

Conceptual Model of Renewable Energy Utilisation in Urban Sustainable Development: A Review Study

Original Article

Maryam Torkaman¹, Samaneh Jalilisadrabad^{2*}, Abolfazl Ahmadi³

1- Master's degree, Urban Planning Department, Regional Planning Focus, school of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Urban Planning Department, school of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

3- Associate Professor, Energy Systems Department, Faculty of New Technologies, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2025-03-15

Revised: 2025-04-21

Accepted: 2025-05-07

Keywords

Common Indicators of Energy and Sustainable Development
Conceptual Model of Renewable Energy
Qualitative Content Analysis
Urban Planning
Urban Sustainable Development

ABSTRACT

Introduction

Since the Industrial Revolution in recent centuries, urban areas have experienced rapid population growth, leading to the unsustainable consumption of fossil fuels to meet energy demands. The unprecedented global increase in energy consumption, coupled with dependency on fossil resources, has contributed to the rise in greenhouse gas concentrations in the atmosphere (Abdelaziz et al., 2011). As a result, the acceleration of global warming poses significant risks to living conditions, with substantial potential economic and social repercussions (Waq et al., 2021). In this regard, sustainable energy systems balance energy production and consumption, ensuring that their negative environmental impacts remain within acceptable thresholds while simultaneously contributing to enhancing urban quality of life (Arasteh Talashmaki, 2020). On a global scale, considerable actions have been undertaken to address these challenges. For instance, at the 2015 United Nations Sustainable Development Summit, in support of the Paris Agreement, countries collectively underscored the importance of achieving carbon neutrality and the transition to clean energy systems (News, 2015). However, in the 21st century, large urban centers continue to confront escalating challenges, such as securing energy supplies and mitigating pollution, particularly in nations heavily reliant on fossil fuels. While renewable energy sources such as solar and wind have been proposed as sustainable alternatives, barriers such as high initial capital costs and a lack of public awareness impede widespread adoption (Torkaman & Jalilisadrabad, 2024). A literature review reveals that renewable energy has long been regarded as a crucial tool for preserving intergenerational equity in resource utilization (WCED, 1987). Studies such as those by TB et al. (1993) have focused on reducing pollution through solar and wind energy, but these studies often fail to address the social and economic dimensions of energy systems. Goldemberg (1998), with an emphasis on developing nations, highlighted the role of renewable energy in both economic and environmental development. However, the interplay among the various dimensions of sustainable development has been insufficiently explored. Drake et al. (2005) focused on technical and economic challenges but did not provide an integrated framework for understanding these issues holistically. Panwar et al. (2011) also acknowledged the role of renewable energy in mitigating greenhouse gas emissions, yet the social aspects remained largely underexplored. Karbach and Kabza (2019) underscored institutional misalignment and the weaknesses in policy frameworks. Furthermore, recent comparative studies emphasize that the successful implementation of sustainable energy

* Corresponding author: s_jalili@iust.ac.ir

policies requires the active participation of governments, communities, and the private sector (Čeryová et al., 2020; Surya et al., 2021). This crucial multi-stakeholder involvement is also reflected in the conceptual model proposed in the present study. Upon synthesizing the findings of prior research, it becomes clear that, despite significant attention to the technical, economic, and environmental aspects of renewable energy, there has been a lack of comprehensive investigation into the integration and interaction of these dimensions within a unified model. It can be concluded that most previous studies have concentrated narrowly on specific dimensions of sustainable development, neglecting the development of a cohesive and integrated model. This study aims to construct a comprehensive conceptual model for the utilization of renewable energy in urban sustainable development, employing a qualitative content analysis approach and a systematic review of the existing literature. In this context, the key research questions are as follows:

1. What are the key dimensions and components that influence the role of renewable energy in urban sustainable development?
2. How can the interactions between the environmental, economic, social, and institutional dimensions enhance the effective utilization of renewable energy?
3. What conceptual model can be proposed to integrate these dimensions into sustainable energy policymaking at the urban level?

Materials and Methods

This study, aiming to elucidate the relationship between renewable energy and urban sustainable development, adopts a mixed-methods approach, which includes a systematic literature review, qualitative content analysis, and Grounded Theory. Data were collected through structured searches in domestic and international scientific databases from 2002 to 2023. Forty-two articles were selected for final analysis based on scientific and analytical criteria. The selected texts were analyzed using MAXQDA software through a three-stage coding process (open, axial, and selective), and the concepts were organized into five main dimensions (economic, social, environmental, institutional, and technological). Subsequently, by analyzing the co-occurrence and strength of the relationships between the codes, a conceptual network of indicators was extracted, and the final model of the study was designed. This model explains the causal and indirect relationships between renewable energy and urban sustainable development by identifying both strengthening and weakening factors. To validate the qualitative analysis, methods such as simultaneous coding by a second researcher, matching concepts with theoretical literature, and review by a third researcher were employed. Thus, the conceptual model derived from this study, unlike purely descriptive frameworks, has a structure based on causal analysis and has successfully illustrated, relying on documented evidence from credible articles, a meaningful network of relationships between renewable energy and various dimensions of sustainable development in urban areas.

Findings

In the first stage, the extraction and organization of indicators related to sustainable development, including "energy security," "energy justice," "environmental impacts," "economic growth," and "energy governance," was carried out using the Grounded Theory approach. For this purpose, the texts of 48 selected articles from 2002 to 2023 were carefully analyzed, and through the use of MAXQDA, a specialized qualitative data analysis software, open coding was performed. As a result, 72 initial codes were identified as reflections of key concepts in the field of renewable energy

and sustainable development. The findings of this stage are presented in Table 1 in a matrix format, which shows the presence of each code in the selected articles. In the second stage, based on the principles of axial coding, the identified codes were categorized into four main themes according to their conceptual and semantic proximities: environmental, institutional, social, and economic. Two other researchers reviewed this clustering to enhance its structural validity. Additionally, the frequency of each indicator in the examined articles and the results were presented in Table 2 to indicate the degree of attention given to each indicator. In the third stage, an analysis of the internal relationships between the indicators was conducted. Using MAXQDA software, meaningful relationships between the indicators were extracted. In Table 3, analytical propositions and the conceptual relationships between the indicators are explained, and in Figure 2, the graphical structure of these relationships is displayed. In this figure, colors and the thickness of the lines represent the type, origin, and intensity of the relationship between the indicators, respectively. In the fourth stage, the final conceptual model for the utilization of renewable energy with a sustainable development approach for urban areas was designed and presented. This model is a combination of the theoretical and empirical findings of the study and precisely illustrates the bi-directional interactions between renewable energy and the various dimensions of sustainable development. The final conceptual model is displayed in Figure 4. In this model, the indicators are divided into two categories: those that promote the increased use of renewable energy (such as energy security, pollution reduction, job creation, and access justice), which are highlighted in orange, and those that hinder the development of these energies (such as initial costs, construction time, and policy complexities), which are indicated in red. This conceptual model, while illustrating causal pathways between the environmental, social, economic, and institutional dimensions, shows that increasing the utilization of renewable energy can directly and indirectly enhance the indicators of sustainable development in metropolitan areas. In addition to its analytical value, this model serves as a tool for precise policymaking and the design of comprehensive energy development programs at both urban and trans-regional levels.

Conclusion

This study aims to fill this gap by employing a mixed-content analysis approach (qualitative and quantitative) and proposing a conceptual model based on which the indicators affecting the utilization of renewable energy and their impact on urban sustainable development have been identified and classified. The research findings reveal that these indicators can be categorized into two main groups: the first group includes indicators that contribute to the enhancement of sustainable development, such as access to energy resources, energy security, reduced consumption of fossil fuels, reduction of pollutants, job creation, social equality, energy diversity, environmental protection, economic growth, and improved quality of life. In contrast, the second group includes indicators that hinder the development of renewable energy and, consequently, reduce sustainable development, with the most significant being high initial costs, long construction times for power plants, and policy challenges. The conducted reviews show that the high initial investment costs are the primary obstacle to developing renewable energy, particularly in developing countries. Nevertheless, the analysis results indicate that the long-term benefits of utilizing renewable energy, both from an economic and environmental perspective, far outweigh its initial costs. These benefits include reducing dependence on fossil resources, improving ener-

gy security, reducing pollution-related costs, and creating opportunities for investment and entrepreneurship in underdeveloped areas. Another crucial point in the findings is the prominence of the social dimensions of renewable energy development. Unlike many previous studies, which mainly focused on economic or environmental considerations, this study shows that the equitable development of these energies can lead to an improvement in quality of life, reduce regional inequalities, and increase social participation in underprivileged areas. Examples of this include transforming remote villages into energy producers and enhancing their economic status. On the other hand, the research results emphasize that the development of renewable energy will not be possible without the involvement of governments and policymaking institutions. Financial incentives, formulating supportive laws, and facilitating investment processes are among the actions that can make the development of such

energy sources smoother. The experience of developed countries has also shown that effective policies in the field of clean energy, such as preferential tariffs for small producers or public awareness programs, have been effective in increasing the social and economic acceptance of these energy sources. This study, by outlining an integrated conceptual model, demonstrates that the development of renewable energy in urban areas is influenced by a complex set of interrelated technical, economic, social, and environmental indicators. Based on this model, the most significant positive indicator is the reduction of greenhouse gas emissions and the enhancement of energy security, while the most significant barrier is the initial cost of energy production. Therefore, achieving sustainable development requires a comprehensive, interdisciplinary, and policy-oriented approach.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



HOW TO CITE THIS ARTICLE

Torkaman M. Jalilisadrabad S. Ahmadi A. Conceptual Model of Renewable Energy Utilisation in Urban Sustainable Development: A Review Study. Urban Economics and Planning Vol 6(1):226-245. [In Persian]

DOI: 10.22034/UEP.2025.512007.1614



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدل مفهومی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار شهری: مطالعه‌ای مروری*

مقاله پژوهشی

مریم ترکمن^۱؛ سمانه جلیلی صدرآباد^{۲*}؛ ابوالفضل احمدی^۳

- ۱- کارشناسی ارشد، گروه شهرسازی، گرایش برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
- ۲- دانشیار، گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
- ۳- دانشیار، گروه سیستم‌های انرژی، دانشکده فناوری‌های نوین، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده

