

Explaining the Smart Housing Model in Baghdad for Energy Consumption Optimization

1. Zuhair Dahham Naser¹: Department of Architecture, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran

2. Seyed Mohammad Reza Miralaie^{2*}: Department of Architecture, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran.

3. Mahmoud Teimouri³: Department of Architecture, Ar.C., Islamic Azad University, Arak, Iran

*Corresponding Author's Email Address: smr.miralaie@iau.ac.ir

How to Cite: Dahham Naser, Z., Miralaie, S. M. R., & Teimouri, M. (2024). Explaining the Smart Housing Model in Baghdad for Energy Consumption Optimization. *Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering*, 2(4), 154-173.

Abstract:

The aim of this study is to develop and explain a smart housing model in Baghdad to optimize energy consumption using advanced technologies. This survey-based research follows a quantitative approach. Key smart housing components were identified through a literature review, and a custom-designed questionnaire was distributed among 200 participants (residents and urban development experts) in Baghdad's Al-Mansour and Al-Jadriya districts. Data were analyzed using LISREL software and structural equation modeling. Instrument reliability was confirmed using Cronbach's alpha, and construct validity was statistically supported. The results revealed four main factors influencing smart housing perception: the psychological factor had the greatest impact (factor loading = 0.71), including aspects of security and peace of mind. The environmental factor (loading = 0.62) emphasized energy efficiency and green space integration. The economic factor (loading = 0.59) reflected the importance of reduced maintenance costs and advanced materials. The physical factor (loading = 0.53) had the least influence, involving building design and infrastructure components. All factors were statistically significant (t-values > 1.96). The final model indicates that psychological and environmental components play a stronger role in shaping user perceptions of smart housing than physical or economic factors. Therefore, policymakers and urban planners should prioritize psychological well-being and ecological sustainability in smart housing initiatives.

Keywords: Architecture, Smart Technology, Smart Housing, Energy, Baghdad.

Received: 22 October 2024

Revised: 14 January 2025

Accepted: 20 January 2025

Published: 15 March 2025



Copyright: © 2024 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

تبیین مدل مسکن هوشمند بغداد جهت بهینه سازی مصرف انرژی

۱. ظهیر دهم ناصر^{ID}: گروه معماری، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۲. سید محمد رضا میرعلائی^{ID*}: گروه معماری، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران. (نویسنده مسئول)

۳. محمود تیموری^{ID}: گروه معماری، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: smr.miralaie@iau.ac.ir

نحوه استناددهی: دهم ناصر، ظهیر، میرعلائی، سید محمد رضا، و تیموری، محمود. (۱۴۰۳). تبیین مدل مسکن هوشمند بغداد جهت بهینه سازی مصرف انرژی. تجلی هنر در معماری و شهرسازی، ۲(۴)، ۱۷۳-۱۵۴.

چکیده

هدف این پژوهش، تبیین و تدوین مدل مسکن هوشمند در شهر بغداد به منظور بهینه سازی مصرف انرژی با بهره گیری از فناوری های نوین می باشد. این تحقیق به روش پیمایشی و با رویکرد کمی انجام شده است. ابتدا مؤلفه های مؤثر بر مسکن هوشمند با استفاده از مرور ادبیات شناسایی شده و سپس با تدوین پرسشنامه و توزیع آن میان ۲۰۰ نفر از ساکنان و کارشناسان معماری در مناطق المنصور و الجادریه، داده های مورد نیاز جمع آوری گردید. داده ها با استفاده از نرم افزار LISREL و روش معادلات ساختاری تحلیل شدند. اعتبار ابزار با آلفای کرونباخ و روایی سازه ای تأیید شد. نتایج نشان داد چهار عامل اصلی در تبیین مسکن هوشمند در بغداد نقش دارند: عامل روانی با بار عاملی ۰.۷۱، بیشترین تأثیر را داشته و ابعاد امنیت و آرامش را شامل می شود؛ عامل زیست محیطی با بار عاملی ۰.۶۲ در رتبه دوم قرار دارد و بر بهینه سازی مصرف انرژی و فضای سبز تأکید دارد؛ عامل اقتصادی با بار عاملی ۰.۵۹ شامل کاهش هزینه های نگهداری و استفاده از مصالح نوین است؛ و عامل فیزیکی با بار عاملی ۰.۵۳ کمترین تأثیر را دارد و بر عناصر کالبدی و تأسیسات ساختمانی تمرکز دارد. مدل نهایی نشان داد مؤلفه های نرم افزاری و ذهنی نظیر روانی و زیست محیطی، در درک ساکنان از مفهوم مسکن هوشمند تأثیر بیشتری نسبت به مؤلفه های کالبدی دارند. لذا در سیاست گذاری های توسعه مسکن هوشمند، اولویت باید بر ارتقای امنیت روانی و شرایط محیطی قرار گیرد.

کلیدواژگان: معماری، هوشمندسازی، مسکن هوشمند، انرژی، بغداد

تاریخ دریافت: ۱ آبان ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری: ۲۵ دی ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱ بهمن ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۲۵ اسفند ۱۴۰۳



مقدمه

در جهان امروز، یکی از مهم‌ترین چالش‌های فراروی جوامع، بحران مصرف انرژی و پیامدهای زیست‌محیطی آن است. رشد سریع جمعیت شهری، توسعه نامتوازن شهرها و افزایش وابستگی به سوخت‌های فسیلی باعث شده تا تأمین انرژی پایدار و کارآمد به یکی از اولویت‌های اساسی برنامه‌ریزان شهری بدل شود. در این میان، مفهوم "مسکن هوشمند" به عنوان رویکردی نوین برای مدیریت مصرف انرژی و ارتقاء کیفیت زندگی مطرح شده و در سال‌های اخیر در کانون توجه بسیاری از سیاست‌گذاران و پژوهشگران قرار گرفته است (1).

ساختمان‌های هوشمند، به‌ویژه در شهرهای پرجمعیت و در حال توسعه‌ای مانند بغداد، می‌توانند با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته، نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش اتلاف انرژی و مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی ایفا کنند (2, 3). پویایی کالبدی و فنی بغداد از یک‌سو و ضرورت ارتقاء کیفیت محیط سکونت از سوی دیگر، زمینه‌ای مناسب برای طراحی الگوهای نوین معماری مبتنی بر فناوری‌های هوشمند فراهم کرده است (4, 5).

پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که بیش از ۴۰ درصد از مصرف جهانی انرژی مربوط به بخش ساختمان‌هاست و حدود ۳۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای نیز از طریق مصرف غیربهینه انرژی در این بخش تولید می‌شود (6, 7). این آمار تأکیدی جدی بر ضرورت بازاندیشی در طراحی معماری مسکونی بر مبنای اصول بهره‌وری انرژی دارد. ساختمان‌های هوشمند با استفاده از سیستم‌های کنترل خودکار، اینترنت اشیا، و پلتفرم‌های ابری می‌توانند شرایط محیطی را بهینه کرده و میزان مصرف انرژی را به شکل چشم‌گیری کاهش دهند (8, 9).

در این راستا، مدیریت انرژی در خانه‌های هوشمند، نه تنها ابزاری برای کاهش مصرف بلکه بستری برای توسعه پایدار شهری تلقی می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از شبکه‌های هوشمند، مواد نوین ساختمانی و سیستم‌های پیشرفته تهویه و روشنایی، می‌تواند تا بیش از ۳۰ درصد از مصرف انرژی در واحدهای مسکونی بکاهد (10, 11). پژوهشگران تأکید دارند که در طراحی چنین ساختمان‌هایی، توجه به فاکتورهای اقلیمی، ویژگی‌های روانی ساکنین و زیرساخت‌های شهری از اهمیت بالایی برخوردار است (12).

علاوه بر کارکردهای فنی، جنبه‌های روان‌شناختی و اجتماعی خانه‌های هوشمند نیز در مطالعات اخیر برجسته شده‌اند. احساس امنیت، آرامش روانی، و سهولت در مدیریت فعالیت‌های روزمره از جمله عواملی هستند که موجب افزایش تمایل شهروندان به سکونت در خانه‌های هوشمند شده‌اند (13, 14). این نکته به‌ویژه در کلان‌شهری مانند بغداد، که با مشکلات امنیتی و زیرساختی مواجه است، اهمیت دوچندان دارد.

مدل‌سازی هوشمندسازی مسکن نیازمند تحلیل هم‌زمان متغیرهای متعددی است که شامل مؤلفه‌های فیزیکی، زیست‌محیطی، اقتصادی و روانی می‌شود. طراحی مؤثر چنین مدلی مستلزم بهره‌گیری از تحلیل عاملی تأییدی، تحلیل ساختاری و داده‌کاوی گسترده‌ای است که بتواند هم به ابعاد سخت‌افزاری (نظیر تجهیزات و مصالح) و هم به مؤلفه‌های نرم‌افزاری (نظیر رضایت ذهنی ساکنان) توجه کند (15, 16). یکی از روش‌های مرسوم در این راستا، بهره‌گیری از سامانه‌های مدیریت ساختمان (BMS) است که قابلیت کنترل هم‌زمان مصرف انرژی، تهویه، نور، امنیت و حتی تغذیه حیوانات خانگی را فراهم می‌آورد (17, 18).

تجارب جهانی نیز نشان می‌دهد که کشورهایی نظیر ایالات متحده، آلمان، ژاپن و سنگاپور با توسعه پروژه‌های LEED و Smart Nation موفق به پیاده‌سازی الگوهای موفق در زمینه ساختمان‌های هوشمند شده‌اند (19, 20). در این کشورها، استفاده از مواد هوشمند، سنسورهای پیشرفته و هوش مصنوعی موجب

افزایش بازدهی انرژی، کاهش هزینه‌های نگهداری و ارتقاء رفاه ساکنان گردیده است (21, 22). لذا، بهره‌گیری از این تجارب می‌تواند الگویی مؤثر برای توسعه سکونتگاه‌های هوشمند در شهر بغداد فراهم آورد.

از منظر بومی، شهر بغداد با داشتن بافت‌های تاریخی متراکم، شرایط اقلیمی خاص و چالش‌های اجتماعی متنوع، به بستری حساس برای پیاده‌سازی فناوری‌های نوین بدل شده است (23, 24). تحلیل‌های تاریخی و ساختاری نشان می‌دهند که زیرساخت‌های این شهر نیازمند بازمهندسی عمیق با محوریت فناوری‌های پایدار و هوشمند هستند (4). در چنین شرایطی، طراحی مدل مسکن هوشمند مبتنی بر مؤلفه‌های محلی می‌تواند گامی اساسی در راستای توسعه پایدار و پاسخگویی به نیازهای آینده شهر باشد.

