



Analysis of Sustainable Housing Indicators in Iran with a Sustainable Development Approach Using the ANP Model¹

Hanieh Rahimvand², Mahmoud Rahimi³

Received: 2025-02-24, Accepted: 2026-02-24

DOI: 10.22034/rau.2026.2053539.1159

Extended Abstract

In recent years, particularly within the context of accelerating global urbanization challenges, sustainable housing has evolved rapidly and comprehensively into a crucial and fundamental aspect of sustainable development and urban planning. Initially viewed as merely a basic need for shelter, housing now encompasses criteria essential for creating resilient and efficient living environments. These include social, economic, environmental, and technical dimensions, which are balanced to ensure environmental responsibility and social equity. Achieving this balance requires a comprehensive understanding of the factors influencing development and a clear prioritization of these factors. Identifying and effectively prioritizing these elements is essential for achieving long-term sustainability goals. This study assumes more than half of the land in Iranian cities is devoted to residential use, yet there is a notable lack of attention to sustainable development principles in housing design. The concept of sustainable housing in Iran is particularly pertinent due to diverse and geographically challenging climatic zones and rich historical architectural traditions. Vernacular Iranian housing, carefully adapted to local conditions, demonstrates sustainability principles that are deeply relevant to modern designs. For instance, in hot and dry regions, traditional wind catchers and underground spaces provide natural cooling, significantly reducing reliance on energy-intensive mechanical systems. A significant source of environmental pollution in Iran is the reliance on fossil energy for heating and hot water, which can be mitigated through the use of solar energy and efficient insulation.

1. This paper is extracted from the Thesis of the first author titled "The study of architectural elements on wayfinding by virtual reality Case design: commercial complex in Tehran", under supervision of the second author, currently in progress at University of Guilan.

2. PhD Student, Urban Planning Department, Faculty of Architecture and Urban Planning, Islamic Azad University, Tehran Central Branch, Tehran, Iran (Corresponding Author).

Email: h.rahimvand.eng@iauctb.ac.ir

 0000-0002-3302-5269

3. Associate Professor, Urban Planning Department, Faculty of Architecture and Urban Planning, Islamic Azad University, Tehran Central Branch, Tehran, Iran.

Email: Mahmoudrahimi9@gmail.com

 0000-0001-6893-7981



Furthermore, rapid and widespread urbanization, coupled with significant internal migration, has intensified the urgent need for sustainable housing solutions. According to recent UN-Habitat reports, key focus areas in Iran include human settlements development, resilient cities, environmental protection, and basic urban infrastructure and services. However, significant structural obstacles to sustainable planning remain, particularly regarding affordable housing for low and middle-income households. This research aims to systematically identify, analyze, and prioritize key indicators that influence sustainable housing development in Iran. The study focuses on sustainable development approaches and utilizes the Analytic Network Process (ANP) model. The objective is to provide a scientific framework to guide housing policy, ensuring the implementation of sustainable practices. The ANP model effectively incorporates both qualitative and quantitative factors simultaneously, which allows a comprehensive understanding of the complex landscape. It is suitable for complex systems with interdependent elements.

The primary research question is: Which indicators and criteria have the most critical and significant impact on sustainable housing development in Iran, and how can they be rigorously analyzed and prioritized using the ANP model? This question underscores the need for an evidence-based approach considering technical, social, economic, and environmental factors. Prioritizing the right indicators is crucial to aligning strategies with sustainability goals.

The adopted methodology follows a rigorous analytical-comparative approach. Four primary criteria were identified as significant: Social, Physical-Spatial, Environmental, and Economic. These were carefully selected based on their direct relevance to Iran's housing sector challenges. The criteria include: Social (quality of social life, access to services, social participation, security); Physical-Spatial (design architecture, infrastructure, green space, quality of construction); Environmental (optimization of energy consumption, renewable resources, reduction of pollution); and Economic (costs of construction and maintenance, profitability, access to financial resources).

Data were systematically and rigorously collected, compiled, and analyzed through structured and detailed surveys of experts, including urban planners, architects, and economists. The survey aimed to gather expert opinions on the relative importance of various criteria. To determine weights, pairwise comparison techniques were used. Fuzzy scales enabled nuanced assessments by addressing judgment uncertainty. This approach helped create a more accurate model for evaluating the impact of different criteria. Data analysis was conducted using the Fuzzy Analytic Network Process (Fuzzy ANP) model. This model is suitable for decision-making where interdependencies exist between criteria. The fuzzy extension helps deal with vagueness in human opinions, improving the robustness of the results.

The analysis was conducted in four steps: **Step 1: Identification of criteria and formulation of network structure.** Based on an extensive, systematic, and thorough literature review and an expert panel, 4 main criteria and 11 sub-criteria

were identified. Unlike hierarchical models, mutual dependencies among criteria were considered. The matrix of interdependencies shows that all main criteria influence one another. **Step 2: Analysis of fuzzy pairwise comparison matrices.** Comparisons were performed using a 9-degree fuzzy spectrum. The inconsistency rates for all matrices were consistently less than 0.1. **Step 3: Supermatrix analysis and extraction of weighted weights.** The unweighted supermatrix was formed and normalized to a weighted one. It was raised to obtain the limit supermatrix, ensuring convergence of weights. The resulting limit supermatrix weights were calculated and found to be: Social (0.260), Physical-Spatial (0.240), Environmental (0.220), and Economic (0.280). **Step 4: Calculation of final weights and prioritization.** The final weights for sub-criteria are: Economic profitability of business activities (0.1484), Access to basic facilities and services (0.1274), Housing resistance and quality (0.1128), Energy efficiency of buildings (0.1012), Security (0.1144), Green space quality (0.1032), Access to public transportation (0.1092), Environmental pollution (0.0902), Vitality (0.1040), Appropriate density (0.0912), and Identity (0.0962).

Research findings revealed that economic and social criteria had the most significant and measurable impact on the final integrated model. Among the sub-criteria, economic profitability (0.1484) and access to basic facilities (0.1274) consistently secured the highest level of relative priority. These significant results emphasize the urgent need for financially viable projects and accessible essential services. Housing resistance (0.1128) and energy efficiency (0.1012) were also important, underscoring the vital role of durable and efficient buildings. Building resistance ensures safety against natural disasters common in Iran, while energy efficiency reduces costs and environmental impact. Other factors, such as green space quality (0.1032), appropriate density (0.0912), and environmental pollution (0.0902), were lower in priority but remain essential contributors. Results were validated through inconsistency rates, sensitivity analysis, and expert review.

Discussion findings clearly indicate that economic profitability and access to basic services are the most prominent factors. This aligns closely with previous studies but is now rigorously confirmed quantitatively. The clear superiority of economic factors over others underscores the absolute necessity of sustainable financial foundations for housing sustainability. Fuzzy ANP enhances mutual relation analysis with greater nuance than traditional methods. This research localizes approaches for Iran by focusing on cultural dimensions, filling gaps in international models. Limitations include the limited number of experts and the need for future regional adjustments and contextual calibration.

In conclusion, to achieve sustainable housing in Iran, the emphasis should be placed on the economic and social dimensions. Specifically, specific factors such as economic profitability, immediate and equitable access to essential services, housing resilience, and energy efficiency should be prioritized. The Fuzzy ANP model has proven to be a valuable tool for understanding the complex relationships between sustainability criteria, offering accurate results. The insights gained can guide policymakers, urban planners, and designers in developing



sustainable housing projects that meet current needs and contribute to long-term environmental sustainability. Drawing from the Third UN Conference on Housing and Sustainable Urban Development, Iran can implement strategies to prevent and control climate impacts on housing. Incorporating vernacular architecture principles and addressing obstacles can enhance sustainable housing. Retrofitting existing buildings with passive techniques reduces pollution. Iran's strategic vision for climate change and sustainable development focuses on prevention. Prioritizing these indicators aligns Iran's housing sector with ambitious, transformative, and necessary global goals for resilient urban development.

