازطریق خودکارسازی هوشمند بهینه می‌سازد (Donderewicz & Zawada, 2023). شهر مصدر نیز با هدف یکپارچه‌سازی استفاده از GIS در تمامی جنبه‌ها، برای برنامه‌ریزی شهر تلاش می‌کندT از اطمینان از کارآمد بودن فرایند ساخت و تولید صفر ضایعات تا برنامه‌ریزی شبکه‌های حمل‌ونقل و انرژی برای پاسخگویی به تقاضای بالقوه و گنجاندن سیستم‌های پایش در زیرساخت فیزیکی شهر (Madakam & Ramaswamy, 2016). در پروژهٔ شهر مصدر، AI نقش مهمی در شکل‌دهی به محیط‌های شهری پایدار و کارآمد ایفا می‌کند. با بهره‌گیری از فناوری‌های هوش مصنوعی، این پروژه می‌تواند مجموعهٔ داده‌های بزرگ را به سرعت و با دقت تجزیه‌وتحلیل کند و راه‌حل‌های نوآورانهٔ طراحی شهری را که نیازهای انسانی و چالش‌های زیست‌محیطی را برطرف می‌کنند، امکان‌پذیر سازد. هوش مصنوعی برای خودکارسازی وظایف تکراری، بهینه‌سازی مدیریت منابع، افزایش اقدامات ایمنی و بهبود کلی کیفیت زندگی ساکنان استفاده می‌شود. ادغام ابزارهای مبتنی‌بر هوش مصنوعی، تصمیم‌گیرندگان را در توسعهٔ زیرساخت‌های هوشمندتر، ارتقای پایداری و تضمین یک اکوسیستم شهری انعطاف‌پذیر پشتیبانی می‌کند. ازطریق این کاربردها، شهر مصدر نمونه‌ای از چگونگی ادغام مؤثر هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری برای ایجاد یک فضای شهری قابل سکونت‌تر، سازگارتر با محیط‌زیست و نوآورانه است (Elsakka & Kamer Eldawla, 2024).

بابکاک رنچ، استفادهٔ قوی از داده‌ها، اتوماسیون و سیستم‌های یادگیری، به‌ویژه در خدمات انرژی و محیط‌زیست را نشان می‌دهد و به‌طور مداوم در تمام ابعاد مرتبط با هوش مصنوعی رتبه‌های بالایی کسب می‌کند (Babcock Ranch, 2025). در

مقابل، بوسکو ورتیکال بیشتر به هوش اکولوژیکی غیرفعال متکی است تا هوش مصنوعی پیشرفته. این مجموعه در تمام شاخص‌ها امتیاز متوسط کسب می‌کند. مسکن مصدر، ویژگی‌های پیشرفتهٔ AI و کنترل محیطی در زمان واقعی را ادغام می‌کند و آن را در سطح بالایی مشابه بابکاک قرار می‌دهد، هرچند بیشتر بر پایداری و کارایی متمرکز است (جدول ۵). تاب‌آوری هماهنگ بابکاک رنچ، در طول طوفان ایان و درس‌های قابل انتقالی که برای توسعهٔ شهری آینده ارائه می‌دهد، نمونه‌ای از آمادگی سیستمی و یادگیری جمعی در عمل است (Cifrino & Perez, 2024). در همسایگی بوسکو ورتیکال، اقدام جمعی گروه‌های محلی در مقابله با پروژه‌های سبز انحصاری و ایجاد یک باغ دموکراتیک و تحت مدیریت جامعه، نمونه‌ای از هوش جمعی ازطریق تحول شهری مشارکتی است (Di Paola, 2021). تفسیرهای متعدد از بوسکو ورتیکال، توسط کاربران و برنامه‌ریزان (Visser, 2019) نوعی هوش جمعی را منعکس می‌کند، که در آن تکامل همزمان نیت متخصص و تجربهٔ فضایی روزمره، ارزش درک‌شده از زیرساخت‌های شهری سبز را شکل می‌دهد. ادغام اندازه‌گیری‌های بلادرنگ، سنجش از دور و مدل‌سازی الگوریتمی در مطالعهٔ بوسکو ورتیکال (Kalogeropoulos et al., 2024) نشان‌دهندهٔ یک رویکرد توزیع‌شده و مشارکتی به هوش اقلیمی شهری است. رویکردی که یادگیری مداوم و طراحی تطبیقی را در سیستم‌های شهری امکان‌پذیر می‌کند. ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان برای مدل‌سازی سازه، جریان هوا و محیط‌زیست در بوسکو ورتیکال، با گردهم‌آوردن رشته‌های مختلف برای دستیابی به زندگی شهری پایدار و کارآمد، نمونه‌ای از هوش مشارکتی است (Donderewicz & Zawada, 2023). با وجود هدف قراردادن یک سبک زندگی پایدار و متنوع در شهر مصدر، مشارکت اجتماعی در طول برنامه‌ریزی اغلب به‌دلیل فقدان جوامع پایدار در نزدیکی، نادیده گرفته می‌شود. مشارکت ساکنان ازطریق جلسات برای رسیدگی به نیازهای آنها و اطمینان از همسوبودن توسعه با سبک زندگی محلی ضروری است (El-Aby, 2017).

در میان سه مطالعه موردی، بابکاک رنچ، قوی‌ترین ادغام اصول هوش جمعی را نشان می‌دهد. این پروژه ابزارهای متعددی برای مشارکت جامعه ارائه می‌دهد، یادگیری جمعی را ازطریق داده‌های محیطی و رفتاری به‌هم‌پیوسته ترویج، سیستم‌های بازخورد قابل دسترسی را ازطریق پلتفرم‌های دیجیتال ارائه می‌دهد و امتیاز

جدول ۵. ارزیابی AI. مأخذ: نگارندگان برگرفته از مستندات رسمی پروژه و توضیحات طراحی، شامل Vertical Forest, n.d.; Sustainability at .Masdar City, n.d.; Madakam & Ramaswamy, 2016; Kumar, 2022; Donderewicz & Zawada, 2023; Elsakka & Kamer Eldawla, 2024; Kalogeropoulos et al., 2024; Babcock Ranch, 2025.