مقدمه

با شروع انقلاب صنعتی در سده‌های اخیر، شهرها با رشد سریع جمعیت مواجه شده‌اند که این امر به استفاده بی‌رویه از انرژی‌های فسیلی برای تأمین انرژی منجر شده است. رشد بی‌سابقه مصرف انرژی در جهان و اتکا به منابع فسیلی، به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو منجر شده است (Abdelaziz et al., 2011). به تبع آن، تسریع روند گرمایش جهانی می‌تواند به شرایط نامطلوب زندگی و خسارت‌های اقتصادی و اجتماعی منجر شود (Waq et al., 2021). در این راستا، سیستم‌های انرژی پایدار موازنه‌ای بین تولید و مصرف انرژی برقرار می‌کنند که آثار منفی آن بر محیط زیست در حد تحمل‌پذیر باقی می‌ماند و در عین حال به بهبود کیفیت زندگی شهروندان کمک می‌کند (Arasteh Talashmaki, 2020). در سطح جهانی، اقدامات قابل توجهی در این راستا انجام شده است. به عنوان نمونه، در اجلاس توسعه پایدار سازمان ملل در سال ۲۰۱۵، در حمایت از توافق نامه پاریس، کشورها بر دستیابی به بی‌طرفی کربن و توسعه سیستم‌های انرژی پاک تأکید کردند (News, 2015). با این حال، در قرن ۲۱، شهرهای بزرگ با چالش‌های فزاینده‌ای مانند تأمین انرژی و آلودگی مواجه هستند، به‌ویژه در کشورهایی که به سوخت‌های فسیلی متکی‌اند. گرچه انرژی‌های تجدیدپذیر همچون خورشیدی و بادی به عنوان گزینه‌های پایدار مطرح شده‌اند، اما موانعی مانند هزینه‌های اولیه بالا و کمبود آگاهی عمومی، مانع از پذیرش گسترده آن‌ها شده است (Torkaman & Jalilisadrabad, 2024).

مرور ادبیات نشان می‌دهد انرژی‌های تجدیدپذیر از دیرباز به عنوان ابزار حفظ منابع بین‌نسلی مطرح بوده‌اند (WCED, 1987). پژوهش‌هایی همچون پژوهش تیپی و همکاران (۱۹۹۳) بر کاهش آلودگی از طریق انرژی‌های خورشیدی و بادی تمرکز داشته‌اند، اما اغلب به ابعاد اجتماعی و اقتصادی توجه نکرده‌اند. گلدبرگ (۱۹۹۸) با تأکید بر کشورهای درحال توسعه، بر نقش این انرژی‌ها در توسعه اقتصادی و زیست‌محیطی اشاره کرده است. با این حال، تعامل میان ابعاد مختلف توسعه پایدار کمتر بررسی شده است. دراک و همکاران (۲۰۰۵) به چالش‌های فنی و اقتصادی پرداخته‌اند، اما دیدگاهی یکپارچه ارائه نداده‌اند. پانوار و همکاران (۲۰۱۱) نیز به نقش این منابع در کاهش گازهای گلخانه‌ای اشاره کرده‌اند، در حالی که جنبه‌های اجتماعی مغفول مانده است. کرباخو و کابزا (۲۰۱۹) بر ناهماهنگی نهادی و ضعف سیاست‌گذاری تأکید کرده‌اند. همچنین، پژوهش‌های تطبیقی جدید، مشارکت دولت، جامعه و بخش خصوصی را برای موفقیت سیاست‌های انرژی پایدار حیاتی می‌دانند (Čeryová et al., 2020; Surya et al., 2021). که این مسئله در مدل مفهومی تحقیق حاضر نیز مد نظر قرار گرفته است. با تجمیع یافته‌های پژوهش‌های پیشین، مشخص می‌شود که علی‌رغم توجه گسترده به ابعاد فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی، تعامل و یکپارچگی میان این ابعاد در قالب یک مدل جامع مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به تحلیل پژوهش‌های یادشده، می‌توان نتیجه گرفت که اغلب مطالعات پیشین تمرکز محدودی بر ابعاد خاصی از توسعه پایدار داشته‌اند و از ارائه مدلی جامع و یکپارچه بازمانده‌اند. این پژوهش با هدف طراحی مدلی مفهومی و یکپارچه برای بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار مناطق شهری، با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی و مرور نظام‌مند ادبیات انجام شده است. در این زمینه، سوالات

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۷

کلمات کلیدی

برنامه‌ریزی شهری
تحلیل محتوای کیفی
توسعه پایدار شهری
شاخص‌های مشترک انرژی و توسعه پایدار
مدل مفهومی انرژی‌های تجدیدپذیر

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان «امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار مناطق کلانشهری (نمونه مطالعاتی: منطقه کلانشهری تهران)» در دانشگاه علم و صنعت ایران است.
** نویسنده مسئول: s_jalili@iust.ac.ir

پژوهش عبارت‌اند از:

۱. چه ابعاد و مؤلفه‌هایی بر نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار شهری تأثیرگذار هستند؟
۲. چگونه تعامل میان ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی می‌تواند موجب بهره‌وری بهتر از انرژی‌های تجدیدپذیر شود؟
۳. چه نوع مدل مفهومی می‌تواند برای ادغام این ابعاد در سیاست‌گذاری انرژی پایدار در کلان‌شهرها پیشنهاد شود؟

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف تبیین رابطه میان انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار شهری، از رویکردی ترکیبی بهره گرفته که شامل مرور نظام‌مند ادبیات، تحلیل محتوای کیفی و نظریه‌پردازی داده‌بنیاد (Grounded Theory) است. داده‌ها از طریق جست‌وجوی ساختاریافته در پایگاه‌های علمی داخلی و بین‌المللی در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۳ گردآوری شده و با استفاده از معیارهای علمی و تحلیلی، ۴۲ مقاله برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. متون منتخب با نرم‌افزار MAXQDA طی فرایند کدگذاری سه مرحله‌ای (باز، محوری و انتخابی) تحلیل شدند و مفاهیم در پنج بُعد اصلی (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، نهادی و فناورانه) سازمان‌دهی شدند. سپس، با تحلیل هم‌رخدادی و شدت ارتباط کدها، شبکه مفهومی شاخص‌ها استخراج و مدل نهایی پژوهش طراحی شد که روابط علی و غیرمستقیم میان انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار شهری را با شناسایی عوامل تقویت‌کننده و تضعیف‌کننده تبیین می‌کند. برای اعتبارسنجی تحلیل کیفی، از روش‌هایی همچون کدگذاری هم‌زمان توسط پژوهشگر دوم، تطبیق مفاهیم با ادبیات نظری و بازبینی توسط پژوهشگر سوم استفاده شد. به این ترتیب، مدل مفهومی حاصل از این پژوهش، به خلاف الگوهای صرفاً توصیفی، ساختاری مبتنی بر تحلیل علی دارد و توانسته است با اتکا به شواهد مستند در مقالات معتبر، شبکه‌ای معنادار از ارتباط میان انرژی‌های تجدیدپذیر و ابعاد مختلف توسعه پایدار در مناطق کلان‌شهری ترسیم کند.

یافته‌ها

در مرحله نخست، استخراج و سامان‌دهی شاخص‌های مرتبط با توسعه پایدار شامل «امنیت انرژی»، «عدالت انرژی»، «اثرات زیست‌محیطی»، «رشد اقتصادی» و «حکمرانی انرژی» با استفاده از رویکرد نظریه زمینه‌ای صورت گرفت. برای این منظور، متون ۴۸ مقاله منتخب از سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۳ به‌دقت مورد تحلیل قرار گرفت و با بهره‌گیری از نرم‌افزار تخصصی تحلیل داده‌های کیفی (MAXQDA)، فرایند کدگذاری باز انجام شد. در نتیجه، ۷۲ کد اولیه به عنوان بازتاب مفاهیم کلیدی حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار شناسایی شدند. یافته‌های این مرحله در جدول ۱ به صورت ماتریسی ارائه شده که در آن حضور هر کد در مقالات منتخب مشخص شده است. در مرحله دوم، بر اساس اصول کدگذاری محوری، کدهای شناسایی شده با توجه به قرابت‌های مفهومی و معنایی در قالب چهار مقوله اصلی دسته‌بندی شدند: محیط زیستی، نهادی، اجتماعی و اقتصادی. این خوشه‌بندی توسط دو پژوهشگر دیگر مورد بازبینی قرار گرفت تا اعتبار ساختاری آن تقویت شود. همچنین، فراوانی هر شاخص در مقالات بررسی شده و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است تا میزان توجه به هر شاخص مشخص شود. در مرحله سوم، تحلیل ارتباطات درونی میان شاخص‌ها انجام شد. با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA، روابط معنادار میان شاخص‌ها استخراج شد. در جدول ۳، گزاره‌های تحلیلی و روابط مفهومی میان شاخص‌ها تشریح شده و در شکل ۲، ساختار گرافیکی این ارتباطات نمایش داده شده است. در این شکل، رنگ‌ها و ضخامت خطوط به ترتیب نوع، منشأ و شدت ارتباط میان شاخص‌ها را نشان می‌دهند. در مرحله چهارم، مدل مفهومی نهایی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با رویکرد توسعه پایدار مناطق شهری طراحی و ارائه شد. این مدل، ترکیبی از یافته‌های نظری و تجربی پژوهش است و تعاملات دوسویه میان انرژی‌های تجدیدپذیر و ابعاد مختلف توسعه پایدار را به صورت دقیق ترسیم می‌کند. مدل مفهومی نهایی در