Keywords: Sustainable housing, Fuzzy Analytic Network Process (Fuzzy ANP), Prioritization, Criteria, Iran

تحلیل شاخص‌های مسکن پایدار در ایران با رویکرد توسعه پایدار با استفاده از مدل ANP

هانیه رحیم‌وند^۱، محمود رحیمی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳-۱۲-۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴-۱۲-۰۵

DOI: 10.22034/rau.2026.2053539.1159

چکیده

در سال‌های اخیر، مسکن پایدار به عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار شهری، فراتر از تأمین سرپناه، بر تعادل میان ابعاد اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و فنی تأکید دارد. این پژوهش با هدف شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر مسکن پایدار در ایران، چارچوبی علمی برای سیاست‌گذاری در این حوزه ارائه می‌دهد. نوآوری برجسته این تحقیق در مقایسه با مطالعات پیشین، فراتر رفتن از ارزیابی‌های تک‌بعدی و خطی و بهره‌گیری از مدل تحلیل شبکه‌ای فازی (FUZZY ANP) برای نخستین بار جهت تبیین روابط متقابل و پیچیده میان معیارها در بافت کالبدی ایران است؛ رویکردی که برخلاف روش‌های سنتی، قادر به مدل‌سازی عدم قطعیت‌های تصمیم‌گیری و وابستگی‌های درونی شاخص‌هاست. در این راستا، پس از شناسایی چهار معیار اصلی اجتماعی، کالبدی، زیست‌محیطی و اقتصادی، داده‌های پژوهش از طریق نظرسنجی از متخصصان جمع‌آوری و با استفاده از مقایسه‌های زوجی فازی تحلیل گردید. یافته‌های حاصل از مدل‌سازی نشان داد که معیارهای اقتصادی و اجتماعی بیشترین تأثیر را در پایداری مسکن دارند، به طوری که زیرمعیارهای «سودآوری اقتصادی فعالیت‌های تجاری» با وزن ۰/۱۴۸۴ و «دسترسی به امکانات و خدمات اساسی» با وزن ۰/۱۲۷۴ در صدر اولویت‌ها قرار گرفتند. همچنین «مقاومت و کیفیت مسکن» (۰/۱۱۲۸) و «کارایی انرژی» (۰/۱۰۱۲) از متغیرهای کلیدی شناسایی شدند. نتایج نهایی ضمن تأکید بر لزوم بازنگری در سیاست‌های مسکن با محوریت ابعاد اقتصادی-اجتماعی، نشان می‌دهد که مدل شبکه فازی به کاررفته در این مطالعه، به دلیل دقت بالا در شبیه‌سازی روابط پیچیده، ابزاری کارآمد برای معماران و برنامه‌ریزان در جهت ارتقای کیفیت پروژه‌های مسکونی پایدار محسوب می‌شود.

کلیدواژه‌ها: مسکن پایدار، تحلیل شبکه‌ای فازی، اولویت‌بندی، معیارها، ایران

۱. دانشجوی دکتری، گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

Email: h.rahimvand.eng@iauctb.ac.ir

 0000-0002-3302-5269

۲. دانشیار، گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز، تهران، ایران.

Email: Mahmoudrahimi9@gmail.com

 0000-0001-6893-7981



مقدمه

است (Gould & Ching, 2020).

ضرورت پژوهش حاضر از آنجا ناشی می‌شود که برای نخستین بار با رویکردی شبکه‌ای و غیرخطی، به تبیین روابط متقابل میان مؤلفه‌های پایداری مسکن در ایران پرداخته است. این تحقیق با بهره‌گیری از مدل تحلیل شبکه‌ای، تلاش دارد تا وابستگی‌های درونی شاخص‌ها را به صورت علمی مدل‌سازی کند. مسئله اصلی پژوهش در این راستا عبارت است از شناسایی ساختار روابط میان شاخص‌های مسکن پایدار و تعیین وزن واقعی آن‌ها در یک سیستم بازخوردی، تا پاسخ داده شود: «کدام شاخص‌ها در توسعه مسکن پایدار در ایران بیشترین تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را دارند و اولویت‌بندی آن‌ها در چارچوب یک مدل شبکه‌ای چگونه شکل می‌گیرد؟»

هدف اصلی این مطالعه ارائه مدلی علمی و عملیاتی برای اولویت‌بندی شاخص‌های مسکن پایدار است که نه تنها به سیاست‌گذاران در تخصیص بهینه منابع کمک می‌کند، بلکه مبنایی برای ارزیابی پروژه‌های آینده مسکن با رویکردی بومی و جامع‌نگر فراهم می‌سازد.

پیشینه پژوهش

توسعه پایدار و مسکن پایدار طی دهه‌های اخیر در ادبیات برنامه‌ریزی شهری جایگاهی محوری یافته‌اند و مجموعه‌ای گسترده از پژوهش‌ها در سطح ملی و جهانی تلاش کرده‌اند ابعاد مفهومی، کارکردی و راهبردی آن را روشن سازند. این بدنه علمی نشان می‌دهد که تحول در سیاست‌گذاری مسکن نیازمند عبور از رویکردهای خطی و توجه به سازوکارهای سیستمی است.

مطالعات داخلی

طلایی (۱۳۹۰) با تحلیل اسنادی چالش‌های مسکن کشور، نشان داد که تمرکز بیش از حد بر شاخص‌های کمی و اقتصادی موجب زوال کیفیت زیست‌محیطی و تضعیف تجربه زیست‌پذیری در شهرها شده است. وی تأکید کرد که سیاست‌گذاری موجود توان سازگاری با ظرفیت‌های طبیعی را از دست داده و پیامد آن افزایش تهدیدهای اکولوژیک است. تحلیل وی ضرورت بازتعریف اولویت‌ها بر پایه اصول پایداری را برجسته می‌کند.

زندیه (۱۳۹۰) نیز در ارزیابی شاخص‌های پایداری با بهره‌گیری از روش‌های توصیفی، نشان داد که نظام برنامه‌ریزی

در نیم‌قرن اخیر، شتاب فزاینده شهرنشینی و گسترش کالبدی شهرها، مدیریت شهری را با چالش‌های پیچیده‌ای در زمینه پایداری مواجه ساخته است. شهرها به عنوان مراکز تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی، اگرچه پیشران توسعه محسوب می‌شوند، اما مسئول مصرف بیش از ۷۵ درصد منابع طبیعی و تولید بخش عمده‌ای از آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند (United Nations, 2019). در این میان، مسکن به عنوان اصلی‌ترین کاربری شهری که بیش از ۴۰ تا ۵۰ درصد بافت کالبدی شهرها را شامل می‌شود، نقش تعیین‌کننده‌ای در تحقق اهداف توسعه پایدار دارد. مسکن پایدار دیگر صرفاً تأمین سرپناه فیزیکی نیست؛ بلکه مفهومی چندبعدی است که هم‌زمان با عدالت اجتماعی، کارایی اقتصادی، حفاظت از محیط زیست و کیفیت فنی ساختمان در تعامل است (Zak-er-Haghighi, 2011; UN-Habitat, 2020).

در بافت ایران، مسائل مربوط به مسکن پیچیدگی‌های مضاعفی دارند. رشد شتابان و گاه نامتوازن جمعیت شهری در دهه‌های اخیر، به غلبه نگرش کمیت‌محور در سیاست‌های تأمین مسکن منجر شده است. این رویکرد که عمدتاً بر اهداف کوتاه‌مدت اقتصادی و پاسخ سریع به تقاضا متمرکز بوده، پیامدهایی مانند زوال هویت معماری، کاهش تاب‌آوری کالبدی در برابر مخاطرات طبیعی، مصرف بی‌رویه انرژی و نادیده گرفتن نیازهای اجتماعی ساکنان را به همراه داشته است (طلایی، ۱۳۹۰؛ زندیه، ۱۳۹۰). علیرغم وجود اسناد بالادستی توسعه پایدار، شکاف عمیقی میان مفاهیم نظری و فرایندهای اجرایی مسکن در ایران مشاهده می‌شود که ریشه در عدم شناسایی و اولویت‌بندی دقیق شاخص‌های بومی پایداری دارد (عباسی، ۱۳۹۶).