پروژه	A1: سیستم‌های یادگیری و خودبهینه‌ساز	A2: اتوماسیون تطبیقی (فراتر از پیش‌برنامه‌نویسی)	A3: استفاده از داده‌ها برای پیش‌بینی نیازهای ساکنان	ارزیابی کلی AI
بابکاک رنچ، فلوریدا	بابکاک رنچ، سیستم‌های داده‌محور را برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و پایداری زیست‌محیطی، با مسکن هوشمندهایی که با نیازهای ساکنان و قابلیت‌های یادگیری سازگار می‌شوند، در بر می‌گیرد.	زیرساخت‌های شهر از داده‌های بلادرنگ برای تنظیم پویای خدماتی مانند روشنایی، مدیریت پسماند و مصرف انرژی استفاده می‌کنند که نشان‌دهندهٔ اتوماسیون تطبیقی است.	استفاده از داده‌های حسگرهای محیطی و سیستم‌های انرژی خانگی به پیش‌بینی و پاسخگویی به نیازهای ساکنان، مانند تنظیم دما و بهینه‌سازی استفاده از منابع، کمک می‌کند.	بالا (سیستم‌های پایداری قوی مبتنی‌بر داده و فناوری‌های پیش‌بینی)
	بالا- سیستم‌های هوشمند و واکنش‌گرا، مصرف انرژی را بهینه می‌کند و با رفتار کاربر سازگار می‌شوند.	بالا- پروژه شامل زیرساخت پویا برای انرژی، روشنایی و مدیریت پسماند است.	بالا- داده‌های محیطی و مسکونی در لحظه، نیازها را پیش‌بینی می‌کنند.	
بوسکو ورتیکال، میلان	بوسکو ورتیکال بر طراحی بیوفیلیک و معماری سبز تمرکز دارد، اگرچه در درجهٔ اول خودبهینه‌ساز نیست، اما سیستم‌های اکولوژیکی را که به صرفه‌جویی در انرژی و بهبود کیفیت هوا کمک می‌کنند، ادغام می‌کند.	درحالی‌که اتوماسیون مستقیم محدودی وجود دارد، طراحی محیطی، بهره‌وری انرژی را ازطریق سیستم‌های طبیعی ارتقا می‌دهد و از تلاش‌های پایداری پشتیبانی می‌کند.	داده‌های مربوط به عوامل محیطی (مثلاً کیفیت هوا) و مصرف انرژی به تنظیم عملکردهای ساختمان کمک می‌کند، اگرچه این سیستم‌ها در پیش‌بینی نیازهای فردی چندان پیشرفته نیستند.	متوسط (تأکید بر سیستم‌های اکولوژیکی به‌جای اتوماسیون تکنولوژیکی)
	متوسط - طراحی کنونی با سیستم‌های اکولوژیکی غیرفعال، سازگاری هوشمند محدود. شناخته می شود	متوسط - اتوماسیون عمدتاً محیطی است، نه کاربرمحور.	متوسط- داده‌ها کارایی را بهبود می‌بخشند اما فاقد عمق پیش‌بینی هستند.	
مسکن مصدر، امارات متحده عربی	سیستم‌های خانهٔ هوشمند مصدر شامل انرژی‌های تجدیدپذیر، ذخیره‌سازی انرژی و یادگیری تطبیقی هستند که مصرف انرژی را براساس الگوها و نیازهای ساکنان بهینه می‌کنند.	سیستم‌های تطبیقی در خانه‌ها به ساکنان این امکان را می‌دهند که مصرف انرژی و کیفیت هوا را کنترل و بهینه کنند و سطح قابل توجهی از اتوماسیون پویا و آگاه از شرایط را نشان می‌دهند.	داده‌های حاصل از واحدهای مسکونی هوشمند و حسگرهای شهری، پیش‌بینی‌های مربوط به مصرف انرژی، شرایط محیطی و نیازهای آسایش ساکنان را امکان‌پذیر می‌سازد.	بالا (فناوری هوشمند نوآورانه و سیستم‌های مبتنی‌بر داده‌های زیست‌محیطی)
	بالا- سیستم‌های هوشمند، انرژی‌های تجدیدپذیر و شرایط خانه را بهینه می‌کنند.	بالا- سیستم‌های محیطی با استفاده و آب‌وهوا سازگار می‌شوند.	بالا- داده‌های حسگر از پیش‌بینی راحتی و استفاده پشتیبانی می‌کنند.	

بالا تا بسیار بالایی را در تمام شاخص‌ها کسب می‌کند. جلسات چشم‌اندازسازی و مذاکرات با ائتلاف‌های زیست‌محیطی، تلاش پروژه برای گنجاندن هوش جمعی در مراحل اولیهٔ طراحی آن را نشان می‌دهد (Bernstein, 2006). بابکاک رنچ، صرفاً یک پروژهٔ املاک و مستغلات خصوصی نبود، بلکه نتیجهٔ تعامل پیچیده بین استراتژی‌های حفظ زمین به رهبری دولت و بلندهمتی‌های توسعهٔ خصوصی بود. به‌عنوان بزرگترین تملک در تاریخ برنامه فلوریدا برای همیشه و برنامهٔ حفاظتی ۲۰۰۰، این پروژه نشان‌دهندهٔ تنش‌های گسترده‌تر بین حفظ محیط‌زیست و مدیریت رشد شهری در فلوریدا است (Higgins & Paradise, 2017). در مقابل، بوسکو ورتیکال، ویژگی‌های جمعی حداقلی را نشان می‌دهد. تمرکز آن همچنان بر تجربهٔ فردی و بهره‌مندی‌های منفعلانهٔ زیست‌محیطی است و سازوکارهای محدودی برای مشارکت یا یادگیری جمعی در آن وجود دارد، که منجر به امتیازات پایین در اکثر شاخص‌های CI می‌شود. مسکن مصدر، رویکردی متعادل‌تر اما میانه‌رو ارائه می‌دهد. درحالی‌که برخی از سیستم‌های مبتنی‌بر داده را برای یادگیری محیطی ادغام و امکان ورود محدود ساکنان را فراهم می‌کند، ابزارهای رسمی برای تصمیم‌گیری جمعی هنوز درحال ظهور هستند. به‌طور کلی، بابکاک رنچ، یک مدل بالغ‌تر و مشارکتی‌تر از CI را نشان می‌دهد که جامعه، فناوری و پایداری را در یک چارچوب منسجم همسو می‌کند (جدول ۶).

ارزیابی واقعیت فضایی در سه پروژهٔ مسکونی (جدول ۷) جهت‌گیری‌های متمایزی را در ادغام لایه‌های فیزیکی و دیجیتال نشان می‌دهد. بوسکو ورتیکال تأکید زیادی بر واقعیت فیزیکی دارد، بدون استفاده از AR یا VR و تعامل عمیقاً تجسم‌یافته با طبیعت، که نشان‌دهندهٔ تسلط بسیار زیاد بر بافت فیزیکی است. بابکاک رنچ، درحالی‌که مبتنی‌بر تعامل اکولوژیکی و اجتماعی است، ازطریق داشبوردها و سیستم‌های نظارتی، پوشش‌های دیجیتالی متوسطی را در خود جای داده است، اگرچه فاقد اجزای فراگیر AR یا VR است. در مقابل، مسکن مصدر، ترکیبی متعادل از سیستم‌های دیجیتال و فیزیکی را ارائه می‌دهد. زیرساخت هوشمند آن امکان یک تجربهٔ نیمه‌افزوده را فراهم می‌کند، هرچند کاملاً فراگیر نیست، درحالی‌که همچنان یک طراحی ملموس و پاسخگو به آب‌وهوا را حفظ می‌کند. در تمام پروژه‌ها، سیستم‌های واقعیت مجازی غیرجسمانی یا وجود ندارند یا حداقل هستند، که نشان‌دهندهٔ تعهد گسترده‌تر معماری به تعامل تجسم‌یافته و زمینه‌ای است.