از سوی دیگر، استفاده از مصالح هوشمند مانند شیشه‌های فتوکرومیک، بتن‌های خودترمیم‌گر، و سیستم‌های ذخیره انرژی در بدنه ساختمان، افق‌های نوینی را برای طراحی‌های تعاملی در اختیار معماران قرار داده است (25, 26). چنین مصالحی، به دلیل سازگاری با محیط، می‌توانند در کاهش بار حرارتی، افزایش بازده انرژی و ارتقاء زیبایی‌شناختی بنا تأثیرگذار باشند.

در نهایت، تحقق مسکن هوشمند در شهر بغداد مستلزم همکاری میان حوزه‌های مختلف شامل مهندسی، معماری، فناوری اطلاعات و مدیریت شهری است. این پژوهش با هدف تبیین مدل بومی و کاربردی مسکن هوشمند در بافت شهری بغداد و با تمرکز بر مصرف بهینه انرژی، تلاشی است در راستای پاسخگویی به ضرورت‌های فنی، زیست‌محیطی و اجتماعی سکونتگاه‌های مدرن. با بهره‌گیری از فناوری‌های روز، تحلیل داده‌های محیطی و مدنظر قرار دادن شاخص‌های روانی و اقتصادی، می‌توان مدلی جامع طراحی کرد که نه تنها پاسخگوی نیازهای انرژی باشد، بلکه کیفیت زندگی را نیز به شکل معناداری ارتقاء دهد.

روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق برآن است تا نگاهی دقیق به تحقق‌پذیری تبیین مسکن هوشمند در راستای صرفه جویی مصرف انرژی در شهر بغداد داشته باشد. بنابراین دستاوردهای پژوهش از طریق بسط چارچوب تحلیلی در نمونه موردی و تدقیق روابط بین متغیرهای مدل مفهومی همراه با تحلیل و بررسی مشاهدات میدانی و داده‌ها و اطلاعات گردآوری شده محقق می‌گردد. در ابتدا برای درک بهتر از روند تحقیق دیدگاه معرفت‌شناختی تحقیق تبیین می‌گردد و سپس از آنجایی که اعتبار دستاوردهای هر دانش و تحقیق بستگی به روش‌هایی دارد که در آن مورد استفاده قرار گرفته است. در فرآیند تحقیق در مرحله نخست به منظور پاسخگویی به این سؤال، نظریه‌ها و متون مرتبط و همچنین تجارب جهانی مورد بازخوانی و واکاوی قرار می‌گیرند (روش کیفی) و در مرحله دوم بر مبنای چارچوب نظری حاصل پرسش‌نامه‌ای خود ساخته تدوین گردیده و پس از تحلیل‌های منجر به چارچوب تحلیلی، در نمونه موردی ساکنان چند مجتمع مسکونی در محلات مدرن المنصور و الجادریه شهر بغداد به صورت تصادفی توزیع و پاسخدهی شده است. داده‌های کمی از پرسشنامه‌ها نیز با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی تایید و تحلیل شدند تا اهمیت نسبی هر یک از عوامل مؤثر بر هوشمندسازی مشخص شود. پایایی پرسش‌نامه از طریق محاسبه آلفای کرونباخ سنجیده و روایی پاسخ‌ها یا نمرات حاصل از پرسشنامه، نشان دهنده وجود همبستگی پاسخ‌ها بود که قابلیت اطمینان مناسب پرسشنامه را نشان می‌داد. نتایج حاصل در قالب یک مدل نظری براساس داده‌های گردآوری شده، مورد تحلیل و آزمون وزن دهی و میزان تأثیرپذیری توسط نرم افزار لیزرل قرار می‌گیرد (روش کمی). در مطالعه نمونه موردی براساس مشاهدات و مصاحبه‌ها و همچنین تحلیل اسناد، بررسی‌های کیفی نیز صورت می‌پذیرند که در جمع بندی نهایی اعمال می‌گردد. بنابراین مؤلفه‌های

هوشمند سازی مستخرج از ادبیات موضوع با روش تحلیل عاملی خلاصه شده و در مدل ۵ عاملی فیزیکی، زیست محیطی، روانی و اقتصادی به عنوان متغیرهای پنهان مرتبه اول و مسکن هوشمند به عنوان متغیر پنهان مرتبه دوم در نظر گرفته شده است.

روش پژوهش حاضر، از نوع پیمایشی است که در آن اطلاعات مورد نیاز از نمونه‌ای معرف جامعه آماری جمع‌آوری شده و نتایج به کل جامعه تعمیم داده می‌شود. ابزار اصلی گردآوری داده‌ها، پرسشنامه بوده است. تحلیل داده‌ها در دو سطح آماری توصیفی و استنباطی انجام گرفت؛ در بخش توصیفی از شاخص‌هایی نظیر میانگین و انحراف معیار استفاده شده و در بخش استنباطی، برای آزمون مدل تجربی، روش معادلات ساختاری به کمک نرم‌افزار آماری Lisrel به کار گرفته شد. براساس مبانی نظری و مطابق با اصول تحلیل عاملی تأییدی، حداقل حجم نمونه بر اساس تعداد عوامل (متغیرهای پنهان) تعیین می‌شود و نه تعداد متغیرهای مشاهده‌شده. در مدل‌یابی معادلات ساختاری، معمولاً حدود ۲۰ نمونه به ازای هر عامل توصیه شده است. با توجه به این رویکرد و وجود چهار عامل در مدل مسکن هوشمند، حجم نمونه مورد نیاز حداکثر ۸۰ نفر برآورد می‌گردد تا ساختار علی متغیرهای مدل به طور قابل قبول تأیید شود. بر اساس آمار جمعیتی مرکز مورد مطالعه که شهری با جمعیت بالغ بر ۳٬۶۸۰٬۰۰۰ نفر است، نمونه‌گیری به روش تصادفی با استفاده از فرمول کوکران انجام و تعداد نمونه مورد نظر ۲۰۰ نفر تعیین شد. از این تعداد، ۱۰۰ نفر از میان ساکنان و کسبه محله‌های الزعفرانیه، المحمودیه، الوزیریه، الشرطه، الفاضل و البغداد الجدیدة انتخاب شدند که عمدتاً مرد و در رده سنی ۲۰ تا ۷۰ سال قرار داشتند. همچنین ۱۰۰ نفر دیگر با روش کارشناسی و به صورت هدفمند از میان صاحب‌نظران حوزه معماری و شهرسازی، به عنوان جامعه تخصصی انتخاب گردیدند.

یافته‌ها

در فرآیند پژوهش ابتدا شاخص مسکن هوشمند با روش تحلیل عاملی خلاصه شده و به ۴ عامل تقلیل یافته و به صورت ترکیبی از عوامل معنی دار ارایه گردیده است. سپس میزان تأثیر هر یک از عامل‌ها در تبیین مسکن هوشمند و با بهره‌گیری از مدل خروجی "Lisrel" شان می‌دهد هریک از مولفه‌های فیزیکی، زیست محیطی، روانی و اقتصادی به عنوان متغیرهای آشکار تا چه اندازه در تبیین متغیر پنهان مسکن هوشمند تأثیر می‌گذارند. و این تأثیرگذاری طبق جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. میزان وابستگی مسکن هوشمند در شهر بغداد به عوامل

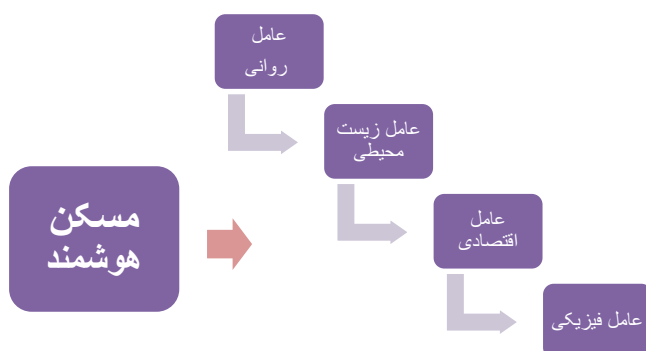
مسکن هوشمند	بار عاملی	t-value سطح بحرانی	میزان خطا
عامل فیزیکی	۰.۵۳	۸.۶۱	۰.۱۹
عامل زیست محیطی	۰.۶۲	۶.۹۴	۰.۳۶
عامل اقتصادی	۵۹.۰	۲.۵۳	۳.۶۸
عامل روانی	۰.۷۱	۹.۷۹	۰.۲۰

در این پژوهش با هدف بررسی مؤلفه‌های مؤثر بر مسکن هوشمند در شهر بغداد، از روش تحلیل عاملی اکتشافی جهت کاهش ابعاد داده‌ها و شناسایی ساختار زیربنایی متغیرهای مؤثر استفاده شده است. در مرحله اول، شاخص‌های مرتبط با مسکن هوشمند با بهره‌گیری از تحلیل عاملی به چهار عامل اصلی شامل مؤلفه‌های فیزیکی، زیست محیطی، اقتصادی و روانی تقلیل یافته‌اند. این چهار عامل به‌عنوان متغیرهای آشکار در نظر گرفته شده و برای ارزیابی میزان تأثیرگذاری هر یک از

آن‌ها بر متغیر پنهان "مسکن هوشمند"، از مدل‌سازی معادلات ساختاری با استفاده از نرم‌افزار LISREL بهره گرفته شده است. یافته‌های مدل خروجی نشان می‌دهند که بارهای عاملی هر یک از مؤلفه‌ها به ترتیب عبارت‌اند از: عامل روانی: ۰.۷۱ با $t\text{-value}$ برابر ۹.۷۹، عامل زیست‌محیطی: ۰.۶۲ با $t\text{-value}$ برابر ۶.۹۴، عامل اقتصادی: ۰.۵۹ با $t\text{-value}$ برابر ۲.۵۳ و عامل فیزیکی: ۰.۵۳ با $t\text{-value}$ برابر ۸.۶۱.