شکل ۴ نمایش داده شده است. در این مدل، شاخص‌ها در دو دسته تقسیم شده‌اند: شاخص‌های مؤثر بر افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (مانند امنیت انرژی، کاهش آلودگی، اشتغال‌زایی، عدالت در دسترسی) که با رنگ نارنجی مشخص شده‌اند و شاخص‌هایی که مانع توسعه این انرژی‌ها هستند (مانند هزینه اولیه، زمان احداث، پیچیدگی‌های سیاسی) که با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند. این مدل مفهومی ضمن ترسیم مسیرهای علی میان ابعاد محیط زیستی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی، نشان می‌دهد افزایش بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به طور مستقیم و غیرمستقیم موجب ارتقای شاخص‌های توسعه پایدار در مناطق کلان‌شهری شود. این مدل، علاوه بر داشتن ارزش تحلیلی، به عنوان ابزاری برای سیاست‌گذاری دقیق و طراحی برنامه‌های جامع توسعه انرژی در سطوح شهری و فرمانطقه‌ای نیز کاربرد دارد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلأ، از روش تحلیل محتوای ترکیبی (کیفی و کمی) بهره گرفته و مدلی مفهومی ارائه کرده است که بر اساس آن، شاخص‌های مؤثر در بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر و تأثیر آن‌ها بر توسعه پایدار شهری شناسایی و طبقه‌بندی شده‌اند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد این شاخص‌ها در دو دسته کلی قابل تفکیک‌اند: دسته نخست شاخص‌هایی هستند که به افزایش توسعه پایدار کمک می‌کنند، نظیر دسترسی به منابع انرژی، امنیت انرژی، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش آلاینده‌ها، ایجاد اشتغال، برابری اجتماعی، تنوع انرژی، حفاظت از محیط زیست، رشد اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی. در مقابل، دسته دوم شاخص‌هایی هستند که مانع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و در نتیجه، کاهش توسعه پایدار می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: هزینه‌های بالای اولیه، مدت‌زمان طولانی احداث نیروگاه‌ها و چالش‌های سیاست‌گذاری. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری مهم‌ترین مانع در مسیر توسعه این نوع انرژی‌ها، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، هستند. با وجود این، نتایج تحلیل‌ها بیانگر آن است که منافع بلندمدت حاصل از به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر، چه از منظر اقتصادی و چه از زیست‌محیطی، به‌مراتب بیشتر از هزینه‌های اولیه آن است. این منافع شامل کاهش وابستگی به منابع فسیلی، بهبود امنیت انرژی، کاهش هزینه‌های ناشی از آلودگی و ایجاد بسترهایی برای سرمایه‌گذاری و کارآفرینی در مناطق محروم می‌شود. نکته مهم دیگر در یافته‌های پژوهش، برجسته شدن نقش ابعاد اجتماعی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است. به خلاف بسیاری از مطالعات قبلی که عمدتاً بر ملاحظات اقتصادی یا زیست‌محیطی متمرکز بودند، این تحقیق نشان می‌دهد توسعه عادلانه این انرژی‌ها می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی، کاهش نابرابری‌های منطقه‌ای و افزایش مشارکت اجتماعی در مناطق کم‌برخوردار منجر شود. نمونه‌هایی از این نوع شامل تبدیل روستاهای دورافتاده به تولیدکنندگان انرژی و ارتقای وضعیت اقتصادی آن‌هاست. از سوی دیگر، نتایج پژوهش تأکید دارد که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بدون نقش‌آفرینی دولت‌ها و نهادهای سیاست‌گذار میسر نخواهد بود. ارائه مشوق‌های مالی، تدوین قوانین حمایتی و تسهیل فرایندهای سرمایه‌گذاری از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند مسیر توسعه این نوع انرژی‌ها را هموارتر سازند. تجربه کشورهای توسعه‌یافته نیز نشان داده است سیاست‌های مؤثر در زمینه انرژی‌های پاک، نظیر تعرفه‌های ترجیحی برای تولیدکنندگان کوچک یا برنامه‌های آگاه‌سازی عمومی، در افزایش مقبولیت اجتماعی و اقتصادی این انرژی‌ها مؤثر بوده‌اند. پژوهش حاضر با تبیین یک مدل مفهومی یکپارچه، نشان می‌دهد توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در مناطق شهری، تحت تأثیر مجموعه‌ای پیچیده از شاخص‌های متقابل فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قرار دارد. بر اساس این مدل، مهم‌ترین شاخص مؤثر مثبت، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش امنیت انرژی است و مهم‌ترین مانع، هزینه اولیه تولید انرژی به شمار می‌رود. لذا تحقق توسعه پایدار نیازمند نگاهی یکپارچه، میان‌رشته‌ای و سیاست‌محور است.

مقدمه

با شروع انقلاب صنعتی در سده‌های اخیر، شهرها با رشد سریع جمعیت مواجه شده‌اند که این امر به استفاده بی‌رویه از انرژی‌های فسیلی برای تأمین انرژی منجر شده است. رشد بی‌سابقه مصرف انرژی در جهان و اتکا به منابع فسیلی، به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو منجر شده است (Abdelaziz et al., 2011). به تبع آن، تسریع روند گرمایش جهانی می‌تواند به شرایط نامطلوب زندگی و خسارت‌های اقتصادی و اجتماعی منجر شود (Waq et al., 2021). در این راستا، سیستم‌های انرژی پایدار موازنه‌ای بین تولید و مصرف انرژی برقرار می‌کنند که آثار منفی آن بر محیط زیست در حد تحمل‌پذیر باقی می‌ماند و در عین حال به بهبود کیفیت زندگی شهروندان کمک می‌کند (Arasteh Talashmaki, 2020). در سطح جهانی، اقدامات قابل توجهی در این زمینه انجام شده است. به عنوان نمونه، در اجلاس توسعه پایدار سازمان ملل در سال ۲۰۱۵، در حمایت از توافق‌نامه پاریس، کشورها بر دستیابی به بی‌طرفی کربن و توسعه سیستم‌های انرژی پاک تأکید کردند (News, 2015). با این حال، در قرن ۲۱، شهرهای بزرگ با چالش‌های فزاینده‌ای مانند تأمین انرژی و آلودگی مواجه هستند، به‌ویژه در کشورهایی که به سوخت‌های فسیلی متکی‌اند. گرچه انرژی‌های تجدیدپذیر همچون خورشیدی و بادی به عنوان گزینه‌های پایدار مطرح شده‌اند، اما موانعی مانند هزینه‌های اولیه بالا و کمبود آگاهی عمومی، مانع از پذیرش گسترده آن‌ها شده است (Torkaman & Jalilisadrabad, 2024).

مروری بر ادبیات پژوهش نشان می‌دهد از گذشته تا کنون، تحقیقات گوناگونی به اهمیت انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند. به عنوان مثال، گزارش کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه بر ضرورت بهره‌گیری از این انرژی‌ها برای حفظ منابع برای نسل‌های آینده تأکید کرده است (WCED, 1987). در پژوهش یوهانسون و همکاران (۱۹۹۳) پتانسیل انرژی‌های خورشیدی و بادی در کاهش آلودگی و جایگزینی سوخت‌های فسیلی برجسته است (TB et al., 1993). اما این پژوهش عمدتاً بر جنبه‌های زیست‌محیطی تمرکز داشته‌اند و به ابعاد اجتماعی و اقتصادی کمتر پرداخته است. در مقابل، پژوهش گلدبرگ (۱۹۹۸) به نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در رشد اقتصادی کشورها در حال توسعه اشاره دارد. به گفته او، این فناوری‌ها می‌توانند هم‌زمان به توسعه اقتصادی و حفظ محیط زیست کمک کنند (Goldemberg, 1998). با این حال، این مطالعات کمتر به تعامل میان ابعاد مختلف توسعه پایدار پرداخته‌اند. پژوهش دراک و همکاران (۲۰۰۵) به چالش‌های فنی و اقتصادی پرداخته و مشکلات اجرایی در مقیاس وسیع را مورد توجه قرار داده است (Drake et al., 2005). در حالی که این تحقیق به جنبه‌های فنی و مهندسی تمرکز دارد، درک جامع‌تری از ارتباطات میان ابعاد مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار ارائه نمی‌دهد. از منظر مقابله با تغییرات اقلیمی، پژوهش پانوار و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده‌اند انرژی‌های تجدیدپذیر نقش مؤثری در کاهش گازهای گلخانه‌ای دارند (Panwar et al., 2011). با این وجود، جنبه‌های اجتماعی و فرهنگی همچنان مورد غفلت قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر، کرباخو و کابزا (۲۰۱۹) به مشکلات هماهنگی میان بخش‌های مختلف در پیاده‌سازی برنامه‌های انرژی و تغییرات اقلیمی اشاره کردند و موانع سیاست‌گذاری ضعیف را بررسی کردند (Carbajo & Cabeza, 2019). این تحقیق بر چالش‌های اجرایی و سیاست‌گذاری متمرکز بوده، اما به تحلیل یکپارچه ابعاد مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار شهری نپرداخته است.

همچنین، پژوهش‌های تطبیقی مانند سوریا و همکاران (۲۰۲۱) در اندونزی و سربووا و همکاران (۲۰۲۱) در کشورهای اروپایی بر اهمیت همکاری میان دولت، جامعه و بخش خصوصی تأکید دارند (Čerjová et al., 2020; Surya et al., 2021). که این مسئله در مدل مفهومی تحقیق حاضر نیز مد نظر قرار گرفته است. با تجمیع یافته‌های پژوهش‌های پیشین، مشخص می‌شود که علی‌رغم توجه گسترده به ابعاد فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی، تعامل و یکپارچگی میان این ابعاد در قالب یک مدل جامع مورد بررسی قرار نگرفته

است. با توجه به تحلیل پژوهش‌های یادشده، می‌توان نتیجه گرفت که اغلب مطالعات پیشین تمرکز محدودی بر ابعاد خاصی از توسعه پایدار داشته‌اند و از ارائه مدلی جامع و یکپارچه بازمانده‌اند. این پژوهش با هدف طراحی مدلی مفهومی و یکپارچه برای بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار مناطق شهری، با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی و مرور نظام‌مند ادبیات انجام شده است. در این راستا، سؤالات پژوهش عبارت‌اند از:

۱. چه ابعاد و مؤلفه‌هایی بر نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار شهری تأثیرگذار هستند؟
۲. چگونه تعامل میان ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی می‌تواند موجب بهره‌وری بهتر از انرژی‌های تجدیدپذیر شود؟
۳. چه مدل مفهومی می‌تواند برای ادغام این ابعاد در سیاست‌گذاری انرژی پایدار در کلان‌شهرها پیشنهاد شود؟

مبانی نظری پژوهش

در این قسمت با توجه به کلیدواژگان پژوهش به بررسی مبانی نظری پژوهش پرداخته شده است. در این بخش به بیان مفاهیم توسعه پایدار، انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته شده است.