یکی از چالش‌های بنیادین در برنامه‌ریزی مسکن پایدار، ماهیت سیستمیک و درهم‌تنیده شاخص‌های آن است. معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به یکدیگر وابسته‌اند و از هم تأثیر می‌پذیرند؛ به گونه‌ای که بهبود یک شاخص، مانند تراکم کالبدی، می‌تواند مستقیماً بر شاخص‌های دیگر، مانند تعاملات اجتماعی یا مصرف انرژی، اثرگذار باشد (Lee et al., 2019). با این حال، بسیاری از پژوهش‌های پیشین در ایران از مدل‌های سلسله‌مراتبی خطی استفاده کرده‌اند که فرض استقلال معیارها را برقرار می‌سازند. این ساده‌انگاری موجب وزن‌دهی‌های غیرواقعی و در نتیجه شکست در پیاده‌سازی پروژه‌های مسکن پایدار شده

کشور نسبت به ابعاد محیط زیست حساسیت کافی ندارد و بخش قابل توجهی از شاخص های کیفی در مرحله تدوین سیاست ها نادیده گرفته می شود. نتایج او بیانگر آن است که نبود چارچوبی منسجم برای طبقه بندی شاخص ها، مانع ارزیابی جامع پروژه های مسکونی شده است. بر این اساس، وی بازنگری رویکردهای موجود را ضرورتی ساختاری می داند.

عباسی (۱۳۹۶) در پژوهشی با تمرکز بر پیامدهای کالبدی توسعه نامتوازن شهری و با استفاده از تحلیل همبستگی، ارتباط مستقیم گسترش بی رویه سکونتگاه ها با تشدید آلودگی و کاهش سرانه فضای سبز را به اثبات رساند. وی تبیین کرد که توسعه بدون چارچوب پایداری، الگوی تغییرات اقلیمی را در سطح محلی تسریع می کند. این نتایج ضعف نظارت در فرایند توسعه شهری را به عنوان عاملی مؤثر در ناپایداری اکولوژیک برجسته کرده است.

رحیمی (۱۳۹۴) نیز با تمرکز بر مسکن اقشار کم درآمد و در چارچوب رویکرد تطبیقی، نشان داد که بهره گیری از مصالح بومی سازگار با اقلیم می تواند علاوه بر کاهش هزینه های ساخت، شرایط زیست محیطی و اجتماعی سکونتگاه های غیررسمی را ارتقا بخشد. وی تأکید کرد که الگوهای بومی ظرفیت قابل توجهی برای کاهش آسیب پذیری این مناطق دارند. یافته های او نقش مداخله گری سیاست گذار در تقویت این الگوها را حیاتی معرفی می کند.

مطالعات بین المللی

اسمیت و پیت (۲۰۲۱) با تحلیل محتوای مطالعات مرتبط با مسکن در کشورهای در حال توسعه، دریافتند که مدیریت مصرف انرژی و بهره گیری از مصالح بازبافتی از اساسی ترین ضرورت های ارتقای پایداری در پروژه های مسکونی به شمار می رود. آنان بر این نکته تأکید کردند که بدون سازوکارهای مؤثر نظارت، قابلیت اجرای راهبردهای انرژی محور محدود می شود. نتایج تحقیق آنان اهمیت بعد مدیریتی را در تحقق مسکن پایدار مطرح می سازد.

گولدو چینگ (۲۰۲۰) در پژوهش خود با استفاده از مدل ANP، پیوندهای ساختاری میان شاخص های اجتماعی و زیست محیطی را در بافت آسیای جنوب شرقی شناسایی کرد و استدلال نمود که ماهیت شبکه ای این روابط استفاده از روش های خطی را ناکارآمد می سازد. نتایج آنان ضرورت تحلیل هم زمان چندبعدی شاخص ها را مورد تأکید قرار می دهد. این مطالعه نشان داد که پیچیدگی روابط در نظام مسکن تنها با

مدل های غیرخطی قابل تبیین است. لی و همکاران (۲۰۱۹) نیز برای نقد محدودیت های مدل های سلسله مراتبی، از ANP جهت بررسی بازخوردهای متقابل میان شاخص ها بهره گرفتند و ثابت کردند که مدل های شبکه ای توان پیش بینی بالاتری در ارزیابی پایداری دارند. آنان بیان کردند که نادیده گرفتن وابستگی های درونی می تواند منجر به خطاهای سیاستی در سطح کلان شود. این دستاوردها اهمیت طراحی مدل های سازگار با واقعیت های سیستمی مسکن را برجسته می کند.

گزارش UN-Habitat (۲۰۲۲) نیز با تحلیل شرایط جهانی مسکن، ضعف الگوهای سیاستی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه را عاملی برای تشدید بحران های محیطی و اجتماعی معرفی کرد. این گزارش تأکید دارد که پیاده سازی الگوهای چندبعدی می تواند شکاف میان برنامه ریزی و اجرا را کاهش دهد. این نتیجه گیری، ضرورت رویکردهای تلفیقی را در سیاست گذاری مسکن پررنگ تر ساخته است.

جمع بندی پیشینه نشان می دهد که بیشتر مطالعات داخلی بر شناسایی کیفی شاخص های پایداری تمرکز داشته اند و سازوکارهای وابستگی و تأثیرگذاری متقابل میان آنها کمتر مورد واکاوی دقیق قرار گرفته است. از سوی دیگر، پژوهش های بین المللی هرچند به کارگیری مدل های پیشرفته ای نظیر ANP و MCDM را توسعه داده اند، اما این مدل ها در زمینه بومی ایران و ویژگی های ساختاری نظام مسکن کشور به کار گرفته نشده اند. این خلأ موجب محدودیت در دستیابی به تصویری جامع از تعاملات میان شاخص ها در شرایط واقعی ایران شده است. پژوهش حاضر با استفاده از مدل تحلیل شبکه ای فازی به دنبال رفع این شکاف است و تلاش می کند با لحاظ کردن عدم قطعیت در نظرات خبرگان، چارچوبی دقیق، تطبیقی و مناسب بستر ایران برای اولویت بندی شاخص های مسکن پایدار ارائه دهد.

مبانی و مفاهیم پژوهش

پایداری و توسعه پایدار

پایداری به معنای دوام و ماندگاری است. در فرهنگ لغت دهخدا، پایداری به عنوان ویژگی چیزی که "بادوام" و "ماندنی" است، تعریف شده است. در فرهنگ معین، این واژه به معنای "پایدار بودن" و "مقاومت" است که از مصدر "پایش" گرفته شده و به معنای "پایداری کردن" و "استقامت نشان دادن" می باشد (دهخدا، ۲۰۰۴).



ضمن تأمین نیازهای انسانی، به حفظ و بهبود محیط زیست نیز توجه داشته باشند. این مفهوم که از اوایل قرن بیستم میلادی به‌ویژه در پی تلاش‌های پیشگامان معماری همچون جان راسکین، ویلیام موریس و ریچارد لتابی مطرح شد، به‌تدریج تحت عنوان "معماری پایدار" یا "معماری سبز" توسعه یافت (Yazdan-dad, Emami, Hashemi, 2011).

معماری پایدار به طراحی ساختمان‌هایی اشاره دارد که کمترین تأثیر را بر محیط طبیعی دارند و از منابع تجدیدپذیر و انرژی‌های پاک استفاده می‌کنند. به‌طور کلی، ویژگی‌های معماری پایدار عبارتند از:

۱. استفاده بهینه از منابع طبیعی و انرژی
۲. کاهش اثرات زیست‌محیطی و آلودگی
۳. استفاده از مواد قابل بازیافت و تجدیدپذیر
۴. ارتقاء کیفیت زندگی ساکنان و بهبود شرایط محیطی (Charles Kibert, 2000).

مسکن پایدار

مسکن پایدار یکی از ارکان مهم توسعه پایدار شهری است که به طراحی و ساخت خانه‌هایی اشاره دارد که ضمن برآورده کردن نیازهای زیستی و اجتماعی نسل کنونی، به حفظ و بازسازی محیط زیست کمک می‌کند. مسکن پایدار باید در عین رعایت اصول زیست‌محیطی، به جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی نیز توجه داشته باشد. به‌عبارت دیگر، مسکن پایدار به مسکنی اطلاق می‌شود که با توجه به نیازهای کنونی، منابع طبیعی را به‌طور بهینه مصرف کند و در عین حال، شرایط بهتری برای زندگی نسل‌های آینده فراهم آورد (Zaker-Haghighi, 2011). مسکن پایدار صرفاً به ابعاد کالبدی محدود نمی‌شود و طیفی از مؤلفه‌های عملکردی، زیست‌محیطی و اجتماعی را در بر می‌گیرد. این رویکرد بر طراحی کارآمد ساختمان، بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، تقویت زیرساخت‌های سبز و مدیریت هوشمندانه مصرف منابع تأکید دارد. بر اساس گزارش برنامه اسکان بشر سازمان ملل متحد، مسکن پایدار زمانی محقق می‌شود که به‌صورت هم‌زمان ارتقای کارایی انرژی، کاهش آثار زیست‌محیطی، و بهبود رفاه اجتماعی و اقتصادی ساکنان را تضمین کند (UN-Habitat, 2020).