در مدل‌های معادلات ساختاری، مقادیر بار عاملی بیشتر از ۰.۵ نشان‌دهنده ارتباط قوی بین متغیر آشکار و متغیر پنهان هستند، و مقدار $t\text{-value}$ بالاتر از ۱.۹۶ نیز حاکی از معناداری آماری اثر در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. بر اساس این معیارها، عامل روانی با بالاترین بار عاملی (۰.۷۱) و مقدار $t\text{-value}$ معنادار (۹.۷۹)، بیشترین تأثیر را در تبیین مفهوم مسکن هوشمند در شهر بغداد دارد. این یافته بیانگر اهمیت ابعاد روانی نظیر احساس امنیت، آرامش، رضایت ذهنی و کیفیت زندگی در ادراک افراد از مسکن هوشمند است. در رتبه دوم، عامل زیست‌محیطی با بار عاملی ۰.۶۲ قرار دارد که نشان‌دهنده نقش مؤثر شرایط محیطی مانند کیفیت هوا، مصرف بهینه انرژی، بهره‌گیری از نور طبیعی و طراحی سازگار با اقلیم در ارتقاء شاخص‌های مسکن هوشمند است. عامل اقتصادی اگرچه دارای بار عاملی نسبتاً بالا (۰.۵۹) می‌باشد، اما مقدار $t\text{-value}$ آن تنها ۲.۵۳ بوده و سطح بحرانی آن نیز نسبتاً بالا گزارش شده است، که می‌تواند بیانگر آن باشد که تأثیر اقتصادی در مدل، با وجود ظاهر نسبتاً قوی، از نظر آماری در سطح قابل‌اعتماد پایین‌تری قرار دارد و نیازمند بررسی بیشتر است. این موضوع می‌تواند به دلیل نوسانات اقتصادی یا ادراک متفاوت ساکنان از اهمیت شاخص‌های اقتصادی در مقایسه با سایر مؤلفه‌ها باشد. در نهایت، عامل فیزیکی با بار عاملی ۰.۵۳ کمترین تأثیر را در بین عوامل مورد بررسی داشته است. هرچند مقدار t آن (۸.۶۱) معنادار است، اما نسبت به سایر عوامل نقش کم‌رنگ‌تری در تبیین مسکن هوشمند ایفا می‌کند. این بدان معناست که ابعاد کالبدی و زیرساختی مانند طراحی ساختمان، مصالح، فضاهای داخلی و دسترسی‌ها به تنهایی نمی‌توانند تعیین‌کننده اصلی در شکل‌گیری مفهوم مسکن هوشمند از دید ساکنان باشند.

یافته‌ها نشان می‌دهد که در فرآیند شکل‌گیری و ارزیابی مسکن هوشمند، ابعاد نرم‌افزاری و ذهنی (روانی و زیست‌محیطی) نقش پررنگ‌تری نسبت به ابعاد سخت‌افزاری و مادی (فیزیکی و اقتصادی) دارند. این موضوع بیانگر آن است که سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های مربوط به توسعه مسکن هوشمند در شهرهایی مانند بغداد باید فراتر از ملاحظات کالبدی و اقتصادی، به نیازهای روانی و محیطی ساکنان نیز توجه ویژه‌ای داشته باشند. به‌طور خاص، ارتقاء احساس امنیت، رضایت ذهنی و بهبود کیفیت محیط‌زیست می‌تواند در افزایش ادراک عمومی از مسکن هوشمند نقش کلیدی ایفا نماید (شکل ۱).



شکل ۱. مدل مسکن هوشمند با توجه به اولویت اثرگذاری عوامل وابسته

در راستای بررسی عمیق‌تر ابعاد مؤثر بر هوشمندی مسکن، در این مرحله از پژوهش، تحلیل عاملی تأییدی مرحله دوم (Second-Order Confirmatory Factor Analysis) بر روی عامل فیزیکی صورت پذیرفت. در این مدل، مؤلفه فیزیکی به‌عنوان متغیر پنهان و شاخص‌های مرتبط با آن به‌عنوان متغیرهای آشکار در نظر گرفته شدند تا میزان اثرگذاری هر شاخص بر ادراک هوشمندی مسکن مورد آزمون قرار گیرد.

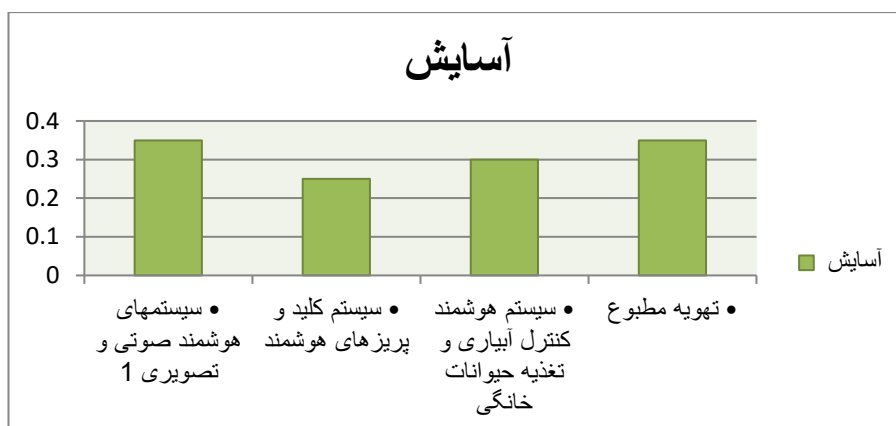
بر اساس نتایج جدول ۲، عامل فیزیکی به دو زیرمؤلفه اصلی شامل آسایش و ایمنی تقسیم گردید. برای هر زیرمؤلفه، مجموعه‌ای از شاخص‌های فناوری محور استخراج و بارهای عاملی آن‌ها محاسبه شد. در زیرمؤلفه آسایش، شاخص‌های «تهویه مطبوع»، «سیستم‌های صوتی و تصویری هوشمند»، «کلید و پریز هوشمند» و «کنترل هوشمند آبیاری و تغذیه حیوانات خانگی» مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سیستم تهویه مطبوع با بار عاملی ۰.۵۱ بالاترین نقش را در تبیین آسایش فیزیکی در خانه‌های هوشمند دارد. این یافته نشان‌دهنده اهمیت بالای کنترل شرایط محیطی (نظیر دما و کیفیت هوا) در درک آسایش ساکنان است. سایر شاخص‌ها نظیر کنترل تغذیه حیوانات خانگی با بار عاملی پایین‌تر (۰.۱۸)، تأثیر کمتری داشته‌اند که می‌تواند ناشی از استفاده محدود یا کم‌اهمیت تلقی شدن این ویژگی‌ها از سوی کاربران باشد.

در زیرمؤلفه ایمنی نیز شاخص‌های «سیستم اعلام حریق هوشمند»، «سیستم مانیتورینگ و کنترل» و «تشخیص حرکت موجود زنده» مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن است که سیستم اعلام حریق هوشمند با بار عاملی ۰.۷۰ مؤثرترین شاخص در ادراک ایمنی خانه هوشمند محسوب می‌شود. این شاخص به‌عنوان یک عنصر حیاتی در پیشگیری از حوادث غیرمنتظره، از دید کاربران جایگاه ویژه‌ای دارد. در مقابل، سیستم تشخیص حرکت با بار عاملی ۰.۳۵ نقش کمتری در ادراک ایمنی ایفا کرده است.

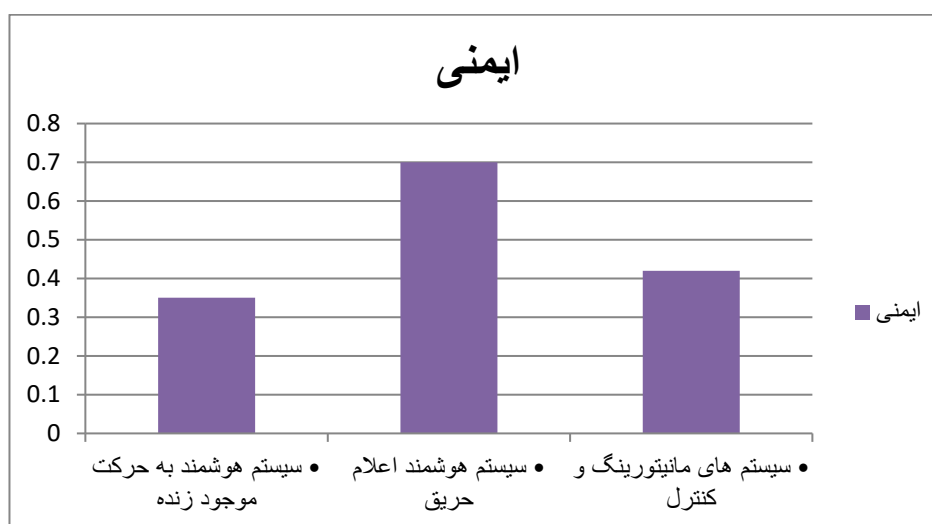
این نتایج بیانگر آن هستند که در میان شاخص‌های عامل فیزیکی، آن دسته از فناوری‌هایی که مستقیماً با حفظ سلامت و امنیت فیزیکی ساکنان در ارتباط هستند (نظیر تهویه مطبوع و اعلام حریق)، بیشترین تأثیر را در تبیین هوشمندی مسکن دارا می‌باشند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تمرکز بر توسعه و به‌کارگیری این فناوری‌ها در طراحی مسکن‌های هوشمند، می‌تواند به شکل مؤثرتری منجر به ارتقاء کیفیت زندگی و افزایش رضایت ساکنان گردد.

جدول ۲. تأثیر شاخص‌های عامل فیزیکی در مسکن هوشمند

عامل اول: عامل فیزیکی مسکن هوشمند	شاخص‌های بارگذاری شده	امتیاز و بار عاملی	سطح بحرانی T-VALUE	خطای استاندارد
آسایش	سیستم‌های هوشمند صوتی و تصویری	۰.۳۵	-	۰.۹۴
	سیستم کلید و پریزهای هوشمند	۰.۲۵		
	سیستم هوشمند کنترل آبیاری و تغذیه حیوانات خانگی	۰.۱۸		
	تهویه مطبوع	۰.۵۱		
ایمنی	سیستم هوشمند به حرکت موجود زنده	۰.۳۵	۱.۹۸	۰.۸۸
	سیستم هوشمند اعلام حریق	۰.۷۰		
	سیستم‌های مانیتورینگ و کنترل	۰.۴۲		



شکل ۲. همبستگی آسایش مسکن هوشمند با اقدامات



شکل ۳. همبستگی ایمنی با سنجهای تعریف شده در تبیین مسکن هوشمند

در راستای ارزیابی نقش مؤلفه‌های زیست‌محیطی در تبیین مسکن هوشمند، جدول ۳ به بررسی شاخص‌های این عامل از طریق تحلیل عاملی تأییدی دو مرحله‌ای می‌پردازد. در این مدل، عامل زیست‌محیطی به عنوان یک متغیر پنهان و شاخص‌های مربوط به آن به عنوان متغیرهای آشکار در نظر گرفته شده‌اند تا میزان اثرگذاری هریک در شکل‌گیری درک شهروندان از هوشمندی زیست‌محیطی مسکن ارزیابی گردد. این عامل به دو زیرمؤلفه اصلی «بهینه‌سازی مصرف انرژی» و «فضای سبز» تفکیک شده است.