مفهوم توسعه پایدار

توسعه پایدار از دو بخش توسعه و پایداری تشکیل شده است. در زمینه توسعه، فرایند و اهداف مطرح می‌شوند. این فرایند شامل رشد و تغییر است و اهداف آن به نیازهای اولیه اشاره دارد. پایداری باید در سه حوزه اجتماعی، محیطی و فیزیکی وجود داشته باشد؛ بنابراین، توسعه پایدار به معنای حفظ محیط طبیعی و تعادل اجتماعی از طریق فرایندهای رشد و تغییر و برآورده کردن نیازهای معقول انسانی است (Assembly, 2015). توسعه پایدار می‌تواند بیشترین رفاه را برای بشر در طولانی‌ترین زمان و بزرگ‌ترین مقیاس فضایی به دنبال داشته باشد. جامعه انسانی و محیط زیست محیطی به طور نزدیک با هم در ارتباط و برای یکدیگر سودمند هستند و یک کل پیچیده غیرقابل تقسیم را تشکیل می‌دهند. توسعه هماهنگ زیست محیطی و اقتصاد اجتماعی یک مشکل رایج بشری و یک چالش مشترک در سراسر جهان است. همچنین، این مشکلی است که جامعه بین‌المللی به دنبال حل آن است. در سال‌های اخیر، توسعه هماهنگ محیط زیست و اقتصاد به نقطه داغ نگرانی اجتماعی و عامل مهمی در توسعه پایدار مناطق شهری تبدیل شده است (Liu et al., 2022). به بیان دیگر، توسعه پایدار تلاش دارد تا رشد اقتصادی، عدالت اجتماعی و حفظ منابع طبیعی و محیط زیست را به طور هم‌زمان تحقق بخشد (Papathanasiou, 2021).

انرژی‌های تجدیدپذیر

انرژی‌های تجدیدپذیر از سال ۱۹۷۲ به عنوان منبع انرژی آینده برای توسعه پایدار به دنیا معرفی شد. منابع انرژی تجدیدپذیر شامل انرژی حاصل از باد، زیست‌توده حلقه بسته، زیست‌توده حلقه باز، زمین‌گرایی، خورشیدی، نیروی آبیاری کوچک، زباله‌های جامد شهری، انرژی آبی، منابع دریایی و هیدروکینتیک است (Plan, 2011; Shaaban & Petinrin, 2014). انرژی تجدیدپذیر به نوعی از انرژی گفته می‌شود که به خلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر قابلیت بازگشت مجدد را به طبیعت دارند. انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین‌گرایی، زیست‌توده، زیست سوخت نیروی برق آبی از جمله این انرژی‌ها به شمار می‌روند. پتانسیل منابع انرژی تجدیدپذیر برای برآورده کردن تقاضای انرژی در جهان بسیار زیاد است. این انرژی‌ها به‌جز اثرات پاک‌تر نسبت به سوخت‌های فسیلی، گزینه‌های جذابی برای رشد اقتصادی، برآورده کردن نیازهای انرژی، ایجاد اشتغال و ایجاد صنایع تولیدی و خدماتی هستند که به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌توانند جذابیت زیادی به همراه داشته باشند (Pfeiffer & Mulder, 2013).

اهمیت توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر

امروزه انرژی‌های نو به رغم ناشناخته ماندن، به سرعت در حال گسترش و نفوذ است و غفلت از آن، جبران‌ناپذیر خواهد بود. انرژی خورشیدی، بادی، آبی، بیوماس، بیوگاز و انرژی زمین گرمایی از عمده‌ترین منابع انرژی‌های پاک هستند.

وقوع سه عامل در سال ۱۹۹۵ میلادی، سبب ایجاد نقطه عطفی برای

- انرژی‌های تجدیدپذیر، به خصوص انرژی باد شده است:
- تغییرات آب‌وهوایی بر اثر انباشت گازهای گلخانه‌ای در جو
 - افزایش تقاضای مصرف انرژی در سراسر جهان
 - گشوده شدن چشم‌انداز نویدبخشی در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر بود که با صراحت از سوی کارشناسان اعلام شد (Elum & Momodu, 2017). در شکل ۱ مزایای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بیان شده است.



شکل ۱. مزایای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (Elum & Momodu, 2017)

مواد و روش

در این پژوهش، با هدف تبیین دقیق‌تر رابطه میان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار در بستر مناطق کلان‌شهری، از رویکردی ترکیبی بهره گرفته شده که متکی بر مرور نظام‌مند متون علمی، تحلیل محتوای کیفی و نیز بهره‌گیری از منطق نظریه‌پردازی داده‌بنیاد (Grounded Theory) است. دلیل انتخاب این رویکرد، آن است که پژوهش حاضر فقط به گردآوری یا توصیف ادبیات پیشین بسنده نکرده، بلکه در پی کشف ساختارهای مفهومی پنهان و تبیین روابط علی میان شاخص‌ها در حوزه انرژی و پایداری شهری بوده است. از این‌رو، استفاده از تحلیل کیفی در کنار فرایند کدگذاری چندمرحله‌ای، امکان استخراج چارچوب مفهومی دقیق‌تر را فراهم آورده است.

برای گردآوری داده‌ها، فرایند جست‌وجوی نظام‌مند در پایگاه‌های علمی بین‌المللی و داخلی شامل Google، Springer، ScienceDirect، Scopus، Magiran و SID، Scholar، انگلیسی شامل عبارت‌هایی مانند «Renewable Energy»، «Green Cities»، «Urban Development»، «Urban Energy Transition»، «انرژی پاک» و ترکیبات آن‌ها بودند که با استفاده از عملگرهای منطقی AND و OR در ترکیب‌های متنوع به کار رفتند. بازه زمانی انتخاب‌شده برای بررسی منابع، از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۳ در نظر گرفته شد. علت انتخاب این بازه زمانی، تمرکز بر روندهای اخیر در توسعه سیاست‌های انرژی شهری و همچنین، بررسی سیر تحول مفهوم پایداری در حوزه مطالعات شهری بود.

در مرحله نخست، تعداد ۱۸۰ مقاله بازاریابی شد. با بررسی اولیه عنوان و چکیده، ۷۸ مقاله برای بررسی دقیق‌تر انتخاب شد. سپس، با مطالعه کامل متن و اعمال معیارهای ورود و خروج مشخص، در نهایت ۴۲ مقاله به عنوان منابع نهایی تحلیل انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل تمرکز مستقیم مقاله بر ارتباط بین انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار شهری، وجود چارچوب تحلیلی مشخص، کیفیت روش‌شناسی و انتشار در مجلات علمی معتبر بود. در مقابل، مقالاتی که فقط به جنبه‌های فناورانه یا اقتصادی بدون توجه به بُعد پایداری پرداخته بودند یا فاقد ساختار روش‌پژوهی روشن بودند، از تحلیل حذف شدند. انتخاب این ۴۲ مقاله نه تنها بر اساس انطباق با معیارهای علمی انجام شد، بلکه بر پایه تنوع جغرافیایی، رویکرد نظری و حوزه تمرکز نیز صورت

گرفت تا غنای مفهومی لازم برای مدل‌سازی فراهم شود. در مرحله دوم، متون مقالات منتخب وارد نرم‌افزار MAXQDA شده و فرایند کدگذاری سه‌مرحله‌ای انجام گرفت. ابتدا در کدگذاری باز، بیش از ۲۰۰ کد اولیه از متن استخراج شد. سپس این کدها در قالب پنج بُعد اصلی (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، نهادی/سیاستی و فناورانه) دسته‌بندی شدند (کدگذاری محوری). در نهایت، در کدگذاری انتخابی، ارتباطات علی میان مفاهیم تحلیل و شاخص‌های کلیدی برای طراحی مدل مفهومی شناسایی شدند.

مرحله سوم به تحلیل ارتباطات درونی شاخص‌ها اختصاص داشت. با استفاده از ابزارهای تحلیلی در MAXQDA، میزان هم‌رخدادی، فراوانی و شدت ارتباط میان کدها بررسی شد تا شبکه مفهومی روابط میان شاخص‌ها ترسیم شود. این مرحله به شناسایی شاخص‌های اثرگذار، همپوشان و کلیدی در شکل‌گیری توسعه پایدار شهری از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر منجر شد.

در مرحله چهارم، بر اساس یافته‌های مراحل پیشین، مدل مفهومی نهایی پژوهش طراحی شد. این مدل، رابطه دوسویه مستقیم و غیرمستقیم میان انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار شهری را از طریق متغیرهای واسطه و تعدیل‌گر تبیین می‌کند. شاخص‌های تأثیرگذار به دو دسته عوامل تقویت‌کننده و تضعیف‌کننده تقسیم شدند و در قالب مدل نهایی با رنگ‌بندی مجزا نمایش داده شدند.

برای اعتبارسنجی تحلیل کیفی، از روش‌هایی همچون کدگذاری هم‌زمان توسط پژوهشگر دوم، تطبیق مفاهیم با ادبیات نظری و بازبینی توسط پژوهشگر سوم استفاده شد. به این ترتیب، مدل مفهومی حاصل از این پژوهش، به خلاف الگوهای صرفاً توصیفی، ساختاری مبتنی بر تحلیل علی دارد و توانسته است با اتکا به شواهد مستند در مقالات معتبر، شبکه‌ای معنادار از ارتباط میان انرژی‌های تجدیدپذیر و ابعاد مختلف توسعه پایدار در مناطق کلان‌شهری ترسیم کند.