ویژگی‌های مسکن پایدار

پایداری در مسکن نه‌تنها یک اقدام فوری یا ضربتی نیست، بلکه

توسعه پایدار به معنای برآورده کردن نیازهای کنونی انسان‌ها بدون تهدید توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود است. طبق تعریفی کلاسیک از گزارش کمیسیون جهانی محیط زیست سازمان ملل، "توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای امروز را بدون آسیب به توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهایشان تأمین می‌کند" (World Commission on Environment and Development, 1987). این تعریف به این معناست که توسعه باید به گونه‌ای صورت گیرد که منابع طبیعی به نحوی مصرف شوند که هم پاسخگوی نیازهای فعلی بشر باشند و هم برای نسل‌های آینده امکان استفاده از آن‌ها فراهم باشد. طرفداران توسعه پایدار این مفهوم را نه‌تنها از منظر زیست‌محیطی، بلکه در ابعاد اقتصادی و اجتماعی نیز مطرح می‌کنند. توسعه پایدار در تلاش است تا تعادلی میان رشد اقتصادی، حفاظت از محیط زیست و بهبود کیفیت زندگی انسانی ایجاد کند، به‌طوری که به منافع اجتماعی و اقتصادی جامعه توجه داشته باشد، در حالی که اثرات منفی بر اکوسیستم‌ها را به حداقل برساند (عزیزی، ۲۰۱۴).

در واقع، توسعه پایدار شهری به معنای هم‌راستایی رشد اقتصادی، بازسازی اکولوژیکی، حفاظت از محیط زیست و پیشرفت اجتماعی است. به همین دلیل، توسعه پایدار نه‌تنها بر منابع طبیعی تأکید دارد، بلکه شامل سیاست‌ها و استراتژی‌هایی برای بهره‌وری اجتماعی و اقتصادی نیز می‌شود (Papali Yazdi, 2011).

توسعه پایدار شهری

توسعه پایدار شهری به‌طور خاص به ایجاد شهری اشاره دارد که قادر است رشد اقتصادی، بازسازی زیست‌محیطی، حفاظت از منابع طبیعی و پیشرفت اجتماعی را در یک چارچوب متعادل پیاده‌سازی کند. در این دیدگاه، هدف فقط افزایش پایداری در هر یک از این زیرسیستم‌ها نیست، بلکه تلاش بر این است که این زیرسیستم‌ها به‌طور هم‌زمان و با هماهنگی در راستای یکدیگر پیش بروند (Tajik, 2011). توسعه پایدار شهری، به معنای کاهش فشار بر منابع زیست‌محیطی و ایجاد زیرساخت‌هایی است که ضمن تأمین نیازهای انسان‌ها، به حفظ اکوسیستم‌ها و کاهش اثرات منفی بر کره زمین کمک کند.

توسعه پایدار در معماری

توسعه پایدار در معماری به معنای طراحی فضاهایی است که

– دسترسی به حمل و نقل عمومی و فعالیت‌های تجاری سودآور
(Noriyan & Abdollahi, 2011).

تعیین معیارهای مسکن پایدار در این پژوهش

با توجه به مفاهیم مطرح شده در پژوهش حاضر، معیارهای مسکن پایدار شامل ابعاد اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و کالبدی به شرح زیر می‌باشد. (جدول ۱)

این معیارها و زیرمعیارها به‌طور خاص با توجه به شرایط مسکن پایدار در ایران و نیازهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی آن طراحی شده‌اند.

جدول ۱. معیارها و زیر معیارها.

منبع پیشنهادی	معیار	زیر معیار
UN-Habitat (2020). <i>Sustainable Housing: Principles and Practices</i> . Nairobi: UN-Habitat.	اقتصادی	دسترسی به امکانات و خدمات اساسی
Lee et al. (2019). <i>Modeling sustainable housing priorities using network-based decision methods</i> . Journal of Cleaner Production, 215, 1234-1245.	اقتصادی	سودآوری فعالیت‌های تجاری
United Nations (2019). <i>World Urbanization Prospects: The 2018</i>	اقتصادی	دسترسی به حمل و نقل عمومی
Zaker-Haghighi (2011). <i>Sustainable Housing and Urban Development</i> . Tehran: University of Tehran Press.	اجتماعی	هویت
UN-Habitat (2020). <i>Global Report on Human Settlements: Safety and Security in Urban Housing</i> .	اجتماعی	امنیت
Gehl, J. (2011). <i>Life Between Buildings: Using Public Space</i> . Washington DC: Island Press.	اجتماعی	سرزندگی
Gould & Ching (2020). <i>Multi-criteria evaluation of sustainable housing: Network approaches</i> . Sustainable Cities and Society, 52, 101864.	فیزیکی - کالبدی	کارایی و راندمان انرژی ساختمان
طلایی، م. (۱۳۹۰). چالش‌های مسکن در ایران: رویکردی اقتصادی - کالبدی. <i>مجله علوم شهری ایران</i> ، ۵(۲)، ۴۵-۶۲.	فیزیکی - کالبدی	مقاومت و کیفیت مسکن
UN-Habitat (2020). <i>Sustainable Housing: Principles and Practices</i> .	زیست‌محیطی	آلودگی زیست‌محیطی
Beatley, T. (2011). <i>Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning</i> . Washington DC: Island Press.	زیست‌محیطی	کیفیت فضای سبز
Jenks, M., & Burgess, R. (2000). <i>Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries</i> . London: Spon Press.	زیست‌محیطی	تراکم مناسب

یک فرایند مستمر است که در آن پیشرفت‌های پایدار به‌طور تدریجی حاصل می‌شود. ویژگی‌های مسکن پایدار باید در پنج حوزه کلیدی زیر بررسی شود:

۱. حفظ منابع طبیعی (زمین، انرژی، آب)
۲. استفاده بهینه از منابع ساخت بشر
۳. حفظ اکوسیستم و توانمندی‌های بازسازی آن
۴. عدالت اجتماعی و اقتصادی بین تولیدات، انسان‌ها و گروه‌ها
۵. پیش‌بینی شرایط ایمنی، بهداشتی و امنیتی برای ساکنان (Asadpour, 2011).

توسعه مسکن پایدار در چهار جنبه اصلی باید مدنظر قرار گیرد:

۱. پایداری زیست‌محیطی مسکن
۲. پایداری اقتصادی مسکن
۳. پایداری اجتماعی با توجه به فرهنگ و نیازهای ساکنان
۴. پایداری کالبدی با در نظر گرفتن عملکردهای آن (Asadpour, 2011).

معیارهای مسکن پایدار

در کشورهای اروپایی، معیارهای خانه‌سازی پایدار عمدتاً بر مواردی چون استفاده بهینه از منابع طبیعی، کارایی انرژی و کیفیت محیطی تأکید دارند. برخی از این معیارها عبارتند از:

- برنامه‌ریزی پایدار برای استفاده از اراضی
- مقاوم بودن سکونتگاه‌ها
- نزدیکی خانه‌ها به محل کار و دسترسی به حمل و نقل عمومی
- تراکم مسکونی مناسب
- ساختارهای پایدار
- استفاده از انرژی‌های کارا در مسکن
- کیفیت فضای سبز و دسترسی به محیط‌های مسکونی با کیفیت بالا (Winston, 2006).