در زیرمؤلفه «بهینه‌سازی مصرف انرژی»، شاخص «کنترل هوشمند مصرف سیستم‌های سرمایش و گرمایش» با بار عاملی ۰.۸۳، بالاترین تأثیر را در این بخش دارد. این یافته نشان‌دهنده اهمیت بالای مدیریت انرژی در فضاهای داخلی و نقش محسوس آن در افزایش راندمان انرژی و کاهش هزینه‌ها است. سایر شاخص‌ها نظیر «عدم استفاده از سوخت‌های فسیلی» (۰.۵۳)، «میزان تولید انرژی خورشیدی» (۰.۳۵)، «کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای» (۰.۲۸) و «کاهش آلاینده‌های

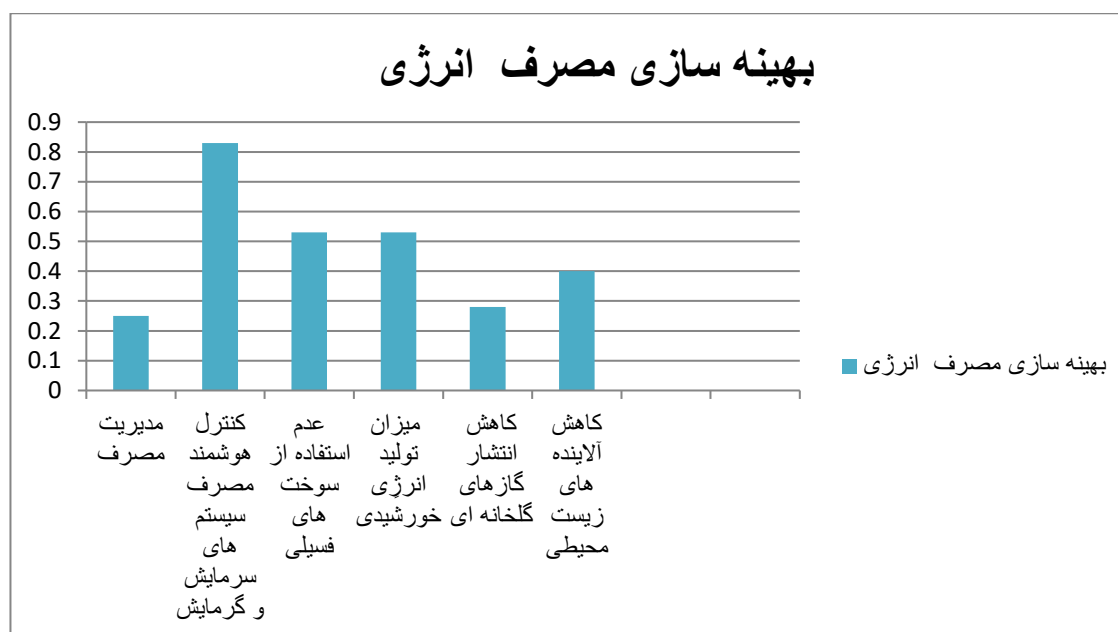
زیست‌محیطی» (۰.۴۰) نیز در مدل لحاظ شده‌اند، اما بار عاملی نسبتاً پایین‌تری داشته‌اند که نشان از تأثیر کمتر آن‌ها در ذهنیت کاربران دارد. این امر می‌تواند به علت ماهیت غیرمستقیم این شاخص‌ها یا درک کمتر کاربران از نقش آن‌ها در زندگی روزمره باشد.

در بخش «فضای سبز»، شاخص «بهره‌گیری از فضای سبز در ساختمان» با بار عاملی ۰.۸۸ بالاترین نقش را ایفا می‌کند. این امر بیانگر آن است که وجود فضای سبز نه تنها به عنوان یک عنصر زیبایی‌شناختی، بلکه به عنوان نمادی از پایداری زیست‌محیطی، از دید کاربران اهمیت دارد. همچنین، «گلخانه‌های هوشمند» نیز با بار عاملی ۰.۷۹ نقش نسبتاً بالایی در این بخش دارند که گویای توجه به کشاورزی شهری و استفاده بهینه از منابع درون‌ساختمانی است.

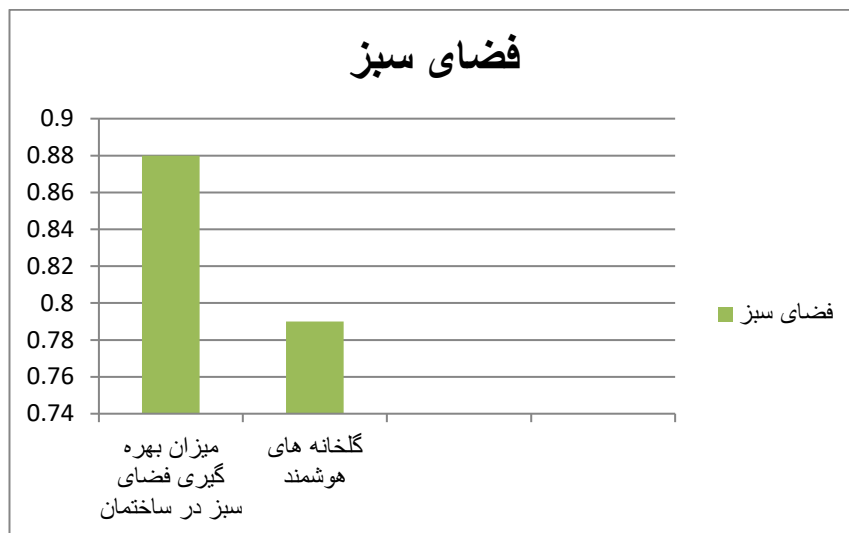
به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد شاخص‌هایی که اثرگذاری ملموس و مستقیم‌تری بر کیفیت زندگی ساکنان دارند، همچون کنترل هوشمند مصرف انرژی و بهره‌گیری از فضای سبز، تأثیر بیشتری در تبیین هوشمندی زیست‌محیطی مسکن دارند. بنابراین، توسعه و طراحی مسکن‌های هوشمند آینده، زمانی مؤثرتر خواهد بود که اولویت را به پیاده‌سازی فناوری‌های قابل درک، قابل استفاده و اثرگذار در زندگی روزمره ساکنان بدهد.

جدول ۳. تأثیر شاخص‌های عامل زیست محیطی در مسکن هوشمند

عامل زیست محیطی	شاخص‌های بارگذاری شده	امتیاز	T-Value	خطای استاندارد
بهره‌گیری از فضای سبز	مدیریت مصرف انرژی	۰.۲۵	۲.۴۳	۶.۹۹
	کنترل هوشمند مصرف سیستم‌های سرمایش و گرمایش	۰.۸۳	۹.۳۱	۵.۶۲
	عدم استفاده از سوخت‌های فسیلی	۰.۵۳	۲.۴۳	۶.۹۹
	میزان تولید انرژی خورشیدی	۰.۳۵	۹.۳۱	۵.۶۲
	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰.۲۸	۶.۹۹	۴.۷۹
	کاهش آلاینده‌های زیست محیطی	۰.۴۰	۴.۷۸	۵.۳۴
فضای سبز	میزان بهره‌گیری فضای سبز در ساختمان	۰.۸۸	۱۰.۰۹	۴.۷۹
	گلخانه‌های هوشمند	۰.۷۹	۷.۷۹	۴.۷۸



شکل ۴. میزان وابستگی شاخص بهینه سازی مصرف انرژی مسکن هوشمند به اقدامات



شکل ۵. میزان وابستگی شاخص فضای سبز مسکن هوشمند به اقدامات

بر اساس شکل‌های فوق، در عامل زیست محیطی مسکن هوشمند، تجهیز خانه با سیستم‌های هوشمند سرمایش و گرمایش، بیشترین تاثیر را در بهینه سازی مصرف انرژی داشته، همچنین بهره گیری از فضاهای سبز نیز تاثیر بیشتری در هوشمندی زیست محیطی مسکن هوشمند داشته است.

در بررسی نقش عامل اقتصادی در تبیین مفهوم مسکن هوشمند، نتایج تحلیل عاملی تأییدی مرحله دوم (جدول ۴) بیانگر آن است که این مؤلفه از دو بخش اصلی تشکیل شده است: کنترل و مدیریت هزینه‌های ساختمان و مواد و مصالح هوشمند. در این مدل، شاخص‌های وابسته به هر زیرمؤلفه به‌عنوان متغیرهای آشکار و عامل اقتصادی به‌عنوان متغیر پنهان در نظر گرفته شده‌اند تا روابط علی بین آن‌ها و میزان تبیین‌کنندگی هر شاخص مورد ارزیابی قرار گیرد. در بخش کنترل و مدیریت هزینه‌های ساختمان، چهار شاخص کلیدی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که به‌ترتیب شامل کاهش هزینه مصرف انرژی، کنترل دما، پرده‌های هوشمند و کاهش هزینه تعمیر و نگهداری هستند. در میان این شاخص‌ها، کاهش هزینه تعمیر و نگهداری با بار عاملی ۰.۵۱، بیشترین نقش را ایفا کرده و به‌عنوان مهم‌ترین شاخص اقتصادی در ذهن پاسخ‌دهندگان شناخته شده است. این موضوع در شکل ۸ نیز به‌وضوح مشاهده می‌شود. چنین یافته‌ای نشان می‌دهد که کاربران، کارایی اقتصادی مسکن هوشمند را بیش از هر چیز در کاهش نیاز به تعمیرات مکرر، سهولت نگهداری و افزایش عمر تجهیزات می‌بینند.