یافته‌های پژوهش

در این قسمت با استفاده از ۴ مرحله به بررسی تأثیر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار مناطق کلان‌شهری پرداخته شده است. در مرحله اول در این پژوهش، فرایند استخراج و سامان‌دهی شاخص‌های «امنیت

با موضوع پژوهش شناسایی شده و در مجموع ۷۲ کد اولیه تعریف شد. این کدها بازتاب‌دهنده موضوعات پرتکرار و معنادار در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار بودند که در ادامه، مبنای تحلیل‌های سطوح بالاتر قرار گرفتند. یافته‌های این مرحله در جدول ۱ آورده شده است. این جدول در قالبی ماتریسی طراحی شده که در آن، ردیف‌ها نمایانگر کدها یا شاخص‌های استخراج‌شده و ستون‌ها معرف مقالات و منابع علمی مورد بررسی هستند. در محل تقاطع هر ردیف و ستون، علامت (*) درج شده که نشان‌دهنده حضور معنادار آن کد در مقاله مربوطه است؛ به این معنا که مضمون یا محتوای مقاله به صورت مستقیم یا ضمنی، به شاخص مورد نظر پرداخته است.

انرژی»، «عدالت انرژی»، «اثرات زیست محیطی»، «رشد اقتصادی» و «حکمرانی انرژی» بر اساس رویکرد نظریه زمینه‌ای (Grounded Theory) در قالب سه مرحله پیوسته صورت گرفت. نخست، متون ۴۸ مقاله منتخب طی بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۳، به طور دقیق خوانده شد و تمامی مفاهیم مرتبط با انرژی و توسعه پایدار در گام کدگذاری باز شناسایی شد.

در این مرحله از پژوهش، به منظور تحلیل نظام‌مند و عمیق محتوای مطالعات منتخب، کلیه منابع علمی گردآوری شده به نرم‌افزار تخصصی تحلیل داده‌های کیفی MAXQDA وارد شدند. در فرایند کدگذاری باز، با خوانش خط به خط متون، اصل، (شامل جکیده، بدنه و نتیجه‌گیری مقالات)، مفاهیم کلیدی مرتبط

جدول ۱. مستندسازی شاخص‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یا رویکرد توسعه پایدار مناطق شهری با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده

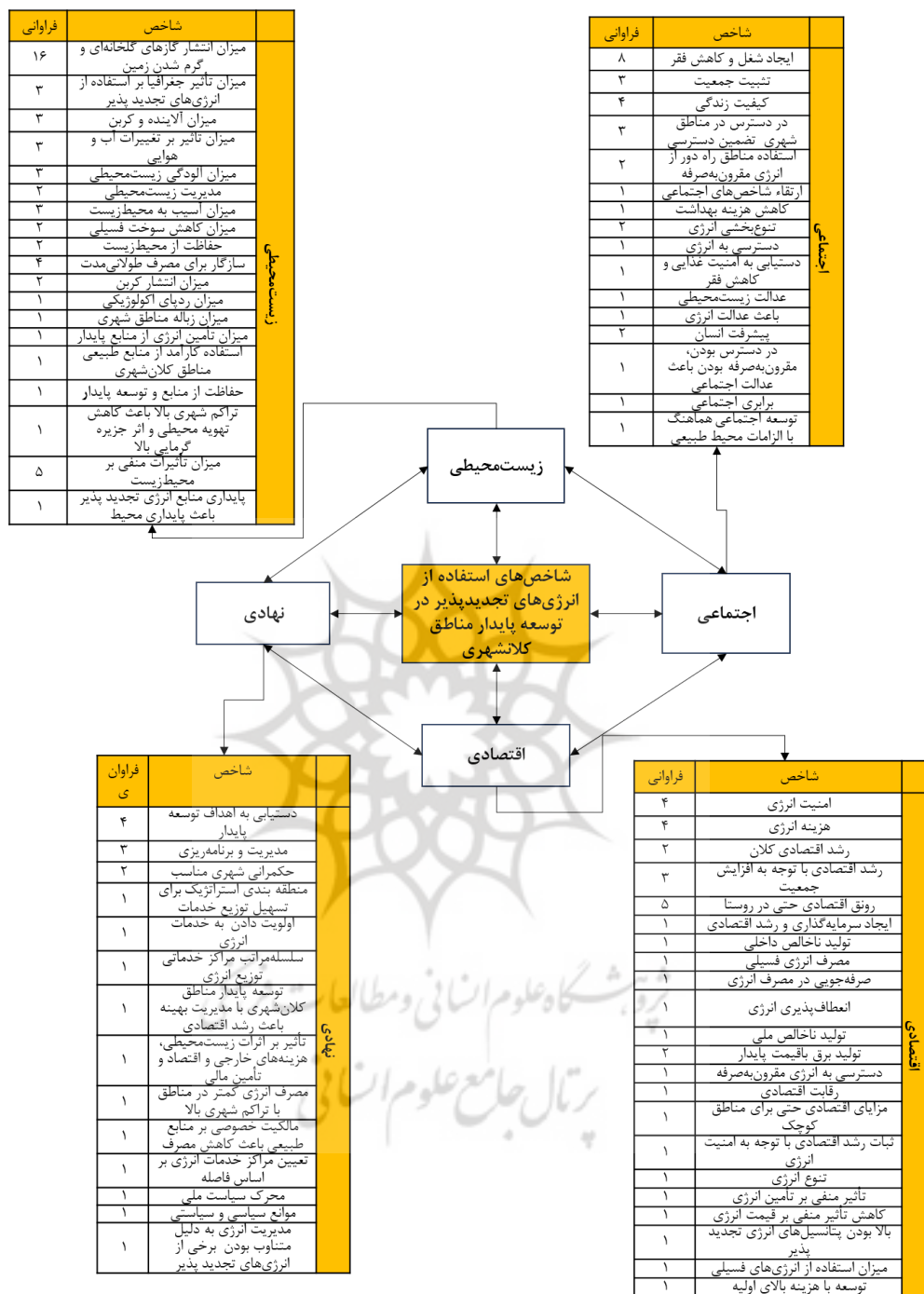
پژوهش‌های انجام‌شده (از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۳)		پژوهش‌های انجام‌شده از تجارب جهانی	
اولویت خدمات انرژی	*	کشور	صاحب‌نظران
سلسله‌مراتب توزیع انرژی	*		
مراکز خدمات بر اساس فاصله			
منطقه‌بندی استراتژیک			
حکمرانی شهری			
توسعه پایدار با مدیریت بهینه			
تأثیرات زیست‌محیطی و هزینه‌های خارجی	*		
مصرف انرژی کمتر در مناطق با تراکم بالا	*		
مالکیت خصوصی منابع طبیعی	*		
تقاضای فزاینده انرژی بر زیرساخت‌های انرژی فعلی			
دستیابی به اهداف توسعه پایدار با توسعه زیرساخت و تشویق دولتی			

پژوهش‌های انجام شده (از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳)					
پژوهش‌های انجام شده از: تاجرب جهان پانی					
(Singh, 2022)					
(Nikonorov et al., 2020)	*				
(Güney, 2019)	*				
(Bozkurt & Destek, 2015)	*				
(Majid, 2020)	*				
(Kaygusuz & Kaygusuz, 2002)	*				
(Himri et al., 2009)	*				
(Santika et al., 2020)	*				
(Khare et al., 2022)	*				
(Bhattacharya et al., 2016)	*				
(Farinelli, 2004)	*				
(Bechberger & Reiche, 2004)	*				
(Lin & Ren, 2020)	*				
(Evans et al., 2009)	*				
(Omer, 2018)	*				
(Abdelaziz et al., 2011)	*				
(Cristea et al., 2018)	*				
(Vera & Langlois, 2007)	*				
(Ruhol Amiri, 2019)	*				
(Ceryova et al., 2020)	*				
(Gyamfi et al., 2018)	*				
(Marco-Lajara et al., 2023)	*				
(Güney, 2019)	*				
(Harris, 2000)	*				
(Carbaljo & Cabeza, 2019)	*				
(Surva et al., 2021)	*				
(Dincer, 2000)	*				
(Wakeyama & Ehara, 2010)	*				
(Danilewicz, 2017)	*				
(Cristea et al., 2018)	*				
(Gunnarsdóttir et al., 2020)	*				
(Oyedepo, 2014)	*				
(Hermann et al., 2014)	*				
(WRI, 1994)	*				
(Ashrafi Goudarzi et al., 2019)	*				
(Doukas et al., 2012)	*				
(DEFRA, 2002)	*				
(Drzazga, 2008)	*				
(Agency, 2009)	*				
(Zehlab et al., 2019)	*				
(Kumar J & Majid, 2020)	*				
(Drake et al., 2005)	*				
(Elum & Momodu, 2017)	*				
صاحب نظران					
کشور					
محرك سياست ملی انرژی					
موانع سیاسی و سیاستی					
مدیریت انرژی به دلیل متناوب بودن					
آلودگی زیست محیطی	*				
زیبایه مناطق شهری					
تأمین انرژی از منابع پایدار					
استفاده کارآمد از منابع طبیعی مناطق					
ردپای اکولوژیکی					
ميزان آلاینده و کربن	*				
انتشار کربن	*				
حفاظت از منابع و توسعه پایدار					
تراکم شهری و اثر جزیره گرمایی					
پایداری منابع انرژی تجدیدپذیر	*				
تأثیر جغرافیا بر استفاده از انرژی های تجدیدپذیر	*				
انتشار گازهای گلخانه ای و گرم شدن زمین	*				
آسیب به محیط زیست	*				
ميزان استفاده از انرژی های تجدیدپذیر	*				
حفاظت از محیط زیست	*				
سازگار برای مصرف طولانی مدت	*				
تاثيرات بر محیط زیست	*				
ميزان تاثیر بر تغییرات آب و هوایی	*				
هزینه بهداشت	*				
نیابری برای دسترسی به انرژی	*				