نمودار رادار زیر (تصویر ۱۰) ترسیمی مقایسه‌ای از سه پروژهٔ مسکونی در چهار بُعد اصلی هوش ارائه می‌دهد. هر بُعد براساس مجموعه‌ای از زیرشاخص‌های کیفی (مثلاً H1،H1د4 برای HI) ارزیابی می‌شود و امکان تجزیه‌وتحلیل دقیقی از چگونگی ادغام جنبه‌های مختلف هوش و واقعیت در هر پروژه را فراهم می‌کند. برای ارزیابی هر شاخص از یک مقیاس کیفی پنج امتیازی استفاده می‌شود: خیلی بالا = ۵، بالا = ۴، متوسط = ۳، پایین = ۲، خیلی پایین = ۱. این مقیاس امکان تبدیل ارزیابی‌های توصیفی به مقایسه‌های گرافیکی و کمّی مناسب برای نمایش نمودار رادار را فراهم می‌کند.

نمودار رادار نشان می‌دهد که بابکاک رنچ به‌دلیل تعامل اجتماعی قوی، سیستم‌های تطبیقی و پلتفرم‌های مشارکت مدنی، به‌طور مداوم در تمام ابعاد هوش، به‌ویژه در HI و CI، عملکرد خوبی دارد. این نمودار تعامل متوسطی با AR اما استفادهٔ محدود از فناوری‌های VR، فراگیر را نشان می‌دهد. بوسکو ورتیکال، درحالی‌که در طراحی روانشناختی و بیوفیلیک بسیار موفق است، در سازگاری دیجیتال و زیرساخت CI امتیاز کمتری کسب می‌کند. تجربهٔ فضایی آن به شدت مبتنی‌بر واقعیت فیزیکی و تعامل طبیعی است اما فاقد عمق دیجیتال است. مسکن مصدر، در AI و طراحی پاسخگو به آب پوهوا امتیاز بالایی کسب می‌کند و عملکرد متوسطی در ابعاد HI و CI دارد. این شهر فناوری‌های هوشمند را به‌طور مؤثر اتخاذ می‌کند اما هنوز فاقد سیستم‌های بازخورد قوی مبتنی‌بر کاربر و عناصر دیجیتال گویا است.

بحث

• ادغام هوش‌های چندگانه در مسکن معاصر

در این تحلیل، ارزیابی هر پروژه با انواع خاصی از هوش مطابق با مدل گاردنر، همسو است. امتیاز هر پروژه نشان می‌دهد که چگونه هوش‌های مختلف در طراحی فیزیکی و دیجیتال فضاها ادغام می‌شوند. تحلیل مقایسه‌ای شاخص‌های هوش در سه پروژهٔ مسکونی نشان می‌دهد که بابکاک رنچ، در ادغام هوش‌های بین فردی و محیطی [فضایی] ازطریق طراحی مشارکتی و سیستم‌های هوشمند برتری دارد. در مقابل، بوسکو ورتیکال همسویی قوی‌تری با هوش‌های فضایی و طبیعی نشان می‌دهد و بر طراحی بیوفیلیک بر تعامل جمعی تأکید دارد. مسکن مصدر تعادلی تکنولوژیکی-محیطی را نشان می‌دهد که از هوش‌های منطقی و درون فردی بهره می‌برد اما فاقد عمق بیانی و بین فردی است.

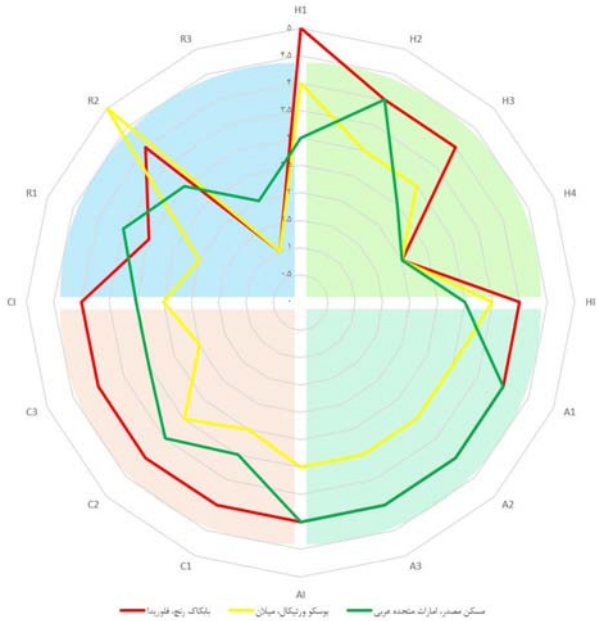
ابعاد هوش انسانی (H1، H4): بابکاک رنچ با تقویت خودآگاهی و تعامل اجتماعی قوی ازطریق مشارکت اجتماعی و زندگی سبز، ادغام جامعی از هوش‌های درون فردی و بین فردی (H1) را نشان می‌دهد. همچنین در طراحی روانشناختی و منطقی (H2) سرآمد است و زیرساخت‌های پایداری را ارائه می‌دهد که رفاه را با وضوح شناختی متعادل می‌کند. این پروژه ازطریق محیط‌های فعال در فضای باز، از تعامل بدنی-جنبشی (H3) پشتیبانی می‌کند، اگرچه در عناصر بیان زبانی یا موسیقیایی (H4) محدود است. در مقابل، بوسکو ورتیکال بر ارتباط با طبیعت و ترمیم روانشناختی (H1، H2) تأکید دارد، اما فاقد تعامل بدنی فعال (H3) است و بیشتر به بیان بصری تا کلامی متکی است (H4). مسکن مصدر در حد وسط قرار دارد: طراحی آن آگاهی اجتماعی و محیطی

جدول ۶. ارزیابی CI. مأخذ: نگارندگان برگرفته از مستندات رسمی پروژه و توضیحات طراحی، شامل Vertical Forest, n.d.; Sustainability at Masdar City, n.d.; Bernstein, 2006; Higgins & Paradise, 2017; El-Aby, 2017; Di Paola, 2021; Visser, 2019; Kumar, 2022; Donderewicz& Zawada, 2023; Kalogeropoulos et al., 2024; Babcock Ranch, 2025.