در مقابل، سایر شاخص‌ها همچون «کاهش هزینه انرژی» و «کنترل دما» با بار عاملی ۰.۲۵ و «پرده هوشمند» با بار عاملی ۰.۱۸ دارای تأثیرگذاری ضعیف‌تری هستند. این اختلاف می‌تواند ناشی از درک کمتر کاربران از تأثیر این فناوری‌ها در کوتاه‌مدت یا نبود تجربه ملموس از صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از آن‌ها باشد. به بیان دیگر، اگرچه این شاخص‌ها از نظر فنی واجد اهمیت‌اند، اما هنوز نتوانسته‌اند جایگاه قابل توجهی در ذهنیت کاربران به‌عنوان فاکتورهای مؤثر اقتصادی کسب کنند.

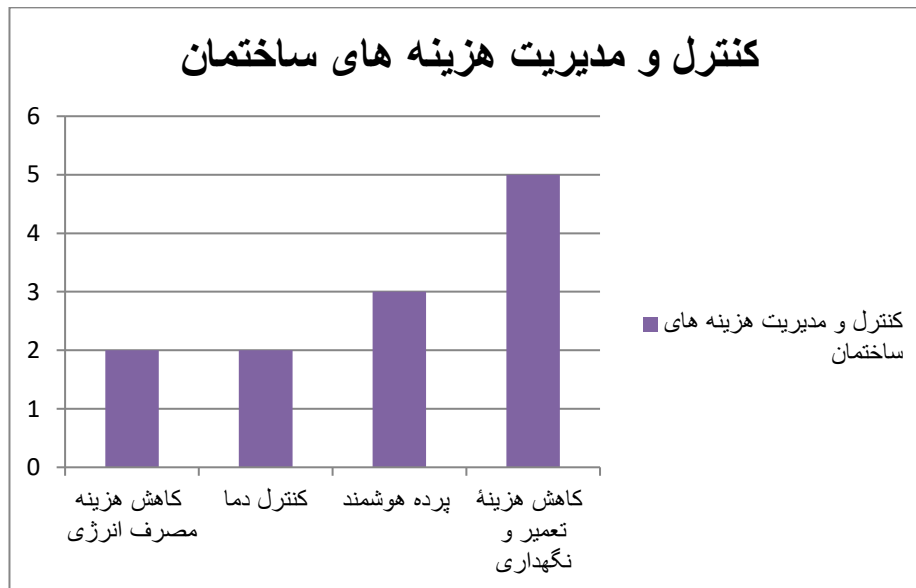
از سوی دیگر، در بخش مواد و مصالح هوشمند تنها یک شاخص بررسی شده است: «استفاده از مصالح و فناوری‌هایی با قابلیت ذخیره و تبدیل انرژی»، که دارای بار عاملی ۰.۳۲ می‌باشد. این شاخص نیز گرچه از نظر مفهومی و زیربنایی اهمیت زیادی دارد، اما درک و تجربه مستقیم کاربران از تأثیر آن بر هزینه‌های

اقتصادی ساختمان هنوز محدود است. به نظر می‌رسد آگاهی عمومی نسبت به این نوع فناوری‌ها و همچنین هزینه بالای اجرای اولیه آن‌ها، مانعی برای درک اثرگذاری مستقیم آن در اقتصاد خانوار باشد.

برآیند این تحلیل نشان می‌دهد که مؤلفه اقتصادی در مسکن هوشمند زمانی برای کاربران معنادار و تأثیرگذار خواهد بود که خروجی‌های آن به صورت ملموس، کوتاه‌مدت و قابل اندازه‌گیری بر هزینه‌های روزمره ساختمان نمود پیدا کند. به‌ویژه، کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری در صدر اولویت‌های اقتصادی کاربران قرار دارد. بنابراین، توسعه‌دهندگان حوزه مسکن هوشمند باید با تمرکز بر فناوری‌های ساده‌تر، با کارایی بلندمدت و هزینه‌های نگهداری کمتر، در کنار ارتقاء سطح آگاهی عمومی از منافع فناوری‌های پیچیده‌تر، در جهت بهبود تجربه اقتصادی کاربران گام بردارند.

جدول ۴. تاثیر شاخص‌های عامل اقتصادی در مسکن هوشمند

عامل اقتصادی مسکن هوشمند	شاخص‌های بارگذاری شده	امتیاز و بار عاملی	سطح بحرانی T-VALUE	خطای استاندارد
کنترل و مدیریت هزینه‌های ساختمان	کاهش هزینه مصرف انرژی	۰.۲۵	-	۰.۹۴
	کنترل دما	۰.۲۵		
	پرده هوشمند	۰.۱۸		
	کاهش هزینه تعمیر و نگهداری	۰.۵۱		
مواد و مصالح هوشمند	استفاده از مصالح و فناوری با قابلیت ذخیره و تبدیل انرژی	۰.۳۲	۱.۹۸	۰.۸۸



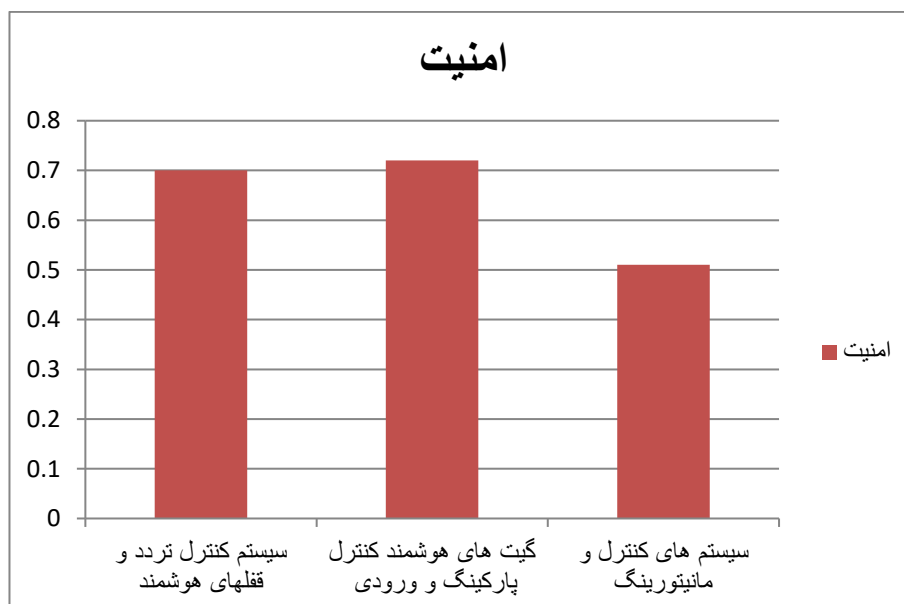
شکل ۶. میزان وابستگی شاخص کنترل و مدیریت مسکن هوشمند به اقدامات

بر اساس یافته‌های جدول ۵ و نمودارهای مربوطه، مؤلفه روانی یکی از مهم‌ترین ابعاد سازنده مسکن هوشمند در شهر بغداد محسوب می‌شود. این مؤلفه مشتمل بر دو بعد «امنیت» و «آرامش» است که هر یک از طریق مجموعه‌ای از شاخص‌های قابل مشاهده اندازه‌گیری شده‌اند. در بخش امنیت، شاخص‌هایی مانند

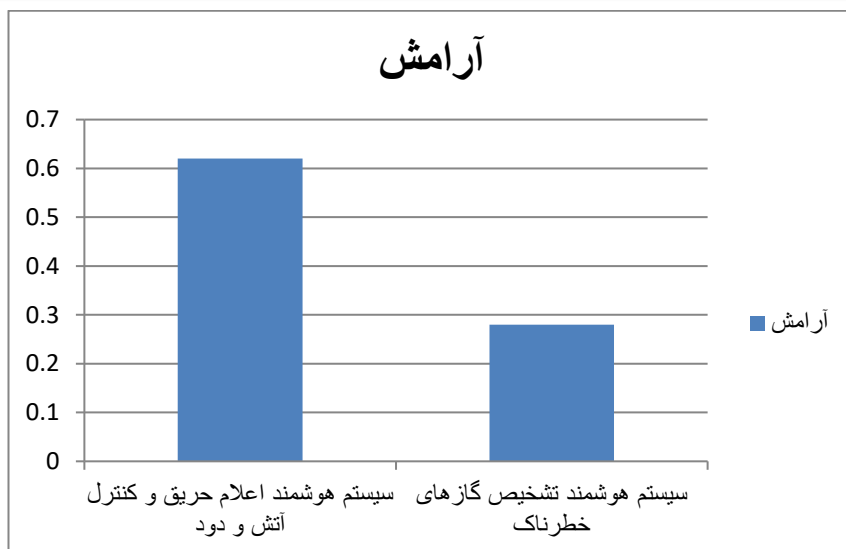
«سیستم کنترل تردد و قفل‌های هوشمند»، «گیت‌های هوشمند کنترل پارکینگ و ورودی» و «سیستم‌های مانیتورینگ و کنترل» مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج حاکی از آن است که گیت‌های هوشمند کنترل پارکینگ و ورودی با بار عاملی ۰.۷۲ بیشترین نقش را در ارتقاء احساس امنیت ایفا می‌کنند. در بُعد آرامش نیز شاخص‌هایی نظیر «سیستم هوشمند اعلام حریق و کنترل آتش و دود» و «سیستم هوشمند تشخیص گازهای خطرناک» بررسی شده‌اند که در این میان، سیستم اعلام حریق و کنترل آتش و دود با بار عاملی ۰.۶۲ نقش مهم‌تری در تأمین آرامش روانی ساکنین دارد. این نتایج نشان می‌دهد که فناوری‌های هوشمند نه تنها بر کیفیت فیزیکی سکونت، بلکه بر احساس ذهنی امنیت و آرامش نیز تأثیرگذارند. با توجه به بار عاملی کلی مؤلفه روانی (۰.۷۱)، این بُعد به عنوان قوی‌ترین عامل در تبیین مسکن هوشمند شناخته می‌شود. بنابراین، به کارگیری فناوری‌هایی که به ارتقاء احساس ایمنی و آسایش ذهنی ساکنین کمک می‌کنند، در فرآیند طراحی مسکن هوشمند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