پژوهش‌های انجام‌شده (از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۳)		پژوهش‌های انجام‌شده از تجارب جهانی	
کشور	صاحب‌نظران	نوع مطالعه	سال انتشار
استفاده مناطق راه دور از انرژی به‌صرفه			
کیفیت زندگی	*		
در دسترس بودن (تضمین دسترسی)			
عدالت اجتماعی			
تثبیت جمعیت	*		
تنوع بخشی انرژی			
ایجاد شغل و کاهش فقر	*		
دستیابی به امنیت غذایی			
عدالت زیست‌محیطی			
عدالت انرژی			
پیشرفت انسان			
برابری اجتماعی			
شرایط محیطی مطلوب با مصرف حداقل انرژی	*		
توسعه اجتماعی هماهنگ با الزامات محیط طبیعی	*		
رشد اقتصادی	*		
میزان مصرف انرژی فسیلی	*		
انطباق‌پذیری و کاهش مصرف انرژی فسیلی	*		
ثبات رشد اقتصادی با توجه به امنیت انرژی	*		
تنوع منابع انرژی	*		
استفاده از انرژی‌های فسیلی	*		
ایجاد سرمایه‌گذاری و رشد اقتصادی	*		
تولید ناخالص داخلی	*		
رونق اقتصادی حتی در روستا	*		

کدهای استخراج شده (شاخص ها)

در مرحله دوم فرایند تحلیل، با استناد به اصول کدگذاری محوری در روش نظریه زمینه‌ای، کدهای استخراج‌شده از مرحله پیشین بر اساس شباهت‌های مفهومی و قربات‌های معنایی، در قالب چهار مقوله اصلی طبقه‌بندی شدند. این طبقه‌بندی حاصل تحلیل عمیق ارتباطات درونی میان کدها و خوشه‌بندی آن‌ها حول محورهای شناختی مشترک بود. در این راستا، مفاهیمی که به پیامدهای زیست‌محیطی و الگوهای بهره‌برداری از منابع طبیعی اشاره داشتند، در مقوله «محیط زیستی» جای گرفتند؛ کدهایی که به سیاست‌گذاری عمومی، ساختارهای حقوقی و سازوکارهای حکمرانی مربوط می‌شدند، در گروه «نهادی» قرار داده شدند؛ مفاهیم مرتبط با عدالت و دسترسی به انرژی، کیفیت زندگی و مشارکت اجتماعی در دسته «اجتماعی» گنجانده شدند؛ و در نهایت، کدهایی با موضوعاتی همچون بازده اقتصادی، سرمایه‌گذاری، قیمت‌گذاری و پایداری مالی، ذیل مقوله «اقتصادی» سامان یافتند.



شکل ۲. چارچوب نظری استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با رویکرد توسعه پایدار مناطق شهری

مرحله سوم، تحلیل ارتباطات شاخص‌ها؛ در این مرحله پس از مشخص شدن شاخص‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار به تحلیل محتوای کیفی پژوهش‌های انجام شده پرداخته شده است. با توجه به شاخص‌های عام بیان شده در شکل ۲ و درصد پایین تعدادی از شاخص‌ها و دشوار بودن رسم مدل مفهومی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار با استفاده از تحلیل محتوای پژوهش‌ها و نرم افزار MAXQDA، به تحلیل

ارتباطات درونی شاخص‌ها پرداخته شده و سعی شده تا مهم ترین شاخص‌ها با توجه به ارتباطات مشخص شود. بنابراین در جدول ۲ به بیان گویه‌ها و محتوای ارتباط میان شاخص‌ها پرداخته شده است. همچنین، برای تحلیل ارتباطات درونی شاخص‌ها با استفاده از نرم افزار MAXQDA با استفاده از تحلیل با استفاده از بیان ارتباطات به بررسی ارتباطات میان شاخص‌ها به منظور مشخص کردن مهم ترین شاخص‌ها استفاده شده است.

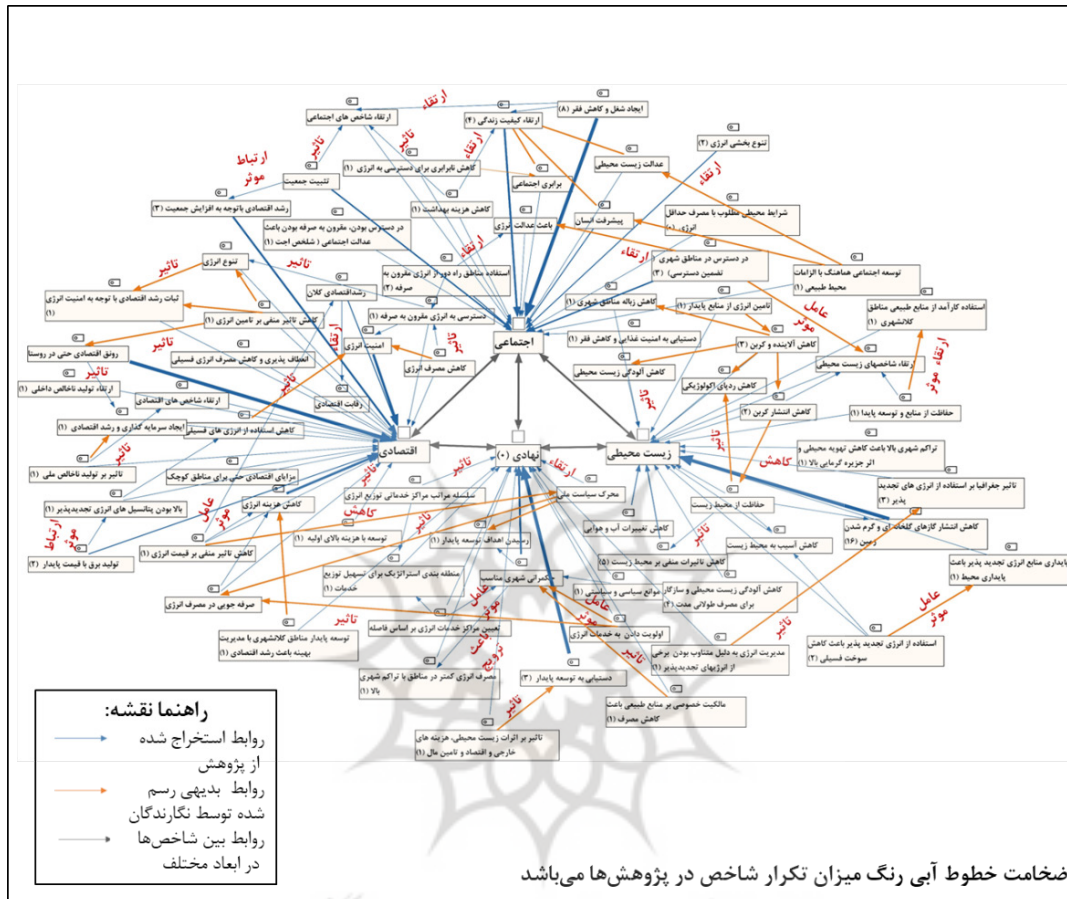
جدول ۲. محتوای ارتباطات میان شاخص‌ها

نویسنده/منبع	گویه‌ها	ارتباط شاخص‌ها
Surya et al., 2021:7	ارائه و توزیع پایدار خدمات انرژی در منطقه کلان‌شهری مستلزم اقدامات سیاستی ازجمله: - منطقه‌بندی استراتژیک مبتنی بر مکان، - تعیین مراکز خدمات انرژی بر اساس فاصله، - توزیع سلسله‌مراتبی خدمات، - اولویت‌دهی به انرژی‌های تجدیدپذیر.	۱. بهبود دسترسی به انرژی و برابری اجتماعی از طریق منطقه‌بندی استراتژیک ۲. ارتقای شاخص نهادی با توزیع سلسله‌مراتبی خدمات انرژی (همان منبع). ۳. رشد اقتصادی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی با اولویت‌دهی به انرژی‌های تجدیدپذیر
Surya et al., 2021:5	حکمرانی خوب شهری و توسعه پایدار ارتباط تنگاتنگی دارند؛ تاب‌آوری شهری نتیجه مستقیم حکمرانی مطلوب است.	حکمرانی شهری محور اصلی ارتقای توسعه پایدار و تاب‌آوری شهری
DANIELEWICZ, 2017:286	همانگی شهرها و مناطق داخلی از طریق حکمرانی شهری (شامل نفوذ سیاسی، رهبری نهادی و همکاری بین مقامات) برای پایداری مناطق شهری ضروری است.	حکمرانی شهری مبتنی بر همکاری نهادی و شناخت جغرافیایی، کلید پایداری شهری
Surya et al., 2021	منطقه‌بندی استراتژیک برای تسهیل توزیع خدمات انرژی و برابری اجتماعی.	۱. بهبود دسترسی به انرژی با منطقه‌بندی استراتژیک ۲. ارتقای شاخص نهادی از طریق توزیع سلسله‌مراتبی خدمات انرژی
Omer, 2008	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای.	۱. کاهش انتشار CO ₂ و گرمایش جهانی با انرژی‌های تجدیدپذیر
Marco-Lajara et al., 2023	انرژی‌های تجدیدپذیر در دستیابی به اهداف توسعه پایدار (SDGs).	۱. کاهش تغییرات آب‌وهوایی (SDG 13)
Dincer, 2000	تأمین پایدار انرژی برای توسعه اجتماعی و اقتصادی.	۱. تضمین پایداری اجتماعی با دسترسی عادلانه به انرژی
Moh tasham, 2015	محدودیت‌های جغرافیایی و فرهنگی در پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر.	۱. کاهش رشد انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل وابستگی به جغرافیا
Surya et al., 2021:7	ارائه و توزیع پایدار خدمات انرژی در منطقه کلان‌شهری مستلزم اقدامات سیاستی ازجمله: - منطقه‌بندی استراتژیک مبتنی بر مکان، - تعیین مراکز خدمات انرژی بر اساس فاصله، - توزیع سلسله‌مراتبی خدمات، - اولویت‌دهی به انرژی‌های تجدیدپذیر.	۱. منطقه‌بندی استراتژیک بهبود دسترسی به انرژی و برابری اجتماعی ۲. تعیین مراکز خدماتی بر اساس فاصله، سهولت دسترسی و عدالت اجتماعی (همان منبع). ۳. سلسله‌مراتب توزیع انرژی تضمین‌کننده پایداری و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی
Surya et al., 2021:5	حکمرانی خوب شهری و توسعه پایدار ارتباط تنگاتنگی دارند؛ تاب‌آوری شهری نتیجه مستقیم حکمرانی مطلوب است.	حکمرانی شهری ارتقادهنده توسعه پایدار و تاب‌آوری شهری
DANIELEWICZ, 2017:286	همانگی شهرها و مناطق داخلی از طریق حکمرانی شهری (شامل نفوذ سیاسی، رهبری نهادی و همکاری بین مقامات) برای پایداری مناطق شهری ضروری است.	حکمرانی شهری مبتنی بر همکاری نهادی و شناخت جغرافیایی، محور پایداری شهری
Surya et al., 2021:39	مدیریت انرژی‌های تجدیدپذیر برای توسعه پایدار کلان‌شهری نیازمند: - سیاست‌های دولتی برای حداکثرسازی استفاده پایدار از انرژی، - مقررات منطقه‌ای و مشارکت بخش خصوصی/جامعه، - تأکید بر سه رکن: رشد اقتصادی پایدار، پایداری اجتماعی و پایداری زیست‌محیطی.	۱. سیاست‌های انرژی پایدار منجر به صرفه‌جویی در منابع انرژی و رشد اقتصادی ۲. پایداری اجتماعی از طریق عدالت در توزیع ثروت و خدمات (همان منبع). ۳. پایداری زیست‌محیطی با کاهش آلودگی و انتشار صفر گازها
Omer, 2008:2266	تقاضای فزاینده انرژی فشار بر زیرساخت‌ها و محیط زیست (انتشار CO ₂ و گرمایش جهانی) را افزایش می‌دهد. راه‌حل بلندمدت: انرژی‌های تجدیدپذیر برای توسعه پایدار.	۱. کاهش انتشار CO₂ و گرمایش جهانی با جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. حفاظت از سلامت محیط زیست با کاهش آلاینده‌ها
Marco-Lajara et al., 2023:2	انرژی‌های تجدیدپذیر به اهداف توسعه پایدار (SDGs) کمک می‌کنند: - کاهش گازهای گلخانه‌ای (SDG ۱۳)، - دسترسی به انرژی به‌صرفه (SDG ۷)، - ایجاد اشتغال و رشد اقتصادی (SDG ۸)، - ریشه‌کنی فقر و گرسنگی (SDG ۱ و ۲).	۱. کاهش تغییرات آب‌وهوایی با کاهش انتشار گازها ۲. دستیابی به عدالت اجتماعی از طریق دسترسی جهانی به انرژی ۳. رشد اقتصادی پایدار با ایجاد مشاغل مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر
Omer, 2008:2267	امنیت انرژی، رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست، محرک‌های اصلی سیاست ملی انرژی در جهان با افزایش جمعیت و تقاضای انرژی.	۱. امنیت انرژی و رشد اقتصادی از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. حفاظت از محیط زیست با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی
Mohtasham, 2015:1290	محدودیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر ناشی از وابستگی به جغرافیا، فرهنگ جامعه و کمبود زیرساخت.	۱. کاهش رشد انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل موانع جغرافیایی و فرهنگی ۲. نیاز به بهبود زیرساخت برای پذیرش گسترده