معیارها و زیرمعیارهای پایداری در محله مسکونی

معیارهای پایداری در محله‌های مسکونی شامل ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شوند. برخی از این معیارها عبارتند از:

- هویت و سرزندگی محله
- امنیت و تعلق خاطر ساکنان
- دسترسی به خدمات اساسی
- فضای سبز و تراکم مناسب



فرایند تحلیل شبکه‌ای

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره پیچیده، برای اولین بار توسط Saaty در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافت. در این راستا، او مدل سلسله‌مراتبی (AHP) را به عنوان روشی برای حل مسائل پیچیده معرفی کرد. این روش ابتدا در قالب مدل‌های سلسله‌مراتبی به کار گرفته می‌شد، اما در طول زمان و با پیچیده‌تر شدن مسائل تصمیم‌گیری، لزوم استفاده از مدل‌های بازخوردی و شبکه‌ای برای در نظر گرفتن روابط غیرخطی و پیچیده بین عناصر مختلف پدیدار شد. بنابراین، تحلیل شبکه‌ای (ANP) به عنوان نسخه پیشرفته‌تر و تکامل‌یافته‌تر AHP ارائه گردید (Yüksel, 2010).

با وجود اینکه روش AHP موفقیت‌های چشم‌گیری در مسائل تصمیم‌گیری به دست آورد، تحلیل شبکه‌ای به دلیل ویژگی‌های خاص خود که روابط پیچیده و بازخوردی میان معیارها را نیز در نظر می‌گیرد، به ابزاری مؤثرتر برای حل مسائل پیچیده تبدیل شده است. Bozdog (۲۰۱۷) نشان داد که ANP به طور مؤثری می‌تواند تصمیمات پیچیده‌تری را با در نظر گرفتن روابط داخلی و خارجی به طور هم‌زمان مدل‌سازی کند.

در مقایسه با AHP سنتی که تنها ساختاری سلسله‌مراتبی دارد، روش تحلیل شبکه‌ای به طور خاص، ارتباطات دوطرفه میان اجزا و معیارها را در قالب یک شبکه بازخوردی مدل‌سازی می‌کند. این ویژگی به ANP این امکان را می‌دهد که وابستگی‌های داخلی و خارجی در سیستم‌های پیچیده را بهتر درک و مدیریت کند. به عبارت دیگر، در ANP فازی، روند تصمیم‌گیری در ذهن انسان شبیه‌سازی می‌شود، چراکه برخلاف AHP سنتی که به مقایسات قطعی نیاز دارد، ANP فازی از مقایسات نسبی و زبان‌های بیانی انعطاف‌پذیر استفاده می‌کند (Saaty, 2013).

مراحل فرایند تحلیل شبکه‌ای

فرایند تحلیل شبکه‌ای معمولاً شامل چهار مرحله اصلی است که به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

۱. ساخت مدل و ساختار بندی مسئله: در ابتدا باید مسئله به طور شفاف بیان شود و سپس آن را به یک سیستم منطقی یا مدل تبدیل کرد. این مدل می‌تواند به صورت یک شبکه یا ساختار گرافی از اجزا و روابط آنها باشد. هدف این مرحله، شناسایی و تفکیک معیارها و زیرمعیارها، و تعیین روابط آنها است.
۲. مقایسات زوجی و محاسبه بردار اولویت: در این مرحله، برای

هر بخش از مسئله، معیارها و زیرمعیارها با یکدیگر به صورت زوجی مقایسه می‌شوند. تصمیم‌گیرندگان از مقیاس‌هایی مانند ۱ تا ۹ برای ارزیابی اهمیت نسبی هر عنصر نسبت به دیگران استفاده می‌کنند. در واقع، هدف این است که رابطه میان هر دو عنصر مشخص شود و تأثیرات متقابل آنها به طور کمی ارزیابی گردد. این مقایسات به منظور تعیین اولویت‌های هر بخش و کل سیستم انجام می‌شوند.

۳. تشکیل ابر ماتریس: ابر ماتریس یک ماتریس بخش‌بندی شده است که هر قسمت از آن نمایانگر ارتباط بین دو گروه یا خوشه مختلف در سیستم است. در این مرحله، تمام مقایسات زوجی انجام شده به یک ماتریس تبدیل می‌شود که می‌تواند روابط بین تمامی اجزا را به صورت یکپارچه نشان دهد. ابر ماتریس به عنوان ابزاری برای محاسبه وزن‌های نسبی عناصر در فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده می‌شود.

۴. انتخاب بهترین گزینه: پس از تشکیل ابر ماتریس، در صورتی که این ماتریس تمامی اجزا و روابط بین آنها را پوشش دهد، می‌توان وزن‌های اولویت را به طور دقیق از آن استخراج کرد. در غیر این صورت، نیاز به انجام محاسبات تکمیلی برای به دست آوردن وزن‌های نهایی و اولویت‌ها وجود دارد. وزن‌های استخراج شده در این مرحله به طور مؤثر برای تعیین اولویت‌های تصمیم‌گیری و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش تحقیق

این پژوهش با هدف شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر مسکن پایدار در ایران، از رویکردی توصیفی-تحلیلی و مدل تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) بهره برد. پژوهش حاضر از نوع کاربردی بود و با ارائه چارچوبی جامع، به تصمیم‌گیری‌های بهینه در حوزه سیاست‌گذاری مسکن پایدار کمک کرد. در گام نخست، مسئله پژوهش به صورت ساختار شبکه‌ای تعریف شد و روابط متقابل میان شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها به طور دقیق تحلیل گردید.

دسته‌بندی معیارها و منابع استخراج

جهت تدوین پرسش‌نامه و مدل‌سازی، ابتدا معیارهای اصلی و زیرمعیارهای مسکن پایدار از طریق مرور نظام‌مند ادبیات و پیشینه تحقیق شناسایی و دسته‌بندی شدند. «جدول ۲» خلاصه این دسته‌بندی و منابع مورد استفاده را نشان می‌دهد.

جدول ۲. دسته‌بندی معیارها و زیرمعیارهای مسکن پایدار بر اساس پیشینه تحقیق.

ردیف	دسته اصلی	زیرمعیارها	منابع و مراجع اصلی
۱	اقتصادی	سودآوری تجاری، هزینه‌های نگهداری، قیمت زمین	UN-Habitat (2020), Gharehbaghi (2018), Turcu (2013)
۲	اجتماعی	دسترسی به خدمات، امنیت، عدالت اجتماعی	BREEAM (2018), Barton (2000), Dempsey et al. (2011)
۳	کالبدی-فیزیکی	مقاومت سازه، تراکم ساختمان، کیفیت مصالح	LEED Standard, Givoni (1998), Golany (1995)
۴	زیست‌محیطی	کارایی انرژی، مدیریت پسماند، فضای سبز	IPCC Reports, Sayadi et al. (2021), Winston (2009)

یافته‌های پژوهش

یافته‌های این پژوهش بر پایه تحلیل ساختار پیچیده معیارهای پایداری مسکن و نحوه اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر سامان یافته است. در این بخش، نتایجی ارائه می‌شود که نشان می‌دهند هر معیار در شبکه تصمیم‌گیری چه جایگاهی دارد و چگونه تغییر در یک شاخص می‌تواند اهمیت یا نقش شاخص‌های دیگر را تحت تأثیر قرار دهد. این یافته‌ها تصویری یکپارچه و واقعی‌تر از نظام اولویت‌بندی در حوزه پایداری مسکن ارائه می‌کنند.

گام ۱: شناسایی معیارها و تدوین ساختار شبکه‌ای

در گام نخست، بر اساس مرور ادبیات و پندل خبرگان، ۴ معیار اصلی و ۱۱ زیرمعیار شناسایی شدند. جدول زیر دسته‌بندی این معیارها و ابعاد مورد بررسی را نشان می‌دهد. برخلاف مدل‌های سلسله‌مراتبی، در این پژوهش وابستگی‌های متقابل میان معیارها لحاظ گردید که ماتریس این روابط ترسیم شده است.

معیارهای کلیدی مسکن پایدار

معیارهای اصلی برای ارزیابی مسکن پایدار به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند:

جدول ۳. معیارهای اصلی و زیرمعیارهای استخراج شده برای سنجش مسکن پایدار.