پروژه	C1: ابزارهایی برای مشارکت جمعی در مدیریت/تصمیم‌گیری	C2: یادگیری جمعی ازطریق شبکه‌ها و داده‌ها	C3: استفاده از سیستم‌های بازخورد کاربر	ارزیابی کلی شاخص CI
بابکاک رنچ، فلوریدا	انجمن‌های ساکنین، ابزارهای دیجیتال و پلتفرم‌های مدنی را برای مشارکت شهروندان در برنامه‌ریزی شهری و ابتکارات پایداری ارائه می‌دهد. رویدادهای اجتماعی، مشارکت در مدیریت شهری را تشویق می‌کنند.	زیرساخت، داده‌های محیطی و رفتاری مشترک در شبکه‌های هوشمند و جوامع را برای یادگیری متقابل ادغام می‌کند.	ساکنان می‌توانند ازطریق برنامه‌های شهری و داشبوردهای انرژی، نظرات خود را ارائه دهند؛ حلقه‌های بازخورد در بهبود خدمات ادغام می‌شوند.	بالا (هوش جمعی مشارکتی و داده‌محور)
	بالا-انجمن‌های دیجیتال و پلتفرم‌های مدنی	بالا - داده‌های شبکه هوشمند مشترک	بالا - بازخورد کاربر مبتنی‌بر برنامه	
بوسکو ورتیکال، میلان	سازوکارهای محدود برای مدیریت جمعی؛ تصمیمات عمدتاً از بالا به پایین و از سوی مدیریت گرفته می‌شود.	داده‌های محیطی (مثلاً از فضای سبز) جمع‌آوری می‌شوند، اما رابط عمومی به اندازه کافی، برای یادگیری مشترک وجود ندارد.	سیستم‌های ساختاریافتهٔ حداقلی برای بازخورد کاربر؛ تجربهٔ ساکنین شخصی‌سازی شده است.	پایین تا متوسط (طبیعت‌محور اما ضعیف در مدیریت جمعی)
	پایین تا متوسط - ابزارهای محدود برای مشارکت ساکنین	متوسط- نشانه‌های محیطی، پراکنده باقی مانده و شبکه‌سازی نشده‌اند	پایین - نبود سیستم رسمی بازخورد کاربر	
مسکن مصدر، امارات متحده عربی	برخی از همکاری‌های طراحی و توسعهٔ پایدار در جامعه، اما مدیریت همچنان تا حد زیادی متمرکز است	زیرساخت هوشمند امکان اشتراک‌گذاری داده‌ها در مورد مصرف انرژی و آب را فراهم می‌کند؛ پتانسیل یادگیری شبکه‌ای وجود دارد.	کانال‌های بازخورد ازطریق اپلیکیشن‌ها وجود دارند، اما به‌طور گسترده برای تصمیم‌گیری ترویج نمی‌شوند.	متوسط (اشتراک‌گذاری فناوری ساختاریافته اما مشارکت محدود)
	متوسط - برخی از ورودی [داده]های برنامه‌ریزی ازطریق حاکمیت	متوسط تا بالا - سیستم‌های محیطی داده‌محور	متوسط - برخی از ردیابی‌ها و کنترل‌های انرژی	

جدول ۷. نوع ارزیابی واقعیت فضایی. مأخذ: نگارندگان برگرفته از مستندات رسمی پروژه و توضیحات طراحی، شامل Vertical Forest, n.d.; Sustainability at Masdar City, n.d.; Kumar, 2022; Babcock Ranch, 2025.

پروژه	R1: استفاده از AR برای ادغام واقعیت با داده‌ها	R2: غلبهٔ بافت فیزیکی بر تجربهٔ دیجیتال	R3: استفادهٔ انحصاری از واقعیت مجازی بدون زمینه‌سازی انسانی/ تجسم	ارزیابی کلی واقعیت فضایی
بابکاک رنچ، فلوریدا	داده‌های محیطی ازطریق داشبوردها و سیستم‌های هوشمند قابل دسترسی هستند، اما ازطریق AR فراگیر قابل دسترسی نیستند.	تجربهٔ فیزیکی و طراحی اکولوژیکی غالب هستند؛ لایهٔ دیجیتال از لایهٔ فیزیکی پشتیبانی می‌کند اما جایگزین آن نمی‌شود.	واقعیت مجازی (VR) محوریت ندارد؛ همهٔ تجربیات ریشه در محیط واقعی دارند.	واقعیت افزوده (مبتنی‌بر محیط زیست)
	متوسط - داده‌ها ازطریق داشبوردها قابل مشاهده هستند، نه همه‌جانبه	بالا - طراحی در دنیای واقعی و مسائل اکولوژیک، بر معیارها و سنجش‌های دیجیتالِ استاندارد اولویت داده شده‌اند	خیلی پایین - بدون VR یا فناوری‌های غیرمتمرکز	
بوسکو ورتیکال، میلان	بدون ادغام AR ؛ تجربهٔ کاربر عمدتاً غیرفعال و فیزیکی است.	این پروژه تقریباً به‌طور کامل دربارهٔ احاطهٔ فیزیکی در طبیعت است، بدون هیچ واسطهٔ دیجیتالی.	هیچ شبیه‌سازی مجازی یا گسستی از واقعیت زیستهٔ فیزیکی پروژهٔ بوسکو وجود ندارد.	احاطه بیوفیلیک (فیزیکی محض)
	پایین - هیچ عنصر AR استفاده نشده است	خیلی بالا- کاملاً فیزیکی و مبتنی‌بر طبیعت	خیلی پایین - تجربهٔ طبیعی کاملاً تجسمیافته	
مسکن مصدر، امارات متحده عربی	سیستم‌های داده دیجیتال (مثلاً نظارت بر انرژی) تاحدی فضای فیزیکی را آگاه می‌کنند؛ برخی از رابط‌های هوشمند عملکردی شبیه به AR دارند.	اگرچه واکنش فیزیکی به تغییرات اقلیمی در اولویت قرار دارد، اما سیستم‌های دیجیتال نیز برای بهینه‌سازی تعبیه شده‌اند.	میزانی از مجازی‌سازی وجود دارد، اما این فرایند همچنان به واقعیت فیزیکی محیط متکی است.	ترکیبی (ادغام فیزیکی هوشمند)
	متوسط به بالا- برخی از رابط‌ها به عملکردی شبیه AR نزدیک می‌شوند	متوسط - ترکیبی از لایه‌های فیزیکی و دیجیتال	پایین - مجازی‌سازی محدود، عمدتاً مبتنی‌بر اتصال به شبکه	



تصویر ۱۰. نمودار رادار؛ ترسیم مقایسه‌ای سه پروژهٔ مسکونی، مأخذ: نگارندگان.

را تشویق می‌کند (H1)، راحتی متناسب با آب‌وهوا (H2) را در اولویت قرار می‌دهد و برخی از تعاملات بدنی را ممکن می‌سازد (H3)، اگرچه در بیان زبانی یا موسیقیایی نیز ضعیف است (H4).

ابعاد هوش مصنوعی (A1، A3): بابکاک رنچ در تمام ابعاد مرتبط با هوش مصنوعی امتیاز بالایی کسب کرده است. این پروژه شامل سیستم‌های یادگیری و طراحی پیش‌بینی‌کننده (A1، A3) است و از داده‌های بلادرنگ برای تطبیق خدمات با نیازهای ساکنان استفاده می‌کند. بااین‌حال، بوسکو ورتیکال بیشتر بر زیبایی‌شناسی طبیعی تمرکز دارد تا سیستم‌های هوشمند و تعامل محدودی با اجزای هوش مصنوعی منطقی-ریاضی و فضایی نشان می‌دهد. مسکن مصدر، کنترل تطبیقی محیطی و ردیابی هوشمند انرژی را ادغام می‌کند که نشان‌دهندهٔ استفادهٔ متوسط تا زیاد از هوش مصنوعی است اما در نوآوری هوش فضایی و خودبهینه‌سازی پویا ضعیف عمل می‌کند.