نویسنده/منبع	گویه‌ها	ارتباط شاخص‌ها
Omer, 2008:2271	پتانسیل فنی انرژی‌های تجدیدپذیر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، اما موانع سیاسی و سیاستی مانع توسعه آن‌هاست.	۱. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با بهره‌برداری بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. موانع سیاسی به جای فنی، اصلی‌ترین چالش توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر
Dincer, 2000:159	توسعه پایدار نیازمند تأمین پایدار انرژی (با هزینه معقول، دسترسی بلندمدت و عدم اثرات منفی اجتماعی).	۱. پایداری اجتماعی از طریق دسترسی عادلانه به انرژی ۲. هزینه به‌صرفه انرژی‌های تجدیدپذیر برای جوامع محلی ۳. تأمین انرژی پایدار به عنوان ضرورتی برای توسعه اقتصادی و زیست‌محیطی
Dragos Cirstea et al., 2018:21	انرژی‌های تجدیدپذیر با کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای، پایداری زیست‌محیطی و تنوع منابع انرژی را تضمین می‌کنند. این فناوری‌ها در مقایسه با سوخت‌های فسیلی، فشار کمتری بر محیط زیست وارد می‌کنند.	۱. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و افزایش تنوع منابع انرژی ۳. حفظ پایداری زیست‌محیطی در سطوح محلی و جهانی
Elum & Momodu, 2017:72	سوخت‌های فسیلی عامل گرمایش جهانی و تغییرات آب‌وهوایی هستند. انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان راه‌حلی برای توسعه پایدار، رفاه انسان، رشد اقتصادی و حفاظت از محیط زیست معرفی می‌شوند.	۱. کاهش گرمایش جهانی با جایگزینی انرژی‌های پاک ۲. رشد اقتصادی پایدار از طریق توسعه فناوری‌های تجدیدپذیر ۳. حفاظت از محیط زیست با کاهش آلاینده‌ها
Omer, 2008:2272	افزایش جمعیت و مصرف انرژی در کشورهای درحال توسعه، نیاز به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را برای تثبیت جمعیت و بهبود استانداردهای زندگی ضروری می‌کند.	۱. تثبیت جمعیت شهری با مدیریت بهینه منابع انرژی ۲. ارتقای کیفیت زندگی از طریق دسترسی پایدار و به‌صرفه به انرژی
Ceryová et al., 2020:15	انرژی‌های تجدیدپذیر با ایجاد مشاغل مستقیم، غیرمستقیم و القایی، به کاهش فقر و رشد اقتصادی کمک می‌کنند. فناوری‌های تجدیدپذیر نسبت به فناوری‌های متعارف، اشتغال بیشتری ایجاد می‌کنند.	۱. ایجاد اشتغال در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. کاهش فقر از طریق توسعه مشاغل پایدار
Assefa & Frostell, 2007	رویکرد پایداری اجتماعی، تعاملات بین اقتصاد، جامعه و محیط زیست را با تأکید بر عدالت اجتماعی، انرژی پاک و رشد کم‌کربن ادغام می‌کند.	۱. عدالت اجتماعی از طریق دسترسی عادلانه به انرژی ۲. کاهش تغییرات آب‌وهوایی با استفاده از انرژی‌های پاک ۳. رقابت اقتصادی با ایجاد بازارهای جدید انرژی
Dincer, 2000:172	انرژی‌های تجدیدپذیر با تمرکززدایی سیستم‌های قدرت، دسترسی به برق به‌صرفه را برای جوامع دورافتاده فراهم می‌کنند.	۱. تمرکززدایی سیستم انرژی برای تأمین برق اقتصادی ۲. دسترسی به انرژی در مناطق شهری و روستایی
Drzazga, 2008	توسعه پایدار از طریق مدیریت بهینه منابع، رشد اقتصادی و هماهنگی با الزامات زیست‌محیطی را ممکن می‌سازد.	مدیریت پایدار منابع محور رشد اقتصادی و توسعه اجتماعی - زیست‌محیطی
Oyedepo, 2012	انرژی‌های تجدیدپذیر با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (مانند CO ₂ و SO ₂) و تمرکززدایی سیستم‌های انرژی، انعطاف‌پذیری اقتصادی را افزایش می‌دهند.	۱. کاهش آلودگی هوا با جایگزینی سوخت‌های فسیلی ۲. رونق اقتصادی در مناطق روستایی از طریق سیستم‌های غیرمتمرکز
Surya et al., 2021:20	پایداری زیست‌محیطی و امنیت انرژی پایدار، پیش‌نیازهای ثابت رشد اقتصادی در مناطق شهری هستند.	۱. پایداری زیست‌محیطی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. رشد اقتصادی پایدار در مناطق شهری
Omer, 2008	علی‌رغم پتانسیل بالا و مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر، موانعی مانند هزینه‌های اولیه توسعه، نگرانی‌های محلی، کمبود بودجه تحقیقاتی و ضعف نهادی/اقتصادی، توسعه آن را محدود کرده است.	۱. کاهش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل هزینه‌های اولیه و موانع نهادی
Surya et al., 2021:7	سیاست یارانه انرژی با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های تجدیدپذیر، کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را هدف قرار می‌دهد.	۱. کاهش مصرف سوخت فسیلی با تنوع بخشیدن به منابع انرژی ۲. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق سیاست‌های انرژی پایدار ۳. رشد اقتصادی با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر
Abdel-Latif & Rashed, 2021:4	کاهش هزینه‌های فناوری‌های تجدیدپذیر و تمرکززدایی سیستم‌های انرژی، اشتغال‌زایی، کاهش فقر و بهبود استانداردهای زندگی را تسهیل می‌کند.	۱. ایجاد اشتغال در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر ۲. کاهش فقر از طریق توسعه اقتصادی محلی ۳. تولید برق به‌صرفه در مناطق روستایی
روح‌الامینی، ۱۳۹۷:۵۲	انرژی‌های تجدیدپذیر با تولید برق پایدار، کاهش آلودگی زیست‌محیطی و ایجاد فرصت‌های اقتصادی در مناطق محروم، به امنیت انرژی و توسعه پایدار کمک می‌کنند.	۱. تولید برق پایدار با هزینه‌های قابل پیش‌بینی ۲. کاهش آلودگی زیست‌محیطی با جایگزینی سوخت‌های فسیلی ۳. رشد اقتصادی در مناطق روستایی از طریق پروژه‌های غیرمتمرکز
Dragos Cirstea et al., 2018:7	رقابت‌پذیری قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر و تسریع رشد اقتصادی در کشورهای درحال توسعه، تقاضای جهانی برای سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد.	۱. رقابت اقتصادی با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی ۲. کاهش طول عمر منابع فسیلی به دلیل افزایش تقاضا برای انرژی پاک
Omer, 2008	انرژی‌های تجدیدپذیر از تأثیرات منفی تأمین انرژی (مانند نوسانات قیمت و آلودگی) جلوگیری می‌کنند.	۱. امنیت انرژی با کاهش وابستگی به منابع ناپایدار ۲. حفاظت از محیط زیست با کاهش انتشار گازها

رنگ نارنجی، روابط بدیهی رسم شده توسط نگارندگان بوده و روابط طوسی، روابط بین شاخص‌ها در ابعاد مختلف است. همچنین، ضخامت خطوط آبی رنگ میزان تکرار شاخص‌ها در پژوهش‌ها است.