جدول ۵. تأثیر شاخص‌های عامل روانی در مسکن هوشمند

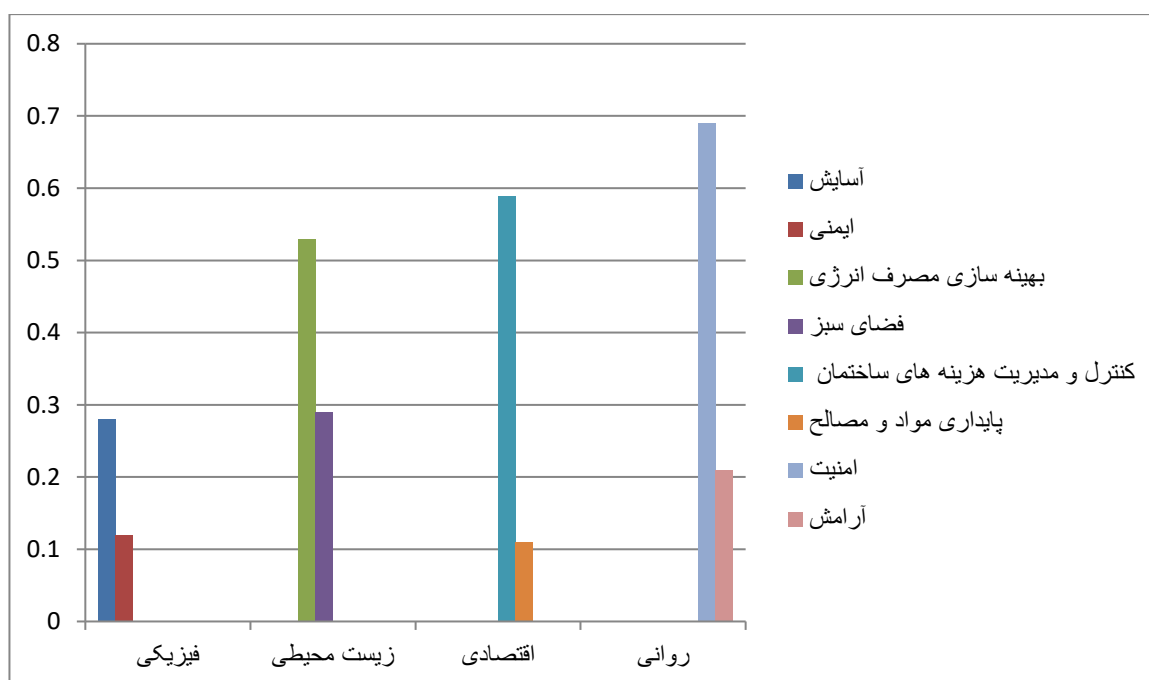
عامل روانی مسکن	شاخص‌های بارگذاری شده	امتیاز و بار عاملی	سطح بحرانی - T VALUE	خطای استاندارد
امنیت	سیستم کنترل تردد و قفل‌های هوشمند	۰.۷۰	-	۰.۹۴
	گیت‌های هوشمند کنترل پارکینگ و ورودی	۰.۷۲		
	سیستم‌های کنترل و مانیتورینگ	۰.۵۱		
آرامش	سیستم هوشمند اعلام حریق و کنترل آتش و دود	۰.۶۲	۱.۹۸	۰.۸۸
	سیستم هوشمند تشخیص گازهای خطرناک	۰.۲۸		



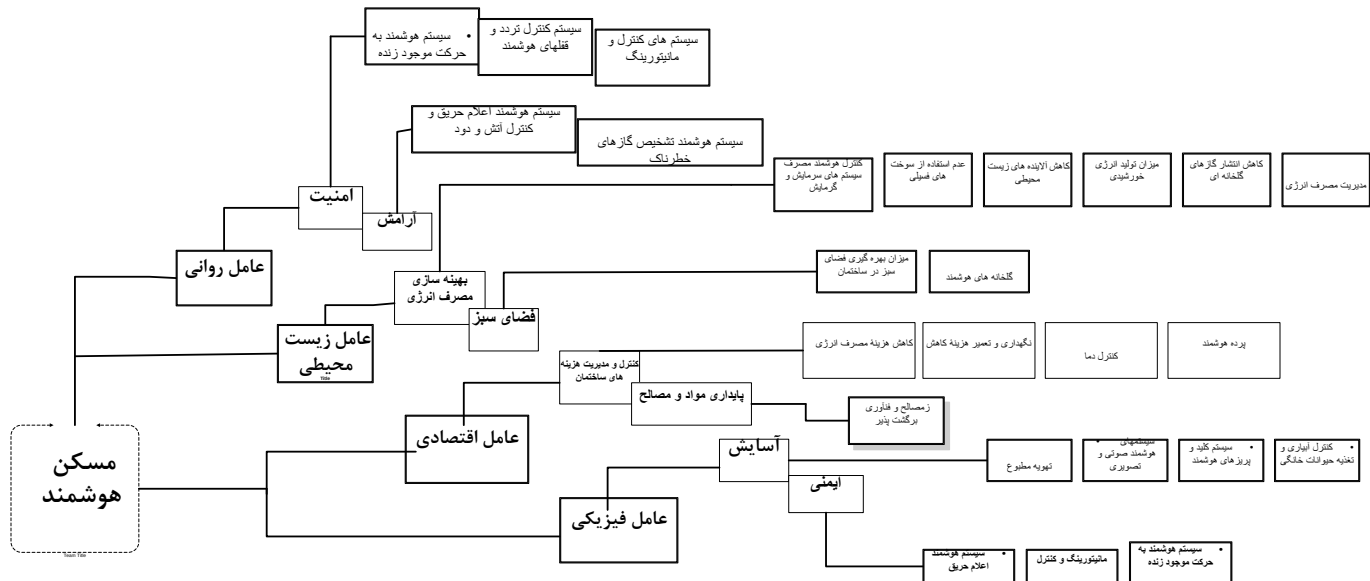
شکل ۷. میزان وابستگی شاخص امنیت مسکن هوشمند به اقدامات



شکل ۸. میزان وابستگی شاخص امنیت مسکن هوشمند به سنج‌های تبیین کننده



شکل ۹. عوامل موثر در تبیین مسکن هوشمند شهر بغداد



شکل ۱۰. مدل مسکن هوشمند در شهر بغداد بر اساس اولویت عوامل وابسته

با توجه به یافته‌های تحلیلی حاصل از جدول‌های فوق و نمودارهای مرتبط، می‌توان چهار مؤلفه اصلی تأثیرگذار در تبیین مسکن هوشمند در شهر بغداد را شناسایی و اولویت‌بندی نمود. این مؤلفه‌ها که از طریق مدل تحلیل عاملی تأییدی و برازش مدل مفهومی مورد سنجش قرار گرفته‌اند، به ترتیب اهمیت عبارتند از: مؤلفه روانی شامل زیرمجموعه‌های امنیت و آرامش روانی که به ترتیب متأثر از سیستم‌های هوشمند کنترل تردد، گیت‌های ورودی، سیستم‌های هشدار حریق و تشخیص گاز هستند. این مؤلفه با بالاترین بار عاملی، قوی‌ترین سازه در مدل مفهومی محسوب می‌شود.

مؤلفه زیست‌محیطی دومین مؤلفه تأثیرگذار، شامل بهینه‌سازی مصرف انرژی (از طریق کنترل هوشمند سرمایش و گرمایش، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش آلاینده‌ها) و توسعه فضای سبز (گلخانه‌های هوشمند، باغچه‌های عمودی و...) است. این مؤلفه تأکید ویژه‌ای بر کاهش اثرات زیست‌محیطی و مصرف سوخت‌های فسیلی دارد.

مؤلفه اقتصادی دربرگیرنده شاخص‌هایی نظیر کاهش هزینه‌های انرژی، نگهداری و تعمیرات، و استفاده از مصالح و فناوری‌های صرفه‌جویانه در انرژی است. این مؤلفه، نمایانگر رویکرد پایداری اقتصادی در برنامه‌ریزی مسکن هوشمند است.

مؤلفه فیزیکی هرچند در جایگاه چهارم قرار دارد، اما همچنان نقش قابل توجهی در ارتقاء کیفیت سکونت دارد. این مؤلفه شامل سیستم‌های هوشمند تهویه، کنترل صوتی و تصویری، پرده‌ها و کلیدهای هوشمند و نیز فناوری‌های ارتقاءدهنده ایمنی فیزیکی مانند سنسورهای حرکت و کنترل آتش است.

تحلیل مدل مفهومی مسکن هوشمند در شهر بغداد نشان می‌دهد که طراحی موفق این نوع سکونت‌گاه‌ها مستلزم توجه هم‌زمان به ابعاد روانی، زیست‌محیطی، اقتصادی و فیزیکی است. در میان این ابعاد، مؤلفه روانی بیشترین تأثیر را دارد و می‌تواند به عنوان نقطه تمرکز اصلی برای بهبود کیفیت زندگی ساکنین تلقی شود. از سوی دیگر، اهمیت بالای مؤلفه زیست‌محیطی، به ویژه در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی، نشان‌دهنده جهت‌گیری جهانی به سوی پایداری و مقابله با بحران انرژی است. بر این اساس، سیاست‌گذاران، طراحان و سرمایه‌گذاران در حوزه مسکن باید در فرآیند هوشمندسازی، نه تنها به ابعاد فنی، بلکه به جنبه‌های ذهنی و

اجتماعی فناوری نیز توجه ویژه‌ای داشته باشند تا از یک‌سو پذیرش اجتماعی پروژه‌های هوشمند افزایش یابد و از سوی دیگر، اثرات مثبت این فناوری‌ها بر رفاه ساکنین به حداکثر برسد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحلیل داده‌های این پژوهش نشان داد که در تبیین مفهوم مسکن هوشمند در شهر بغداد، چهار عامل اصلی فیزیکی، زیست‌محیطی، اقتصادی و روانی تأثیرگذار هستند. بر اساس خروجی مدل معادلات ساختاری، عامل روانی با بار عاملی ۰.۷۱ و مقدار t برابر ۹.۷۹ بیشترین تأثیر را بر متغیر پنهان «مسکن هوشمند» داشته است. پس از آن، عامل زیست‌محیطی با بار عاملی ۰.۶۲، عامل اقتصادی با بار عاملی ۰.۵۹ و در نهایت عامل فیزیکی با بار عاملی ۰.۵۳ قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ابعاد ذهنی و روانی ساکنان در ادراک از هوشمندی مسکن، نقش برجسته‌تری نسبت به مؤلفه‌های کالبدی و اقتصادی ایفا می‌کنند.