ابعاد هوش جمعی (C1، C3): بابکاک رنچ دوباره با ویژگی‌های قوی هوش جمعی، ارائهٔ ابزارهایی برای مشارکت شهروندان، حلقه‌های بازخورد و شبکه‌های یادگیری مشترک (C1، C3) در صدر قرار دارد. این نشان‌دهندهٔ یک بعد بین فردی و منطقی-ریاضی به‌خوبی یکپارچه است که ساکنان را به‌عنوان مدیران مشترک محیط خود توانمند می‌سازد. بوسکو ورتیکال در این حوزه رتبهٔ پایین‌تری دارد، زیرا تمرکز آن بیشتر بر تجربهٔ محیطی غیرفعال است تا حکومت مشارکتی. مسکن مصدر، امتیازات متوسطی را نشان می‌دهد: درحالی‌که فضاهای مشترک و برخی ویژگی‌های جمعی را ارائه می‌دهد، تعامل آن با بازخوردهای هدایت‌شده توسط جامعه و تصمیم‌گیری مشترک محدود است.

ابعاد نوع واقعیت (R1، R3): ازنظر هوش‌های فضایی و تجربی، بابکاک رنچ رویکردی متعادل اما فیزیکی را نشان می‌دهد، از AR به‌طور متوسط استفاده می‌کند (R1)، زمینهٔ فیزیکی قوی (R2) را حفظ می‌کند و از واقعیت‌های مجازی مجزا (R3) اجتناب می‌کند. قدرت بوسکو ورتیکال، در هوش فضایی و طبیعی آن (R2) نهفته است که ازطریق طراحی سبز عمودی آن بیان می‌شود. این ساختمان در ادغام AR و VR امتیاز کمتری دارد. مسکن مصدر، سازگاری محیطی را با آگاهی وجودی (R3) ترکیب می‌کند و از استراتژی‌های مکانی و زمینه‌ای برای پرداختن به پایداری استفاده می‌کند، اگرچه رابطهای همه‌جانبه یا افزودهٔ آن هنوز توسعه نیافته‌اند.

به‌طور کلی، بابکاک رنچ، به‌دلیل ادغام بالای هوش‌های اجتماعی، محیطی و شناختی خود شناخته شده است. بوسکو ورتیکال، بیشتر بر هوش‌های طبیعی و فضایی تمرکز دارد اما تعاملات بین فردی و منطقی کمتری را نشان می‌دهد. مسکن مصدر، تعادلی از هوش‌های فضایی و بین فردی ارائه می‌دهد اما فاقد ادغام قوی عبارات منطقی یا هنری است.

نتیجه‌گیری

این مطالعه با تجزیه‌وتحلیل سه پروژهٔ مسکونی معاصر، بابکاک رنچ، بوسکو ورتیکال و مسکن شهر مصدر، تمایز بین مسکن «هوشمند [فناورانه]» و مسکن واقعاً «هوشمند» را به‌طور انتقادی بررسی کرد. این پژوهش با استفاده از یک چارچوب چندبعدی مبتنی‌بر هوش انسانی (HI)، هوش مصنوعی (AI)، هوش جمعی (CI) و هوش فضایی- محیطی (گونه‌شناسی واقعیت)، تفاوت قابل توجهی بین هوشمندی تکنولوژیکی و هوش کل‌نگر در طراحی مسکن را برجسته کرد. این پژوهش به سؤالات کلیدی در مورد آنچه خانه‌های واقعاً هوشمند را از خانه‌های صرفاً هوشمند [فناورانه] متمایز می‌کند و اینکه چگونه مطالعات موردی منتخب، این ابعاد عمیق‌تر هوش را نشان می‌دهند یا در تجسم آنها شکست می‌خورند، پاسخ داد.

درحالی‌که هر سه مطالعه موردی، ابزارهای دیجیتال و استراتژی‌های پایداری را به درجات مختلف ادغام می‌کنند، تنها بابکاک رنچ، عملکرد نسبتاً متعادلی را در ابعاد انسان‌محور و جمعی نشان داد. بوسکو ورتیکال، یک تجربهٔ طبیعت‌محور را در اولویت قرار داد اما فاقد ویژگی‌های تعامل و سازگاری پیشرفته بود. مسکن مصدر، بر پاسخگویی به محیط‌زیست تأکید کرد اما در تعامل شخصی و بیانی محدود ماند. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که الگوهای فعلی مسکن هوشمند اغلب کارایی، کنترل و اتوماسیون غیرفعال را در اولویت قرار می‌دهند، درحالی‌که خانه‌های واقعاً هوشمند باید یادگیری، سازگاری متقابل و تعاملات عمیق‌تر کاربر با کاربران و محیط‌های خود را در بر بگیرند. این مشاهدات همچنین تأیید می‌کنند که HI باید مقدم بر استفاده از AI باشد. بدون این پایه، سیستم‌های مبتنی‌بر AI، نه‌تنها ممکن است از کاربران پشتیبانی نکنند، بلکه حتی می‌توانند خطرات و

آسیب‌پذیری‌های جدیدی را ایجاد کنند. همان‌طور که چندین مطالعه (ن.ک. Alzaylaee, 2025, 214; Dunsin, 2025; Akter et al., 2025) هشدار می‌دهند، غفلت از ظرفیت‌های انسان‌محور می‌تواند سیستم‌های مبتنی‌بر AI، را به نقاط جدید آسیب‌پذیری به‌جای محافظت تبدیل کند.

به‌طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهد که الگوهای فعلی مسکن هوشمند هنوز هم تمایل دارند کارایی، کنترل و اتوماسیون غیرفعال را بر یادگیری، سازگاری متقابل و تجربیات انسانی تجسم‌یافته اولویت دهند. پرکردن این شکاف مستلزم تغییر در طراحی مسکن از راحتی مبتنی‌بر داده، به هوشی است که شناختی، عاطفی، اجتماعی و وجودی است. خانه‌های هوشمند واقعی باید فراتر از بهینه‌سازی سیستم به سمت محیط‌هایی حرکت کنند که حس می‌کنند، یاد می‌گیرند، تکامل می‌یابند و به‌طور معناداری با زندگی‌هایی که میزبان آنها هستند، ارتباط برقرار می‌کنند.

اگرچه این مطالعه مقایسه‌ای ساختاریافته و مبتنی‌بر نظریه از هوش در مسکن معاصر ارائه می‌دهد، اما اذعان به برخی محدودیت‌ها نیز مهم است. انتخاب سه پروژهٔ مسکن شناخته‌شدهٔ بین‌المللی، اگرچه ازنظر جغرافیایی و مفهومی متنوع است، اما نمی‌تواند طیف وسیعی از شیوه‌های مسکن هوشمند یا هوشمندی در سراسر جهان را به‌طور کامل پوشش دهد. علاوه‌بر این، ارزیابی بر امتیازدهی کیفی مبتنی‌بر چارچوب‌های مفهومی مانند هوش‌های چندگانه گاردنر متکی بود که علیرغم ارائهٔ عمق، ممکنِ است شامل درجه‌ای از ذهنیت تفسیری باشد. داده‌ها عمدتاً از منابع ثانویه استخراج شدند و دسترسی به تجربیات دقیق کاربر یا مستندات سطح سیستم را محدود کردند. علاوه‌بر این، تکامل سریع فناوری‌های هوشمند به این معنی است که یافته‌ها منعکس‌کنندهٔ یک لحظهٔ خاص در توسعهٔ فناوری هستند. درعین‌حال، با توجه به اینکه این مطالعه تنها به مقایسهٔ سه مورد می‌پردازد، یافته‌های حاصل باید به‌عنوان نتایجی تفسیری و نه لزوماً قابل تعمیم در سطح جهانی تلقی شوند. هدف در اینجا ارائهٔ گزارشی آماری از وضعیت مسکن هوشمند در سراسر جهان نیست؛ بلکه بهره‌گیری از این پروژه‌ها به‌عنوان «نمونه‌های نظری» مد نظر است تا چگونگی شکل‌گیری ابعاد مختلف هوش در محیط‌های واقعیِ مسکن هوشمند تبیین شود. در کار مقایسه‌ای کیفی، عمق و وضوح مفهومی بیش از اندازه نمونه اهمیت دارد. بااین‌حال، اینکه این بینش‌ها تا چه حد می‌توانند گسترش یابند، به میزان شباهت سایر زمینه‌ها بستگی دارد و تحقیقات آینده که شامل موارد متنوع‌تر یا مبتنی‌بر زمینه‌های محلی باشد، به تقویت اعتبار و پایایی نتیجه‌گیری‌ها کمک خواهد کرد.