معیارهای اصلی	توضیحات
اجتماعی	کیفیت زندگی اجتماعی، دسترسی به خدمات، مشارکت اجتماعی، امنیت
کالبدی فیزیکی	طراحی معماری، زیرساخت‌ها، فضای سبز، کیفیت ساخت
زیست‌محیطی	بهینه‌سازی مصرف انرژی، منابع تجدیدپذیر، کاهش آلودگی
اقتصادی	هزینه ساخت و نگهداری، سودآوری، دسترسی به منابع مالی

در این گام، همچنین وابستگی‌های متقابل میان معیارهای اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. روابط پیچیده و متقابل میان

اطلاعات در این پژوهش به دو روش کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری شد. در مرحله اول، منابع علمی معتبر شامل مقالات Scopus & WoS، گزارش‌های بین‌المللی و اسناد بالادستی جهت شناسایی شاخص‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. در مرحله دوم، برای گردآوری داده‌های کمی، پرسش‌نامه مقایسات زوجی که بر اساس منطق فازی طراحی شده بود، توسط خبرگان تکمیل گردید. این ابزار نظرات متخصصان را در قالب اعداد فازی مثلثی جهت کاهش عدم قطعیت‌ها ثبت کرد.

جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

جامعه آماری پژوهش را متخصصان، پژوهشگران و سیاست‌گذاران حوزه شهرسازی و توسعه پایدار در ایران تشکیل دادند. برای انتخاب نمونه‌ها از روش نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند استفاده شد. با توجه به ماهیت تخصصی تحلیل ANP، تعداد ۲۰ نفر از خبرگان با سابقه علمی و اجرایی مرتبط به عنوان نمونه نهایی انتخاب شدند که این تعداد برای دستیابی به اشباع نظری و دقت در مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره کفایت داشت.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

تحلیل داده‌ها با مدل Fuzzy ANP و طی مراحل عملیاتی زیر انجام گرفت:

۱. ساختار بندی ماتریس‌های فازی: اهمیت نسبی معیارها بر اساس طیف کلامی و تبدیل به اعداد فازی مثلثی ارزیابی شد.
۲. محاسبه وزن‌های فازی: با استفاده از الگوریتم‌های ریاضی، وزن نسبی و وابستگی‌های درونی استخراج گردید.
۳. غیرفازی‌سازی: وزن‌های فازی به مقادیر قطعی (Crisp) تبدیل شدند تا اولویت‌بندی نهایی امکان‌پذیر شود.
۴. اعتبارسنجی: نرخ ناسازگاری تمامی ماتریس‌ها محاسبه شد و نتایج با نظرات تکمیلی خبرگان تطبیق داده شد.



درونی نیز انجام پذیرفت که نتایج آن در جدول ارائه شده است. این جدول مشخص می‌کند که هر معیار با توجه به روابط شبکه‌ای، چه تأثیری بر معیارهای دیگر می‌گذارد.

جدول ۶. مقایسه دودویی وابستگی‌های درونی معیارهای اصلی.

معیارهای اصلی	اجتماعی	کالبدی فیزیکی	زیست‌محیطی	اقتصادی
اجتماعی	(۱,۱,۱)	(۱,۲,۳)	(۲,۳,۵)	(۱,۱,۱)
کالبدی فیزیکی	(۵/۴,۱/۳,۱/۱)	(۱,۲,۳)	(۱,۲,۳)	(۵/۴,۱/۳,۱/۱)
زیست‌محیطی	(۷/۶,۱/۵,۱/۱)	(۶/۵,۱/۴,۱/۱)	(۱,۱,۲)	(۷/۶,۱/۵,۱/۱)
اقتصادی	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۲)	(۵/۶,۱/۷,۱/۱)	(۱,۱,۱)

گام ۳. تحلیل سوپرماتریس و استخراج وزن‌های موزون
در این مرحله، سوپرماتریس ناموزون تشکیل و سپس با نرمال‌سازی ستونی، به سوپرماتریس موزون تبدیل گردید. برای دستیابی به ثبات و همگرایی وزن‌ها، سوپرماتریس موزون به توان‌های بالاتر رسانده شد تا سوپرماتریس حد حاصل شود. مقادیر نهایی این ماتریس نشان‌دهنده وزن قطعی و باثبات هر معیار در کل سیستم پژوهش است.

جدول ۷. سوپرماتریس موزون معیارهای اصلی.

معیارها	اجتماعی	کالبدی فیزیکی	زیست‌محیطی	اقتصادی
اجتماعی	۰٫۲۸۰	۰٫۲۴	۰٫۱۸	۰٫۱۵
کالبدی فیزیکی	۰٫۲۲۰	۰٫۲۸	۰٫۱۶	۰٫۲۵
زیست‌محیطی	۰٫۱۲۰	۰٫۱۸	۰٫۳۰	۰٫۲۰
اقتصادی	۰٫۳۸	۰٫۳۰	۰٫۳۶	۰٫۴۰

با ضرب‌های متوالی سوپرماتریس موزون در خود، به یک ماتریس همگرا دست می‌یابیم که به آن «سوپرماتریس حد» می‌گویند. این فرایند تا زمانی ادامه می‌یابد که تغییرات مقادیر وزن‌ها به‌طور شمگیری کاهش یابد و به یک مقدار ثابت برسد.

جدول ۸. مقادیر نهایی سوپرماتریس حد.

معیارها	وزن نهایی
اجتماعی	۰٫۲۶۰
کالبدی فیزیکی	۰٫۲۴۰
زیست‌محیطی	۰٫۲۲۰
اقتصادی	۰٫۲۸۰

معیارها و زیرمعیارها با استفاده از مشاوره با کارشناسان حوزه مسکن پایدار شبیه‌سازی می‌شود.

وابستگی‌های درونی معیارهای اصلی

در این مرحله، روابط پیچیده میان معیارها در جدول مدل‌سازی می‌شود. در این روابط، اثرات دوطرفه میان معیارها مدنظر قرار می‌گیرد و به‌صورت شبکه‌ای به نمایش گذاشته می‌شود.

جدول ۴. ماتریس وابستگی‌های متقابل میان معیارهای اصلی.

معیارهای اصلی	اجتماعی	کالبدی فیزیکی	زیست‌محیطی	اقتصادی
اجتماعی	✓	✓	✓	✓
کالبدی فیزیکی	✓	✓	✓	✓
زیست‌محیطی	✓	✓	✓	✓
اقتصادی	✓	✓	✓	✓

گام ۲. تحلیل ماتریس‌های مقایسه زوجی فازی

پس از تعیین روابط، مقایسات زوجی با استفاده از طیف ۹ درجه‌ای فازی انجام شد. مقادیر مندرج در جدول ۴، اعداد فازی مثلی حاصل از ادغام نظرات تمامی خبرگان را نشان می‌دهد. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت نسبی معیارها با در نظر گرفتن ابهام در قضاوت‌های انسانی است. همچنین، برای اطمینان از صحت داده‌ها، نرخ ناسازگاری تمامی ماتریس‌ها محاسبه شد که همگی کمتر از ۰٫۱ بودند. مقایسه دودویی میان معیارهای اصلی برای تعیین اهمیت نسبی آن‌ها انجام می‌شود. در این مقایسه، از مقیاس ۹ درجه‌ای استفاده می‌شود که در آن عدد ۱ نشان‌دهنده اهمیت برابر دو معیار و عدد ۹ نشان‌دهنده اهمیت بسیار بیشتر یک معیار نسبت به دیگری است.

جدول ۵. ماتریس مقایسه زوجی فازی معیارهای اصلی.

معیارهای اصلی	اجتماعی	کالبدی فیزیکی	زیست‌محیطی	اقتصادی
اجتماعی	(۱,۱,۱)	(۱,۲,۳)	(۳,۵,۷)	(۲,۳,۵)
کالبدی فیزیکی	(۵/۳,۱/۲,۱/۱)	(۱,۲,۳)	(۲,۳,۴)	(۲,۱/۳,۱/۱)
زیست‌محیطی	(۷/۵,۱/۴,۱/۱)	(۶/۴,۱/۳,۱/۱)	(۱,۲,۳)	(۴/۳,۱/۲,۱/۱)
اقتصادی	(۲/۳,۱/۵,۱/۱)	(۱,۲,۳)	(۲/۳,۱/۴,۱/۱)	(۱,۱,۱)

همچنین برای لحاظ کردن وزن وابستگی‌ها، مقایسات

گام ۴. محاسبه وزن‌های نهایی و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها

پس از نرمال‌سازی سوپرماتریس حد، وزن‌های نهایی برای معیارها و زیرمعیارها استخراج می‌شود. این وزن‌ها، که حاصل تجزیه و تحلیل‌های شبکه‌ای ANP هستند، نشان‌دهنده اولویت‌های مختلف در زمینه مسکن پایدار است.