از منظر تحلیل کیفی یافته‌ها، می‌توان دریافت که امنیت روانی، احساس آرامش، و رضایت ذهنی از سکونت، بیشترین وزن را در ذهنیت پاسخ‌دهندگان نسبت به خانه‌های هوشمند داشته‌اند. این موضوع با یافته‌های (13) که تأکید می‌کند برقراری تعامل اجتماعی، ایمنی روانی و سهولت زندگی از اهداف کلیدی در طراحی ساختمان‌های هوشمند است، هم‌راستا می‌باشد. همچنین، استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل تردد، گیت‌های ورود و خروج و تجهیزات هشداردهنده در ایجاد حس امنیت نقش مؤثری ایفا کرده‌اند که در پژوهش (24) نیز به‌عنوان بخشی از الزامات شهرهای هوشمند مورد تأکید قرار گرفته است.

در بخش زیست‌محیطی، یافته‌ها نشان داد که بهینه‌سازی مصرف انرژی، عدم استفاده از سوخت‌های فسیلی، و بهره‌برداری از فضای سبز، از مؤثرترین شاخص‌ها بوده‌اند. این نتایج با مطالعات (27) و (10) هماهنگ است که تأکید دارند نقش مؤلفه‌های اکولوژیکی و معماری پایدار در کاهش بار انرژی ساختمان‌ها به‌ویژه در اقلیم‌های گرم بسیار حائز اهمیت است. همچنین، کاربرد سیستم‌های سرمایش و گرمایش هوشمند در این پژوهش، به‌عنوان مؤثرترین فناوری در کاهش انرژی معرفی شده است، که با یافته‌های (9) در زمینه معماری انرژی‌کارآمد نیز هم‌راستا می‌باشد.

در بعد اقتصادی، کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات ساختمان به‌عنوان مهم‌ترین شاخص توسط مشارکت‌کنندگان معرفی شد. این نتیجه با یافته‌های پژوهش (15) مطابقت دارد که در آن نیز عنوان شده بود که کاربران خانه‌های هوشمند بیش از هر چیز به کاهش هزینه‌های جاری ساختمان توجه دارند، نه صرفاً فناوری‌های پیچیده و پرهزینه. از سوی دیگر، شاخص‌هایی نظیر پرده‌های هوشمند یا کنترل دمای داخلی، اگرچه دارای کاربرد فنی هستند، اما از دید پاسخ‌دهندگان تأثیر اقتصادی محدودی داشته‌اند. چنین برداشتی نشان می‌دهد که درک کاربران از ارزش اقتصادی برخی فناوری‌ها هنوز نیازمند ارتقاء دانش و تجربه کاربری است.

تحلیل عامل فیزیکی نیز نشان داد که شاخص‌هایی نظیر تهویه مطبوع، سیستم‌های صوتی و تصویری هوشمند، و تجهیزات ایمنی نقش مؤثری در تبیین مسکن هوشمند ایفا می‌کنند. این یافته با مطالعات (18) و (26) سازگار است که در آن بر نقش طراحی اقلیمی، مدیریت نور و تهویه، و ساختار فیزیکی مبتنی بر تعامل با فناوری تأکید شده است. همچنین، استفاده از مصالح هوشمند مانند شیشه‌های فوتوکرومیک یا بتن‌های ذخیره‌کننده انرژی که در پژوهش (25) بررسی شده، می‌تواند در افزایش بهره‌وری انرژی و بهبود آسایش ساکنان تأثیرگذار باشد، اگرچه این عوامل هنوز در ذهنیت عمومی چندان برجسته نشده‌اند.

نکته قابل توجه در یافته‌های این تحقیق، جایگاه برتر مؤلفه‌های نرم‌افزاری و روانی در درک هوشمندی ساختمان‌ها از سوی ساکنان است. این امر نشان می‌دهد که صرف تمرکز بر زیرساخت‌های سخت‌افزاری برای توسعه مسکن هوشمند کافی نیست، بلکه باید به نیازهای روان‌شناختی، فرهنگی و امنیتی کاربران نیز توجه شود. چنین رویکردی با دیدگاه (20) درباره ضرورت هم‌راستایی بین فناوری‌های شهری و تاب‌آوری اجتماعی همخوانی دارد. از همین رو، توسعه مسکن هوشمند مستلزم توجه هم‌زمان به ابعاد فنی، روانی، اقتصادی و محیطی است تا ادراک و رضایت ساکنان در سطح بالاتری قرار گیرد.

از سوی دیگر، یافته‌ها نشان داد که برخی شاخص‌ها، علیرغم نقش فنی مهم، از منظر کاربران چندان برجسته نبوده‌اند. برای مثال، استفاده از سیستم‌های تشخیص گازهای خطرناک یا پرده‌های هوشمند در ذهنیت پاسخ‌دهندگان جایگاه ضعیف‌تری داشتند. این مسئله، که در پژوهش (14) نیز به آن اشاره شده، می‌تواند ناشی از آگاهی محدود کاربران نسبت به عملکرد این سیستم‌ها یا عدم تجربه ملموس آن‌ها در زندگی روزمره باشد. لذا ضروری است که آموزش‌های هدفمند برای آشنایی ساکنان با مزایای فناوری‌های نوین در دستور کار قرار گیرد.

در جمع‌بندی، می‌توان اذعان داشت که مدل پیشنهادی مسکن هوشمند در این پژوهش، با تأکید بر مؤلفه‌های روانی و زیست‌محیطی، چارچوبی قابل اتکا برای طراحی و برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های آینده در بغداد فراهم می‌سازد. این رویکرد با مطالعات جهانی نظیر (21، 22) و منطقه‌ای نظیر (5، 23) هم‌راستا است که بر توسعه پایدار، بهبود کیفیت زندگی و تلفیق فناوری با نیازهای انسانی در سکونتگاه‌ها تأکید دارند.

یکی از محدودیت‌های اصلی این پژوهش، تمرکز جغرافیایی آن بر مناطق خاصی از شهر بغداد بود که ممکن است نتایج به‌دست‌آمده را تنها به شرایط اجتماعی و فرهنگی همان مناطق محدود کند. همچنین، استفاده از پرسشنامه‌های خودگزارشی می‌تواند منجر به سوگیری در پاسخ‌ها شود، چرا که درک کاربران از فناوری‌های هوشمند با دانش و تجربه قبلی آنان مرتبط است. محدودیت دیگر، عدم تحلیل تفصیلی بر تفاوت‌های نسلی، جنسیتی یا فرهنگی در ادراک هوشمندی ساختمان‌هاست که می‌تواند یافته‌ها را غنی‌تر سازد.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با پوشش جغرافیایی وسیع‌تری در شهرهای مختلف عراق انجام شود تا امکان تعمیم‌پذیری نتایج افزایش یابد. همچنین، بررسی تجربی و کیفی ادراک کاربران از عملکرد فناوری‌های خاص مانند سیستم‌های مدیریت انرژی، تشخیص دود یا سامانه‌های هوش مصنوعی می‌تواند درک عمیق‌تری از عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری فراهم کند. پژوهش‌های آینده همچنین می‌توانند با بهره‌گیری از روش‌های طولی، اثرات بلندمدت استفاده از مسکن هوشمند بر کیفیت زندگی، سلامت روان و رضایت سکونتی را بررسی کنند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ریزان شهری در بغداد در طراحی پروژه‌های مسکن هوشمند، اولویت را به ارتقای مؤلفه‌های روانی مانند احساس امنیت، آرامش ذهنی و تعامل آسان با سیستم‌های هوشمند بدهند. در کنار آن، استفاده از فناوری‌های کارآمد در بهینه‌سازی انرژی مانند سیستم‌های سرمایش هوشمند و مدیریت نور طبیعی باید به‌عنوان ضرورت اجرایی مدنظر قرار گیرد. همچنین، توسعه زیرساخت‌های آموزشی برای آشنایی شهروندان با مزایای ساختمان‌های هوشمند، گامی کلیدی در تحقق پذیرش اجتماعی و موفقیت پروژه‌های آتی خواهد بود.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

خلاصه مبسوط

Extended Abstract

Introduction

In the age of rapid urbanization and environmental crisis, the concept of smart housing has emerged as a critical response to escalating energy consumption and the growing demand for sustainable urban development. Cities around the world are transitioning from traditional urban management models toward technologically integrated smart systems. Within this framework, smart buildings play a pivotal role by leveraging advanced digital infrastructures to optimize energy consumption, ensure safety, and enhance quality of life. According to global estimates, buildings account for over 40% of global energy use and about 30% of greenhouse gas emissions, making them one of the most significant contributors to climate change (6, 7). Addressing energy efficiency in buildings is thus a strategic imperative in achieving sustainable development goals.

Recent advances in Internet of Things (IoT), artificial intelligence, and Building Management Systems (BMS) have allowed for the creation of smart environments where lighting, ventilation, heating, and security are all managed through adaptive, data-driven systems (2, 9). This evolution has shifted the focus from merely constructing shelters to building responsive, user-centric environments. In cities like Baghdad, with historical urban layouts and contemporary infrastructural challenges, smart housing offers an opportunity to integrate traditional architecture with innovative energy solutions (4, 24). The development of such models is not only a technological endeavor but also a sociocultural and psychological one, as user perceptions of safety, comfort, and environmental awareness significantly shape the adoption of smart technologies (13, 23).

The role of psychological and social dimensions in the design of smart housing is increasingly acknowledged in the literature. Residents seek not only lower energy bills but also increased control over their environment, enhanced comfort, and a sense of security—objectives that smart systems are uniquely positioned to deliver (1, 12). Moreover, the application of smart materials such as photochromic glass, thermochromic coatings, and energy-storing construction components provides

architects and engineers with novel tools to design buildings that are not only efficient but also interactive and adaptive to environmental changes (25, 26). The convergence of these technologies paves the way for cities like Baghdad to implement sustainable architectural models that meet both environmental and societal needs.