سیستم‌های آیندهٔ یکپارچه با AI در خانه‌های هوشمند باید این احتمال را در نظر بگیرند که افزایش استقلال AI، ممکن است ناخواسته تعامل شناختی انسان و تلاش برای حل مسئله را کاهش دهد (ن.ک. Farkaš, 2024; Girma, 2025; Lahlou, 2025)، که این امر بر نیاز به طرح‌هایی که به‌طور فعال از HI در کنار AI پشتیبانی می‌کنند، تأکید می‌کند. بااین‌وجود، این مطالعه با پیشنهاد اینکه نسل بعدی خانه‌ها باید فراتر از کارایی فنی بروند و به سمت محیط‌های جامع، تطبیقی و غنی از معنا که با AI واقعی همسو هستند، حرکت کنند، پیامدهای عملی برای طراحی مسکن آینده ارائه می‌دهد.

اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

فهرست منابع

- Abou Zahr, M. (2025). UAE sustainability: Case study: MASDAR. *Contemporary Arab Affairs, 18*(1), 110–128. https://doi.org/10.1163175509 20-/bja00068
- Adeel, U., Yang, S., & McCann, J. A. (2014). Self-optimizing citizen-centric mobile urban sensing systems. In *11th International Conference on Autonomic Computing (ICAC 14)* (pp. 161–167). https://www.usenix.org/conference/icac14/technical-sessions/presentation/adeel
- Agee, P., Gao, X., Paige, F., McCoy, A., & Kleiner, B. (2021). A human-centred approach to smart housing. *Building Research & Information, 49*(1), 84–99. https://doi.org/10.1080096132 18.2020.1/808946
- Ahmed, A. A., Belrzaeg, M., Nassar, Y., El-Khozondar, H. J., Khaleel, M., & Alsharif, A. (2023). A comprehensive review towards smart homes and cities considering sustainability developments, concepts, and future trends. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 19*(1), 1482–1489. https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.19.1.1530
- Akhrif, O. (2022). *Smart collaborative learning based on semantic educational data* [Doctoral dissertation, Université de Tours]. IMIST. https://toubkal.imist.ma/handle/12345678925758/
- Akter, S. S., Munna, M. M. H., Redwan, K., Ahmed, M., & Al Sohan, M. F. A. (2025). IntelliGuard: An AI-powered threat detection system for smart home operations. In *2025 2nd International Conference on Advanced Innovations in Smart Cities (ICAISC)* (pp. 1–6). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICAISC64594.2025.10959362
- Al Sayyed, H., & Al-Azhari, W. (2025). Investigating the role of biophilic design to enhance comfort in residential spaces: Human physiological response in immersive virtual environment. *Frontiers in Virtual Reality, 6,* 1411425. https://doi.org/10.3389/frvir.2025.1411425
- Aldrich, F. K. (2003). Smart homes: Past, present and future. In R. Harper (Ed.), *Inside the smart home* (pp. 17–39). Springer London. https://doi.org/10.10072_7-854-85233-1/
- Al-Rimawi, T., & Nadler, M. (2025). Leveraging smart city technologies for enhanced real estate development: An integrative review. *Smart Cities, 8*(1), 10. https://doi.org/10.3390/smartcities8010010
- Alzaylaee, M. K. (2025). A systematic review of security

vulnerabilities in smart home devices and mitigation techniques. *arXiv preprint arXiv:2507.01018.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.01018

• Ariano, R., Manca, M., Paternò, F., & Santoro, C. (2023). Smartphone-based augmented reality for end-user creation of home automations. *Behaviour & Information Technology, 42*(1), 124–140. https://doi.org/10.10800144929/X.2021.2017482

• Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications, 21*(6), 34–47. https://doi.org/10.110938.963459/

• Babcock Ranch. (2025). *Core initiatives.* Babcock Ranch. https://babcockranch.com/our-vision/coreinitiatives/

• Batty, M. (2013). Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography, 3*(3), 274–279. https://doi.org/10.11772043820613513390/

• Bernstein, F. A. (2006). *Betting the ranch in Southwest Florida*. The New York Times, 1–L. https://www.nytimes.com/200630/07//realestate/30nati.html

• Bregman, D. (2010). Smart home intelligence – The eHome that learns. *International Journal of Smart Home, 4*(4), 35–46. https://gvpress.com/journals/IJSH/vol4_no44/.pdf

• Cappuccio, M. L., Peeters, A., & McDonald, W. (2020). Sympathy for Dolores: Moral consideration for robots based on virtue and recognition. *Philosophy & Technology, 33*(1), 9–31. https://doi.org/10.1007/s133470341–019-y

• Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented reality: An overview. In *Handbook of augmented reality* (pp. 3–46). https://doi.org/10.10071_6-0064-4614-1-978/

• Ceilley, D. W., Brady-Herrero, L., Niemec, K., Ross, K. M., Ferlita, J. A., & Everham III, E. M. (2013). Fish community structure of streams and canals at Babcock Ranch, Charlotte and Lee Counties, Florida. *Florida Scientist, 76*(2), 198–215. https://www.jstor.org/stable/24321870

• Centola, D. (2022). The network science of collective intelligence. *Trends in Cognitive Sciences, 26*(11), 923–941. https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.08.009

• Chakraborty, S. (2024). Of artificial intelligence (AI). In *Open AI and Computational Intelligence for Society 5.0* (p. 265). https://doi.org/10.40185-4326-3693-8-979/

• Chikersal, P., Tomprou, M., Kim, Y. J., Woolley, A. W., & Dabbish, L. A. (2017). Deep structures of collaboration: Physiological correlates of collective intelligence and group satisfaction. In *Proceedings of the 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing (CSCW '17)* (pp. 1399–1411). https://doi.org/10.11452998181.2998335/

• Cifrino, D. A., & Perez, L. J. (2024). Babcock Ranch—Shelter from the storm. In *Routledge Handbook of Climate Change and Society* (pp. 275–283). Routledge.

• Di Paola, L. (2021). Milan's private vertical forests vs. horizontal urban greening. In *The Green City and Social Injustice* (pp. 25–34). Routledge.