وزن نهایی هر زیرمعیار با ضرب وزن معیار اصلی در وزن زیرمعیارهای مرتبط با آن معیار به دست می‌آید. به عنوان مثال، برای معیار اقتصادی:

$$\text{وزن نهایی} = \text{وزن معیار} \times \text{وزن زیر معیار}$$

با در نظر گرفتن وزن نهایی معیارهای اصلی و اطلاعات

زیرمعیارها، نتایج به شکل زیر هستند:

جدول ۹. وزن نهایی و رتبه‌بندی زیرمعیارهای مسکن پایدار.			
زیر معیارها	وزن معیار اصلی	وزن محلی زیرمعیار	وزن نهایی
سودآوری اقتصادی فعالیت‌های تجاری	۰٫۲۸۰	۰٫۵۳۰	۰٫۱۴۸۴
دسترسی به امکانات و خدمات اساسی	۰٫۲۶۰	۰٫۴۹۰	۰٫۱۲۷۴
مقاومت و کیفیت مسکن	۰٫۲۴۰	۰٫۴۷۰	۰٫۱۱۲۸
کارایی و راندمان انرژی ساختمان	۰٫۲۲	۰٫۴۶۰	۰٫۱۰۱۲
امنیت	۰٫۲۶	۰٫۴۴۰	۰٫۱۱۴۴
کیفیت فضای سبز	۰٫۲۴۰	۰٫۴۳۰	۰٫۱۰۳۲
دسترسی به حمل و نقل عمومی	۰٫۲۶	۰٫۴۲۰	۰٫۱۰۹۲
آلودگی زیست‌محیطی	۰٫۲۲۰	۰٫۴۱۰	۰٫۰۹۰۲
سرزندگی	۰٫۲۶۰	۰٫۴۰	۰٫۱۰۴۰
تراکم مناسب	۰٫۲۴۰	۰٫۳۸۰	۰٫۰۹۱۲
هویت	۰٫۲۶۰	۰٫۳۷۰	۰٫۰۹۶۲

دقت بالایی مدل‌سازی است. در گام دوم، «تحلیل حساسیت» بر روی معیارهای اصلی اجرا شد تا میزان پایداری اولویت‌ها در برابر تغییر وزن شاخص‌ها بررسی شود. نتایج این بررسی نشان داد که رتبه‌بندی زیرمعیارها در برابر نوسان وزن‌ها از ثبات بالایی برخوردار است. در گام پایانی نیز نتایج پژوهش از طریق «بازبینی توسط خبرگان» در اختیار سه تن از متخصصان ارشد مشارکت‌کننده قرار گرفت و انطباق اولویت‌های استخراج‌شده با واقعیت‌های اجرایی و چالش‌های موجود در حوزه مسکن پایدار ایران مورد تأیید آنان واقع شد.

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در شرایط کالبدی و اقتصادی ایران، «سودآوری فعالیت‌های تجاری» (۰٫۱۴۸۴) و «دسترسی به خدمات اساسی» (۰٫۱۲۷۴) برجسته‌ترین شاخص‌های پایداری مسکن هستند. این نتیجه با مطالعات طلایی (۱۳۹۰) و زندیه (۱۳۹۰) که بر غلبه معیارهای اقتصادی در سیاست‌گذاری مسکن کشور تأکید داشتند هم‌راستا است، با این تفاوت که پژوهش حاضر این اولویت را به صورت کمی و با در نظر گرفتن روابط درونی میان معیارها تأیید کرده است. برتری شاخص‌های اقتصادی نشان می‌دهد که پایداری مسکن در ایران بدون تأمین بازگشت سرمایه و تضمین توجیه اقتصادی پروژه‌ها با چالش جدی مواجه می‌شود و تحقق آن مستلزم شکل‌گیری بنیان‌های مالی پایدار است.

تفاوت با تحقیقات پیشین و نوآوری روش‌شناختی

نوآوری این پژوهش نسبت به تحقیقات گذشته - از جمله آثار اسمیت و پیت (۲۰۲۱) و عباسی (۱۳۹۶) - در عبور از روش‌های خطی و سلسله‌مراتبی و بهره‌گیری از «مدل تحلیل شبکه‌ای فازی» است که امکان تحلیل روابط متقابل و بازگشتی میان معیارها را فراهم می‌کند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که «کارایی انرژی» (۰٫۱۰۱۲) صرفاً متغیری زیست‌محیطی نیست، بلکه اثری بلندمدت بر سودآوری اقتصادی نیز دارد و بدین ترتیب، از جایگاهی چندبعدی برخوردار است. استفاده از منطق فازی موجب کاهش خطای ناشی از داوری‌های ذهنی خبرگان شده و میزان ناسازگاری نظرات را به سطح قابل قبول رسانده است؛ امری که مزیت این روش را نسبت به مدل‌های قطعی مورد استفاده در پژوهش‌هایی مانند گولد و چینگ (۲۰۲۰) تقویت می‌کند.

اعتبارسنجی نتایج

برای اطمینان از پایایی و روایی یافته‌های به دست آمده از مدل تحلیل شبکه‌ای فازی، فرایند اعتبارسنجی در سه مرحله انجام شد. در گام نخست، «نرخ ناسازگاری» برای تمامی ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی محاسبه گردید که در همه موارد کمتر از ۰٫۱ بود؛ این وضعیت بیانگر سازگاری منطقی داوری‌های خبرگان و



تحلیل پوشش شکاف پژوهشی

اگرچه گزارش‌های برنامه اسکان بشر سازمان ملل متحد (۲۰۲۲) بر لزوم اتخاذ رویکردهای جامع در سیاست‌گذاری مسکن تأکید کرده‌اند، این پژوهش با شناسایی و اولویت‌بندی ۱۱ معیار در قالب یک شبکه ارتباطی، چگونگی عملیاتی‌سازی مفهوم پایداری را در مقیاس محلی ایران تبیین کرده است. مزیت اصلی این تحقیق در ارائه چارچوبی بومی‌سازی‌شده است که برخلاف برخی الگوهای بین‌المللی - از جمله مطالعه لی و همکاران (۲۰۱۹) - به ابعاد فرهنگی و اجتماعی ایران توجه ویژه دارد. اختصاص وزن قابل توجه به «امنیت» (۰/۱۱۴۴) و «هویت» (۰/۰۹۶۲) نشان می‌دهد که پایداری مسکن در ایران تنها در گرو عوامل اقتصادی و محیطی نیست و نیازمند توجه دقیق به ساختارهای اجتماعی و ارزش‌های فرهنگی نیز هست. این پژوهش، با وجود دستاوردهای روش‌شناختی برجسته، با محدودیت‌هایی همراه بوده است. نخست آنکه تعداد متخصصانی که بر هر دو حوزه «توسعه پایدار» و «روش‌های تصمیم‌گیری فازی» اشراف کامل داشته باشند محدود است و این موضوع فرایند جمع‌آوری داده‌ها را دشوار کرده است. دوم آنکه نتایج بر اساس ارزیابی متخصصان در مقیاس ملی ایران به دست آمده و تعمیم آن به مناطق دارای شرایط اقلیمی بسیار خاص ممکن است نیازمند بازنگری در وزن زیرمعیارها باشد. سوم آنکه افزایش تعداد معیارها در مدل تحلیل شبکه‌ای، حجم مقایسات زوجی را به‌طور قابل توجهی افزایش داده و احتمال خستگی ذهنی پاسخ‌دهندگان را بالا برده است که می‌تواند بر دقت ارزیابی‌ها اثر بگذارد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی و اولویت‌بندی معیارهای مسکن پایدار از دیدگاه کارشناسان و با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (ANP) انجام شد. در این راستا، ۱۱ معیار اصلی برای ارزیابی و تحلیل مسکن پایدار انتخاب شدند: دسترسی به امکانات و خدمات اساسی، سودآوری اقتصادی فعالیت‌های تجاری، دسترسی به حمل و نقل عمومی، آلودگی زیست‌محیطی، کیفیت فضای سبز، تراکم مناسب، مقاومت و کیفیت مسکن، کارایی و راندمان انرژی ساختمان، هویت، سرزندگی و امنیت. پس از شناسایی این معیارها، مدل ANP برای تعیین اولویت‌ها و وزن‌دهی هر معیار و زیرمعیار به کار

گرفته شد. در این مدل، روابط پیچیده و وابستگی‌های متقابل میان معیارها در نظر گرفته می‌شود و سپس وزن‌های نسبی آنها محاسبه می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که هر یک از معیارها نقش بسیار مهمی در ارزیابی مسکن پایدار ایفا می‌کنند، اما برخی از آنها اهمیت بیشتری دارند.