While global smart housing initiatives have made significant strides in regions such as Europe, North America, and East Asia, cities in the Middle East, particularly Baghdad, face unique challenges. The historical fabric, climatic conditions, socio-political dynamics, and varying degrees of digital literacy all influence the feasibility and success of smart housing deployment (5, 14). Thus, the development of a localized smart housing model for Baghdad must account for these multifaceted factors, prioritizing psychological well-being, environmental adaptability, and economic viability. This study, therefore, aims to design and validate a context-specific smart housing model for Baghdad, focusing on optimizing energy consumption and improving residents' lived experiences through a multi-dimensional framework.

Methods and Materials

This applied research adopted a descriptive-analytical design with a quantitative approach. The research process unfolded in two main phases. In the first phase, theoretical and empirical literature was reviewed to identify and categorize the key components of smart housing, leading to the construction of a conceptual model. In the second phase, a structured questionnaire was developed based on the identified dimensions—physical, environmental, economic, and psychological—and distributed among two target groups in Baghdad: 100 residents from selected neighborhoods (Al-Mansour, Al-Jadriya, and others) and 100 experts in architecture and urban planning.

Data were analyzed using confirmatory factor analysis (CFA) and structural equation modeling (SEM) through LISREL software. The reliability of the questionnaire was confirmed using Cronbach's alpha, and the validity of constructs was established through convergent and discriminant validation techniques. Each latent variable was assessed based on multiple observable indicators, and second-order CFA was applied to assess sub-dimensions such as comfort and safety under the physical factor, and energy optimization and green space under the environmental factor.

Findings

The factor analysis results validated a four-factor model comprising physical, environmental, economic, and psychological dimensions as first-order latent variables and smart housing as the second-order construct. Among these, the psychological factor demonstrated the highest impact on the smart housing construct, with a factor loading of 0.71 and a t-value of 9.79, indicating strong statistical significance. The environmental factor followed with a factor loading of 0.62 and a t-value of 6.94. The economic factor showed a moderate effect (loading = 0.59, $t = 2.53$), while the physical factor had the lowest impact (loading = 0.53, $t = 8.61$).

Within the psychological dimension, indicators related to safety and mental comfort, such as smart access control systems and fire detection technologies, were most influential. In the environmental dimension, smart climate control systems and integration of green spaces (e.g., rooftop gardens and vertical vegetation) were highly rated. Economically, respondents emphasized reduced maintenance costs over short-term savings in utility bills. Physical indicators such as smart ventilation, lighting, and audiovisual systems were noted for their utility, but were perceived as secondary in overall housing satisfaction.

Second-order CFA further confirmed that within the physical factor, comfort-related indicators like air conditioning systems had a higher loading (0.51) compared to low-impact technologies such as smart pet feeding systems. Within the environmental factor, the use of smart HVAC systems for energy optimization had a dominant loading (0.83), while green space usage scored a high loading of 0.88. Economically, maintenance savings (0.51) outweighed other cost-saving mechanisms. Psychologically, gate security systems and intelligent fire alarms contributed most to residents' sense of safety and peace of mind.

Discussion and Conclusion

The findings of this study underscore the centrality of psychological and environmental components in defining residents' perceptions of smart housing in Baghdad. Contrary to assumptions that physical and economic factors would dominate housing preferences in developing urban environments, this research reveals that aspects such as emotional security, mental tranquility, and ecological sensitivity carry more weight in shaping user satisfaction. This suggests a paradigm shift in architectural and urban design approaches, where the human experience becomes a primary driver in smart housing implementation.

The high significance of the psychological factor aligns with global research trends indicating that residents prioritize personal well-being and environmental quality over purely technical or financial considerations. In Baghdad's context—marked by socio-political instability and infrastructural limitations—features that enhance safety, predictability, and comfort offer not just convenience but essential resilience. Hence, technological interventions that provide automated emergency alerts, real-time monitoring, and controlled access are not luxuries but necessities.

Moreover, the environmental component's strong influence reflects increasing public awareness of sustainability and the tangible impact of energy-efficient technologies on daily life. The emphasis on green architecture, renewable energy use, and pollution reduction is consistent with the broader movement toward climate-resilient urban forms. In Baghdad, where climatic extremes are common, integrating smart green technologies into housing design serves both environmental and health objectives.

Economically, while cost-effectiveness remains a relevant factor, its lower relative impact suggests that users are more concerned with long-term savings and reduced maintenance burdens rather than immediate reductions in utility bills. This highlights the importance of durable, low-maintenance technologies in future smart housing projects. The physical dimension, though scoring the lowest, should not be overlooked; its contribution lies in enabling the infrastructure for higher-level functionalities and enhancing sensory comfort.

Ultimately, the smart housing model proposed in this study offers a comprehensive framework that balances technological innovation with human-centered design. It reveals that successful smart housing initiatives in Baghdad must not only leverage cutting-edge systems but also be contextually adaptive, psychologically supportive, and environmentally attuned. Planners, architects, and policymakers must therefore adopt a multi-dimensional lens in developing smart housing projects—one that places as much emphasis on mental well-being and sustainability as it does on sensors and software. In doing so, they will pave the way for more resilient, inclusive, and livable urban futures.

References

1. Mir U, Abbasi U, Mir T, Kanwal S, Alamri S. Energy management in smart buildings and homes: current approaches, a hypothetical solution, and open issues and challenges. *IEEE Access*. 2021;9:94132-48.
2. Aliero MS, Qureshi KN, Pasha MF, Jeon G. Smart Home Energy Management Systems in Internet of Things networks for green cities demands and services. *Environmental Technology & Innovation*. 2021.
3. Ejidike CC, Mewomo, Modupe Cecilia. Benefits of adopting smart building technologies in building construction of developing countries: review of literature. *SN Applied Sciences*. 2023;5(2):52.
4. Karimi Z, Kahkrand SH, Dehghan M. Investigating Impact of Baghdad Urban Structure on the Health of its Inhabitants during the (first) Period of the Abbasid Caliphate. *Tarikh-i Pizishki (Medical History)*. 2022;14(47):e35.
5. Al-Rawi N. Baghdad Neighborhoods: Processes of Resilience against the Internally-reflected Conflict of 2006-2008. 2019.
6. Iqbal A, Ullah F, Anwar H, Kwak KS, Imran M, Jamal W, et al. Interoperable Internet-of-Things platform for smart home system using Web-of-Objects and cloud. *Sustainable Cities and Society*. 2018;38:636-46.
7. Chen T-C, Dwijendra NKA, Singhal S, Sivaraman R, Mamdouh A. Intelligent System Application to Monitor the Smart City Building Lighting. *Computers Materials & Continua*. 2023;75(2):3159-69.
8. Sittón-Candanedo I, Alonso RS, García Ó, Muñoz L, Rodríguez-González S. Edge Computing, IoT and Social Computing in Smart Energy Scenarios. *Sensors*. 2019;19(15):3353.

9. Filho PG, Villas LA, Goncalves VP, Pessin G, Loureiro AA, Ueyama J. Energy-efficient smart home systems: Infrastructure and decision-making process. Internet of Things. 2019;5:153-67.
10. Kasemayi E, Varmaghani H. Factors Affecting Energy Consumption Reduction in Buildings: A Case Study of High-rise Buildings in District 22, Tehran. Iranian Energy Journal. 2021;23(1).
11. Kazemi Poursan Badr S, Daneshjou F, Masoumi Haghighi A, Shayanfar M. Investigating the Impact of Building Management Systems and Insulation on Reducing Energy Consumption in Residential Buildings. Scientific Journal of Structural Engineering and Construction. 2020;7(2):5-23.
12. Mashayekhi HR, Alavi SA, Qaed Rahmati S. Analysis of smart indicators in reducing the physical vulnerability of urban housing (case study: District 1 of Tehran). Geography and Development of Urban Space. 2019;6(1):185-206.
13. Naemati R, Hasanazadeh M, Maleki M. Use of Modern Technologies in Smart Buildings with Emphasis on Social Welfare. Elite Journal of Science and Engineering. 2018;3(3):48-66.
14. Amiri G. An Analytical Perspective on the Influence of Iranian Islamic Arts on Iraq (Case Study: Abbasid Era). Islamic Art. 2020;17(40):430-44.
15. Mojtavavi SM, Bonanjad Mashhadi B. Investigating the Impact of Smart Building Technology on Energy Saving. Modern Architectural Research. 2022;2(4).
16. Mohammadi Y, Shokouri Ganjavi H, Kazemi A. A Fuzzy Multi-objective Optimization Model for Managing Production and Consumption in Smart Microgrids. Energy. 2021.
17. Tayebi M. Smart Buildings: A Step Towards Smart Cities. Tehran: Zarrin Andishmand Publishing; 2020.
18. Honarvar J, Haghighi S. Review of Smart Building Technology with Emphasis on Modern Architectural Technologies for Energy Reduction. Shabak. 2021;7(2):53.
19. Teubner RA, Stockhinger J. Literature review: Understanding information systems strategy in the digital age. Strategic Information Systems. 2020;29(4).
20. Yu J, Zhang N. Development of a Comprehensive Urban Resilience Assessment Framework: The Intersection of Smart Buildings and Disaster Mitigation. 2024.
21. Panchalingam R, Chan KC. A state of the art review on artificial intelligence for Smart Buildings. Intelligent Buildings International. 2019:1-24.
22. Gado NG. AI Revolutionizes Construction Management "Building Smarter, Safer, and Efficiently Addressing Industry Challenges". Engineering Research Journal. 2024;183(3):330-44.
23. Hasena MM, Abaasa ZR, editors. The Challenges of Smart Development in Future Iraqi Cities: Achieving Techno-Sustainability. 3rd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2020); 2020.
24. Al-Kamoosi MQA-A. The Future Initiatives of Smart Communities in Baghdad as a Smart City. Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences. 2019;22(4):259-76.
25. Zafarmandi S, Amirjamshidi M, Sanaei A. Application of Smart Materials in Interactive Architectural Design (Case Study: Smart Buildings in Tehran). Journal of Modern Research in Geographical Sciences, Architecture, and Urbanism. 2021:32-51.
26. Sheikhi Nashalji M, Mahdizadeh Seraj F. Designing a Smart Sunshade for Office Buildings to Control Direct Sunlight Based on Cooling Load Reduction Inspired by Iranian-Islamic Patterns. Modern Architectural Research. 2022;2(1).
27. Ghadiri Moghadam M, Vaziri H, Sanaeian H, Rashid Kalavi H. Evaluation of Static Energy Systems (Trombe Wall and Greenhouse Effect) on Building Energy Consumption in Cold Climates. Iranian Architecture and Urbanism. 2019:25-36.