• Donderewicz, M., & Zawada, K. (2023). Prospects for architecture and urban planning: Integration of BIM and 4.0 technology in the context of climate change. *International Conference Defining the Architectural Space, Krakow,* Poland. https://doi.org/10.238172024/.defarch.33-

• Dunsin, D. (2025). *The impact of AI-driven threat detection on securing consumer IoT devices in home automation systems.* https://www.researchgate.net/publication/390176767_The_Impact_of_AI-Driven_Threat_Detection_on_Securing_Consumer_IoT_Devices_in_Home_Automation_Systems

• Dzardanova, E., & Kasapakis, V. (2022). Virtual reality: A journey from vision to commodity. *IEEE Annals of the History of Computing, 45*(1), 18–30. https://doi.org/10.1109/MAHC.2022.3208774

• El-Aby, M. F. (2017). Towards sustainable urban development in arid regions: Masdar City as a case study. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, 12*(42), 199–211. https://doi.org/10.21608/auej.2017.19306

• Elsakka, A. S., & Kamer Eldawla, M. A. (2024). The impact of artificial intelligence on human needs in urban design. *مجلة العمارة و الفنون و العلوم الإنسانية*. https://doi.org/10.21608/mjaf.2024.336502.3529

• Fabio, G., Giuditta, C., Margherita, P., & Raffaeli, R. (2025). A human-centric methodology for the coevolution of operators' skills, digital tools and user interfaces to support the Operator 4.0. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 91,* 102854. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102854

• Fang, H., Hu, Y., Chen, S., Yang, X., Zhao, Y., Niu, H., & Cai, C. (2025). Effects of interface design and spatial ability on teleoperation cognitive load and task performance. *Displays, 87,* 102977. https://doi.org/10.1016/j.displa.2025.102977

• Far, A. Z., Far, M. Z., Gharibzadeh, S., Kazemi Naeini, H., Amini, L., Zangeneh, S., Rahimi, M., & Asadi, S. (2024). Artificial intelligence for secured information systems in smart cities: Collaborative iot computing with deep reinforcement learning and blockchain. *arXiv preprint arXiv:2409.16444.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.16444

• Farkaš, I. (2024). Transforming cognition and human society in the digital age. *Biological Theory,* 1–13. https://doi.org/10.1007/s137523-00483-024-

• Flowers, J. C. (2019). Strong and weak AI: Deweyan considerations. In *AAAI Spring Symposium: Towards Conscious AI Systems* (Vol. 2287, No. 7). CEUR-WS.

• Franco, P., Martinez, J. M., Kim, Y. C., & Ahmed, M. A. (2021). IoT-based approach for load monitoring and activity recognition in smart homes. *IEEE Access, 9,* 45325–45339. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3067029

• Galesic, M., Barkoczi, D., Berdahl, A. M., Biro, D., Carbone, G., Giannoccaro, I., Goldstone, R. L., Gonzalez, C., Kandler, A., Kao, A. B., Kendal, R., Kline, M., Lee, E., Massari, G. F., Mesoudi, A., Olsson, H., Pescetelli, N., Sloman, S. J., Smaldino, P. E., & Stein, D. L. (2023). Beyond collective intelligence: Collective adaptation. *Journal of the Royal Society Interface, 20*(200), 20220736. https://doi.org/10.1098/rsif.2022.0736

• Gardner, H. (2006). *Multiple intelligences: New horizons.* BasicBooks.

• Ghaffarianhoseini, A. H., Dahlan, N. D., Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., & Makaremi, N. (2013). The essence of future

smart houses: From embedding ICT to adapting to sustainability principles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 24,* 593–607. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.032

• Giacomello, E., & Valagussa, M. (2015). *Vertical greenery: Evaluating the high-rise vegetation of the Bosco Verticale, Milan.* Council on Tall Buildings and Urban Habitat.

• Girma, A. H. (2025). The role of artificial int*elligence in shaping human interaction and cognitive function. Kotebe Journal of Education, 3*(1), 69–88. https://doi.org/10.6148969.(1)30053447.3/

• Gooch, G., & Williams, M. (Eds.). (2015). *A dictionary of law enforcement* (2nd ed.). Oxford University Press.

• *Intelligence*. (n.d.). Oxford Learner›s Dictionaries. Retrieved February 7, 2026, from https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/us/definition/english/intelligence

• Harrouk, C. (2020). *Psychology of space: How interiors impact our behavior?* ArchDaily. Retrieved April 25, 2025, from https://www.archdaily.com/936027/psychology-of-space-how-interiors-impact-our-behavior

• Hayes, T., & Murtinho, F. (2023). Diagnosing participation and inclusion in collective decision-making in the commons. *International Journal of the Commons, 17*(1), 37–53. https://www.jstor.org/stable/48756435

• Heintz, C., & Scott-Phillips, T. (2023). Expression unleashed: The evolutionary and cognitive foundations of human communication. *Behavioral and Brain Sciences, 46,* e1. https://doi.org/10.1017/S0140525X22000012

• Higgins, H. T., & Paradise, N. B. (2017). Paying for the "priceless": Florida Forever, managing growth, and public land acquisition. In T. S. Chapin, C. E. Connerly, & H. T. Higgins (Eds.), *Growth management in Florida* (pp. 241–259). Routledge. https://doi.org/10.432415-9781351157001/

• Kalogeropoulos, G., Tzortzi, J., & Dimoudi, A. (2024). Remote sensing and field measurements for the analysis of the thermal environment in the "Bosco Verticale" area in Milan City. *Land, 13*(2), 182. https://doi.org/10.3390/land13020182

• Kaluarachchi, Y. (2022). Implementing data-driven smart city applications for future cities. *Smart Cities, 5*(2), 455–474. https://doi.org/10.3390/smartcities5020025

• Karayaneva, N., & Coleman, M. (2017). Sustainability assessment for real estate in the UAE: The case of Masdar City. In E. Azar & M. A. Raouf (Eds.), *Sustainability in the Gulf* (pp. 167–193). Routledge.

• Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (1995). *The biophilia hypothesis*. Island Press. https://philpapers.org/rec/KELTBH

• Komninos, N. (2006). The architecture of intelligent cities: Integrating human, collective and artificial intelligence to enhance knowledge and innovation. In *2nd IET International Conference on Intelligent Environments (IE 06)* (pp. v1–13). IET. https://www.researchgate.net/publication/252536162_The_Architecture_of_Intelligent_Cities

• Korteling, J. H., van de Boer-Visschedijk, G. C., Blankendaal, R. A., Boonekamp, R. C., & Eikelboom, A. R. (2021). Human versus artificial intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence, 4,* 622364. https://doi.org/10.3389/frai.2021.622364

• Kreps, D. (2021). Theorizing digital experience: Four aspects of the infomaterial. In N. R. Hassan & L. P. Willcocks (Eds.), *Advancing information systems theories* (pp. 119–138). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.10076_8-64884-030-3-978/

• Kumar, B. R. (2022). Case 43: Masdar City. In B. R. Kumar (Ed.), *Project finance* (pp. 1–12). Springer. https://doi.org/10.1007-3-978/47_3-96725-030