سودآوری اقتصادی فعالیت‌های تجاری با وزن نهایی ۰/۱۴۸۴ در صدر قرار دارد. این معیار نشان‌دهنده اهمیت بالای مسائل اقتصادی در مسکن پایدار است، چراکه بدون سودآوری اقتصادی، پروژه‌های مسکونی نمی‌توانند به پایداری و موفقیت بلندمدت برسند. همچنین، دسترسی به امکانات و خدمات اساسی با وزن ۰/۱۲۷۴ در جایگاه دوم قرار دارد. این معیار اهمیت بالایی در تضمین کیفیت زندگی ساکنان مسکن‌های پایدار دارد. برای مثال، در مناطقی که دسترسی به خدمات بهداشتی، آموزشی و رفاهی محدود باشد، پایداری اجتماعی و اقتصادی مسکن در درازمدت به چالش خواهد کشید. در رتبه سوم، مقاومت و کیفیت مسکن قرار دارد با وزن ۰/۱۱۲۸. این زیرمعیار بیانگر اهمیت ساختار فیزیکی و دوام مسکن در برابر بلایای طبیعی و تغییرات اقلیمی است. در نهایت، کارایی و راندمان انرژی ساختمان با وزن ۰/۱۰۱۲ در رتبه چهارم قرار گرفت، که نشان‌دهنده توجه ویژه به مصرف انرژی و بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر در طراحی ساختمان‌های مسکونی است. سایر معیارها نیز در اولویت‌های بعدی قرار دارند که در مجموع تأثیر زیادی بر طراحی و ساخت مسکن پایدار دارند. به‌طور مثال، کیفیت فضای سبز با وزن ۰/۱۰۳۲، تراکم مناسب با وزن ۰/۰۹۱۲ و آلودگی زیست‌محیطی با وزن ۰/۰۹۰۲ در اولویت‌های بعدی قرار دارند. این معیارها به‌ویژه در مناطق شهری که با چالش‌های زیست‌محیطی روبه‌رو هستند، اهمیت زیادی دارند. کیفیت فضای سبز و تراکم مناسب می‌تواند تأثیر زیادی بر کیفیت زندگی ساکنان داشته باشد و به بهبود شرایط زیست‌محیطی مناطق مسکونی کمک کند. هویت و سرزندگی به ترتیب با وزن‌های ۰/۰۹۶۲ و ۰/۱۰۴۰ نیز از دیگر معیارهای مهم محسوب می‌شوند که در حفظ هویت فرهنگی و اجتماعی مناطق مسکونی و ارتقاء احساس تعلق به محل سکونت، نقشی کلیدی ایفا می‌کنند. در نهایت، امنیت با وزن نهایی ۰/۱۱۴۴ در رتبه نهایی اولویت‌بندی قرار دارد، که نشان‌دهنده اهمیت این ویژگی در ایجاد محیطی امن و پایدار برای ساکنان مسکن‌های پایدار است. می‌توان گفت که اولویت‌های اصلی در توسعه



تا در نهایت مسکن‌هایی با ویژگی‌های پایدارتر، اقتصادی‌تر و با کیفیت بالاتر ایجاد شوند.

تقدیر و تشکر

از تمام افرادی که به‌صورت مادی یا غیرمادی در پیشبرد این پژوهش نقش داشته‌اند، قدردانی می‌شود.

اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان تأکید می‌کنند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی برای آنان وجود نداشته است.

مسکن پایدار به‌ویژه در ایران باید به جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی و همچنین به پایداری فنی و عملکردی مسکن اختصاص یابد.

این نتایج می‌تواند به سیاست‌گذاران و طراحان مسکن کمک کند تا تصمیم‌گیری‌های بهتری در زمینه توسعه پروژه‌های مسکونی پایدار اتخاذ کنند. در فرایندهای طراحی و ساخت پروژه‌ها، شناسایی دقیق این اولویت‌ها می‌تواند باعث بهبود شرایط زندگی ساکنان، کاهش هزینه‌های انرژی و بهبود پایداری زیست‌محیطی و اقتصادی پروژه‌ها شود. همچنین، این اولویت‌بندی‌ها می‌تواند مبنای تحلیل‌های حساسیت در مراحل مختلف طراحی و ساخت پروژه‌های مسکونی قرار گیرد.

فهرست منابع

- اسدپور، علی (۱۳۹۰). مسکن پایدار و توسعه زیست‌محیطی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- دهخدا، علی‌اکبر (۱۳۸۳). لغت‌نامه دهخدا، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- رحیمی، محمد (۱۳۹۴). مسکن پایدار و اقشار کم‌درآمد شهری، سومین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری.
- زندیه، مهدی (۱۳۹۰). تحلیل و تبیین شاخص‌های مسکن پایدار در ایران، نشریه عمران و معماری پایدار، ۵(۱)، ۷۸-۹۳.
- زندیه، سجاد (۱۳۹۰). مسکن پایدار و معماری زیست‌محیطی، تهران: نشر پژوهش.
- طلایی، جواد (۱۳۹۰). چالش‌ها و فرصت‌های مسکن پایدار در ایران، مجله توسعه پایدار و محیط‌زیست، ۸(۲)، ۹۹-۱۱۴.
- طلایی، محمد (۱۳۹۰). تحلیل توسعه پایدار شهری در ایران، تهران: انتشارات دانشگاهی.
- عباسی، محمود (۱۳۹۶). تأثیر سیاست‌های مسکن بر تغییرات اقلیمی در ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، ۱۲(۳)، ۴۵-۶۱.
- عزیزی، حامد (۱۳۹۳). توسعه پایدار: اصول، راهبردها و الگوها، تهران: انتشارات سمت.
- یزدان‌داد، حسین؛ امامی، رضا؛ هاشمی، سعید (۱۳۹۰). معماری سبز و طراحی پایدار، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- Bozdag, Erkan. (2017). A comparative study of analytic hierarchy process (AHP) and analytic network process (ANP) for decision making in sustainable urban development. *Journal of Urban Studies*, 45(3), 221-234.
- Charles Kibert, Chris. (2000). *Sustainable construction: Green building design and delivery*. John Wiley & Sons.
- Gould, Stephen., & Ching, Lee. (2020). Sustainable housing strategies in Southeast Asia: Innovations and challenges. *Journal of Urban Development*, 14(1), 32-47.
- Lee, Hyung., Kwon, Young., & Lee, Jung. (2019). A review of housing sustainability and the role of ANP modeling in urban planning. *Environmental Planning Review*, 21(4), 245-262.
- Papali Yazdi, Mohammad. (2011). *Sustainable development and local development strategies*. Tehran: Kharazmi University Press.
- Saaty, Thomas L. (2013). *The analytic network process: Decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*. Springer Science & Business Media.
- Smith, Richard., & Pitt, Michael. (2021). Sustainable architecture and urbanization in developing countries: Trends and challenges. *International Journal of Environmental Sustainability*, 28(5), 78-95.
- Smith, Peter., & Pitt, Michael. (2021). *Sustainable housing: Principles and practices*. Routledge.
- Tajik, Mohammad. (2011). Sustainable urban development: Challenges and solutions. *Journal of Urban Studies*, 15(4), 55-72.
- UN-Habitat. (2022). *Sustainable Urban Development: Global report on urban sustainability practices*. United Nations



Human Settlements Programme.

UN-Habitat. (2022). *World cities report 2022: Envisaging the future of cities*. United Nations Human Settlements Programme.

Winston, Thomas. (2006). *Sustainable housing: A global perspective*. London: Routledge.

World Bank. (2021). *Urban development in the Middle East and North Africa: Challenges and opportunities*. World Bank Publications.

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.

Yuksel, Ihsan. (2010). An overview of the analytic network process (ANP) and its applications in decision making. *International Journal of Operational Research*, 10(4), 281-300.