• Lahlou, S. (2025). Mitigating societal cognitive overload in the age of AI: Challenges and directions. *arXiv preprint arXiv:2504.19990*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.19990

• Lee, J. I., & Stuerzlinger, W. (2025). Towards personalized navigation in XR: Design recommendations to accommodate individual differences. In *2025 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)* (pp. 241–245). IEEE. https://doi.org/10.1109/VRW66409.2025.00059

• Lindberg, S. (2025). *How does your environment affect your mental health? Understanding the environment–mental health connection.* Verywell Mind. Retrieved April 25, 2025, from https://www.verywellmind.com/how-yourenvironment-affects-your-mental-health-5093687

• Madakam, S., & Ramaswamy, R. (2016). Sustainable smart city: Masdar (UAE) (A city: Ecologically balanced). *Indian Journal of Science and Technology, 9*(6), 5. https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i687669/

• 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. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.015

• Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems, 77*(12), 1321–1329. https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays

• Moran, S., Kornhaber, M., & Gardner, H. (2006). Orchestrating multiple intelligences. *Educational Leadership, 64*(1), 22. https://www.ascd.org/el/articles/orchestrating-multiple-intelligences

• Okhovat, E. (2023). *Enhancing urban life: A policy-based autonomic smart city management system for efficient, sustainable, and self-adaptive urban environments* [Doctoral dissertation, Western University]. Western Libraries. https://ir.lib.uwo.ca/etd/9895/

• Pastuszek-Lipińska, B. (2025). The role of musical aspects of language in human cognition. *Frontiers in Psychology, 16,* 1505694. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1505694

• Peeters, M. M., Van Diggelen, J., Van Den Bosch, K., Bronkhorst, A., Neerincx, M. A., Schraagen, J. M., & Raaijmakers, S. (2021). Hybrid collective intelligence in a human–AI society. *AI & Society, 36*(1), 217–238. https://doi.org/10.1007/s0014601005--020-y

• Phiri, T. (2023). Adaptive and autonomous systems in advanced computing: A future of self-optimizing technologies. *Journal of Advanced Computing Systems, 3*(5), 1–12. https://doi.org/10.69987/

• Pulivarthi, P., & Bhatia, A. B. (2025). Designing empathetic interfaces: Enhancing user experience through emotion. In S. Tikadar, H. Liu, P. Bhattacharya, & S. Bhattacharya (Eds.), *Humanizing technology with emotional intelligence* (pp. 47–64). IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.40187-7011-3693-8-979/.ch004

• Pustejovsky, J., & Krishnaswamy, N. (2021). Embodied human–computer interaction. *KI – Künstliche Intelligenz, 35*(3), 307–327. https://doi.org/10.1007/s132185-00727-021-
• Reinisch, C., Kofler, M., Iglesias, F., & Kastner, W. (2010). ThinkHome: Energy efficiency in future smart homes. EURASIP *Journal on Embedded Systems, 2011*(1), 104617. https://doi.org/10.1155104617/2011/
• Ruiz-Vanoye, J. A., Díaz-Parra, O., Fuentes-Penna, A., Simancas-Acevedo, E., & Barrera-Cámara, R. A. (2024). Artificial intelligences in industrial robots: A framework based on Gardner's multiple intelligences. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics, 15*(4), 118. https://doi.org/10.614672007.1558.2024/.v15i4.536
• Sarkady, D., Neuburger, L., & Egger, R. (2021). Virtual reality as a travel substitution tool during COVID-19. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2021* (pp. 452–463). Springer. https://doi.org/10.100744_7-65785-030-3-978/
• Searle, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences, 3*(3), 417–457.
• *Sustainability at Masdar City.* (n.d.). Masdar City. https://masdarcity.ae
• Taylor, A. S., Harper, R., Swan, L., Izadi, S., Sellen, A., & Perry, M. (2007). Homes that make us smart. *Personal and Ubiquitous Computing, 11,* 383–393. https://doi.org/10.1007/s00779-006-5-0076
• Varlamis, I., Sardianos, C., Chronis, C., Dimitrakopoulos, G., Himeur, Y., Alsalemi, A., Bensaali, F., & Amira, A. (2022). Smart fusion of sensor data and human feedback for personalized energy-saving recommendations. *Applied Energy, 305,* 117775. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117775
• Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Leder, H., Modroño, C., Nadal, M., Rostrup, N., & Skov, M. (2013). Impact of contour on aesthetic judgments and approach–avoidance decisions in architecture. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 110*(Suppl. 2), 10446–10453. https://doi.org/10.1073/pnas.1301227110
• *Vertical Forest.* (n.d.). Stefano Boeri Architetti. Retrieved February 8, 2026, from https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/
• Visser, M. (2019). *The geography of vertical forests: Exploring the green city* [Master›s thesis, Utrecht University]. Utrecht University. https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.1293235208/
• Wang, L., Zhang, R., Yang, Y., & Cui, Z. (2024). Optimizing Smart Community Development: Strategies for "Full Sharing, Multi-Adaptation, and Micro-Services". *Advances in Economics and Management Research, 12*(1), 1007. https://doi.org/10.56028/aemr.12.1.1007.2024
• Wilson, K. A., & Macpherson, F. (2018). The senses. In K. A. Wilson & F. Macpherson (Eds.), *Philosophy.* Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/OBO/97801953965770368-
• Xie, Y., Lei, T., Li, Z., Yang, Y., Chen, C., & Long, Y. (2025). How do mental models affect cybersecurity awareness? The roles of questioning styles, need for cognition, and graphical representations. *Computers & Security, 150*(9), 104292. https://doi.org/10.1016/j.cose.2024.104292
• Yau, Y. (2013). Willingness to participate in collective action: The case of multiowned housing management. *Journal of Urban Affairs, 35*(2), 153171-. https://doi.org/10.1111/j.14679906.2012.00621-.x
• Zaidan, A. A., & Zaidan, B. B. (2020). A review on intelligent process for smart home applications based on IoT: coherent taxonomy, motivation, open challenges, and recommendations. *Artificial Intelligence Review, 53*(1), 141165-. https://doi.org/10.1007/s104629-9648-018-
• Zarzycki, A. (2023). Merging Augmented-Reality Interface with Smart Building Controls: Considerations for the Building User Interface. In Lee, J. H. (Eds), *Cultural Space on Metaverse. KAIST Research Series* (pp. 99116-). Springer Nature Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.10076_4-2314-99-981-978/
• Zhou, Y., & Lund, P. D. (2023). Peer-to-peer energy sharing and trading of renewable energy in smart communities─ trading pricing models, decision-making and agent-based collaboration. *Renewable Energy, 207*(2), 177193-. https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.125

COPYRIGHTS
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Bagh-e Nazar Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نحوهٔ ارجاع به این مقاله:
بهزادفر، مصطفی و صداقتی، عاطفه. (۱۴۰۴).فراتر از هوشمندی، کاوشی در گذار از «هوشمندی فناورانه» به «هوشمندی واقعی» در مسکن معاصر. *باغ نظر*، ۲۲(۱۵۳)، ۳۱-۵۲.

DOI: 10.22034/bagh.2026.555351.5920
URL: https://www.bagh-sj.com/article_240778.html?lang=en