با توجه به جدول ۲ و تحلیل ارتباطات میان شاخص‌ها به منظور بیان دقیق تر ارتباطات میان شاخص‌ها در شکل ۲، به تحلیل دقیق تر پرداخته شده است. در این شکل روابط بیان شده با رنگ آبی از پژوهش‌ها استخراج شده، روابط با



شکل ۳. ارتباطات میان شاخص‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با رویکرد توسعه پایدار مناطق شهری

احداث نیروگاه، قیمت انرژی، هزینه اولیه تولید، رویکردهای سیاسی و سیاستی و ... از عواملی هستند که باعث کاهش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و به تبع آن، کاهش برآورده شدن شاخص‌های توسعه پایدار به خصوص در ابعاد زیست محیطی و اقتصادی و نیز تأمین انرژی در آینده خواهند شد. بنابراین، این مدل مفهومی با بررسی پژوهش‌ها و ارتباطات خارجی و درونی که در شکل ۳ و نیز بیان تأثیرات شاخص‌ها بر یکدیگر در مدل مفهومی تا حدودی مدل مفهومی را تبیین کرده است. مدل مفهومی پیش رو، بازنمایش گرافیکی و یکپارچه یافته‌های کیفی این پژوهش است که نشان می‌دهد چگونه «افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر» به «ارتقای توسعه پایدار در مناطق کلان‌شهری» منجر می‌شود. این مدل بر مبنای چهار مؤلفه اصلی استخراج شده از جدول ماتریسی کدگذاری محوری - ابعاد محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی - طراحی می‌شود و با بهره‌گیری از نتایج کدگذاری انتخابی، مسیرهای علیت و تعامل میان شاخص‌ها را به تصویر می‌کشد.

در مدل مفهومی ارائه شده در شکل ۳ «انرژی‌های تجدیدپذیر» به عنوان محور مرکزی تحلیل در نظر گرفته شده است که با مجموعه‌ای از شاخص‌ها و مؤلفه‌های کلیدی توسعه پایدار در ارتباطی دوسویه قرار دارد. مسیرهای اثرگذاری میان این مؤلفه‌ها به صورت جهت‌دار و با لحاظ رابطه‌های علی

مرحله چهارم، بیان مدل مفهومی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با رویکرد توسعه پایدار مناطق شهری: در این مرحله پس از مشخص شدن شاخص‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با رویکرد توسعه پایدار مناطق شهری در شکل ۲ و ارتباطات بین شاخص‌ها در شکل ۳ و شناسایی مهم‌ترین تأثیرگذارترین شاخص‌ها، مدل مفهومی پژوهش در شکل ۴ بیان شده است. با توجه به این شکل، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار مناطق شهری دارای رابطه دوسویه مستقیم و غیرمستقیم است. شاخص‌های مستخرج از مبنای نظری و شاخص‌هایی که از مقالات و پژوهش‌هایی که با استفاده از تحلیل محتوای کیفی استخراج شده‌اند به دو دسته تقسیم شده‌اند، این دسته‌بندی که با استفاده از دو رنگ قرمز و نارنجی نمایش داده شده، به ترتیب عوامل کاهنده و افزایشنده را نشان داده است؛ بنابراین شاخص‌های میزان دسترسی به منابع انرژی، امنیت انرژی، هزینه تولید انرژی، میزان تولید آلوده، میزان مصرف انرژی، تغییرات اقلیمی، میزان آلودگی زیست محیطی، ایجاد اشتغال و کاهش فقر، تثبیت جمعیت، برابری اجتماعی، عدالت دسترسی، تولید ناخالص داخلی، سلسله مراتب دسترسی، رشد اقتصادی، تنوع منابع انرژی و ... از شاخص‌هایی هستند که با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر این شاخص‌ها به میزان مناسبی ارتقا می‌یابند و سبب ارتقای توسعه پایدار مناطق شهری خواهند شد. دسته دوم شاخص‌ها، مانند هزینه توسعه، مدت زمان

می‌دهد این شاخص‌ها در دو دسته کلی قابل تفکیک‌اند: دسته نخست شاخص‌هایی هستند که به افزایش توسعه پایدار کمک می‌کنند، نظیر دسترسی به منابع انرژی، امنیت انرژی، کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش آلاینده‌ها، ایجاد اشتغال، برابری اجتماعی، تنوع انرژی، حفاظت از محیط زیست، رشد اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی. در مقابل، دسته دوم شاخص‌هایی هستند که مانع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و در نتیجه کاهش توسعه پایدار می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: هزینه‌های بالای اولیه، مدت‌زمان طولانی احداث نیروگاه‌ها و چالش‌های سیاست‌گذاری.

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری مهم‌ترین مانع در مسیر توسعه این نوع انرژی‌ها، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، هستند. با وجود این، نتایج تحلیل‌ها حاکی از آن است که منافع بلندمدت حاصل از به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر، چه از منظر اقتصادی و چه زیست‌محیطی، به‌مراتب بیشتر از هزینه‌های اولیه آن است. این منافع شامل کاهش وابستگی به منابع فسیلی، بهبود امنیت انرژی، کاهش هزینه‌های ناشی از آلودگی و ایجاد بسترهایی برای سرمایه‌گذاری و کارآفرینی در مناطق محروم می‌شود.

نکته مهم دیگر در یافته‌های پژوهش، برجسته شدن نقش ابعاد اجتماعی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است. به خلاف بسیاری از مطالعات قبلی که عمدتاً بر ملاحظات اقتصادی یا زیست‌محیطی متمرکز بودند، این تحقیق نشان می‌دهد توسعه عادلانه این انرژی‌ها می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی، کاهش نابرابری‌های منطقه‌ای و افزایش مشارکت اجتماعی در مناطق کم‌برخوردار منجر شود. نمونه‌هایی از این دست شامل تبدیل روستاهای دورافتاده به تولیدکنندگان انرژی و ارتقای وضعیت اقتصادی آن‌هاست.

از سوی دیگر، نتایج پژوهش تأکید دارد که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بدون نقش‌آفرینی دولت‌ها و نهادهای سیاست‌گذار میسر نخواهد بود. ارائه مشوق‌های مالی، تدوین قوانین حمایتی و تسهیل فرایندهای سرمایه‌گذاری از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند مسیر توسعه این نوع انرژی‌ها را هموارتر سازند. تجربه کشورهای توسعه‌یافته نیز نشان داده است که سیاست‌های مؤثر در زمینه انرژی‌های پاک، نظیر تعرفه‌های ترجیحی برای تولیدکنندگان کوچک یا برنامه‌های آگاه‌سازی عمومی، در افزایش مقبولیت اجتماعی و اقتصادی این انرژی‌ها مؤثر بوده‌اند.

پژوهش حاضر با تبیین یک مدل مفهومی یکپارچه، نشان می‌دهد توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در مناطق شهری، تحت تأثیر مجموعه‌ای پیچیده از شاخص‌های متقابل فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قرار دارد. بر اساس این مدل، مهم‌ترین شاخص مؤثر مثبت، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش امنیت انرژی است و مهم‌ترین مانع، هزینه اولیه تولید انرژی به شمار می‌رود. لذا تحقق توسعه پایدار نیازمند نگاهی یکپارچه، میان‌رشته‌ای و سیاست‌محور است.

پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی: بررسی عمیق‌تر سیاست‌های حمایتی دولت‌ها و ارزیابی اثرگذاری آن‌ها بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر. مطالعه نقش فناوری‌های نوین، نظیر هوش مصنوعی و اینترنت اشیا، در بهینه‌سازی مصرف و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر. تحلیل مدل‌های نوین کسب‌وکار در حوزه انرژی پاک، به‌ویژه در مناطق کم‌برخوردار. مطالعه تطبیقی تجربه کشورهای موفق در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و الگوبرداری از آن‌ها با توجه به شرایط بومی. در نهایت، پژوهش حاضر با ارائه یک مدل مفهومی یکپارچه، به شناسایی و تحلیل نظام‌مند شاخص‌های مؤثر بر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای توسعه پایدار شهری پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد بهره‌گیری هوشمندانه از این منابع، نه تنها پاسخی به بحران‌های زیست‌محیطی و انرژی است، بلکه بستری برای تحقق عدالت اجتماعی، امنیت اقتصادی و حکمرانی مؤثر در آینده شهری فراهم می‌آورد. این مدل می‌تواند به عنوان ابزاری کاربردی در برنامه‌ریزی‌های کلان‌شهری و سیاست‌گذاری انرژی مورد استفاده قرار گیرد.

مثبت و منفی ترسیم شده‌اند تا نشان‌دهنده پیچیدگی و پویایی تعاملات میان ابعاد مختلف باشند. استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر به طور مستقیم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی زیست‌محیطی و مصرف سوخت‌های فسیلی منجر می‌شود؛ درعین حال، این فرایند از طریق تقویت حفاظت از منابع طبیعی، استفاده از ظرفیت‌های بومی برای تولید انرژی و کاهش ردپای اکولوژیکی، کارایی زیست‌محیطی را بهبود می‌بخشد. این تحولات زیست‌محیطی به طور زنجیره‌ای موجب ارتقای امنیت انرژی، افزایش پایداری عرضه انرژی و تقویت تاب‌آوری در نظام انرژی شهری می‌شود.

در بعد اقتصادی، انرژی‌های تجدیدپذیر از یک سو باعث کاهش هزینه‌های تولید و مصرف انرژی و از سوی دیگر، زمینه‌ساز سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی، رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های فناورانه و سبز می‌شوند. این مؤلفه‌ها به نوبه خود، پایداری مالی پروژه‌ها را افزایش می‌دهند و چرخه‌ای مثبت در تقویت امنیت انرژی و کاهش وابستگی به منابع ناپایدار ایجاد می‌کنند.

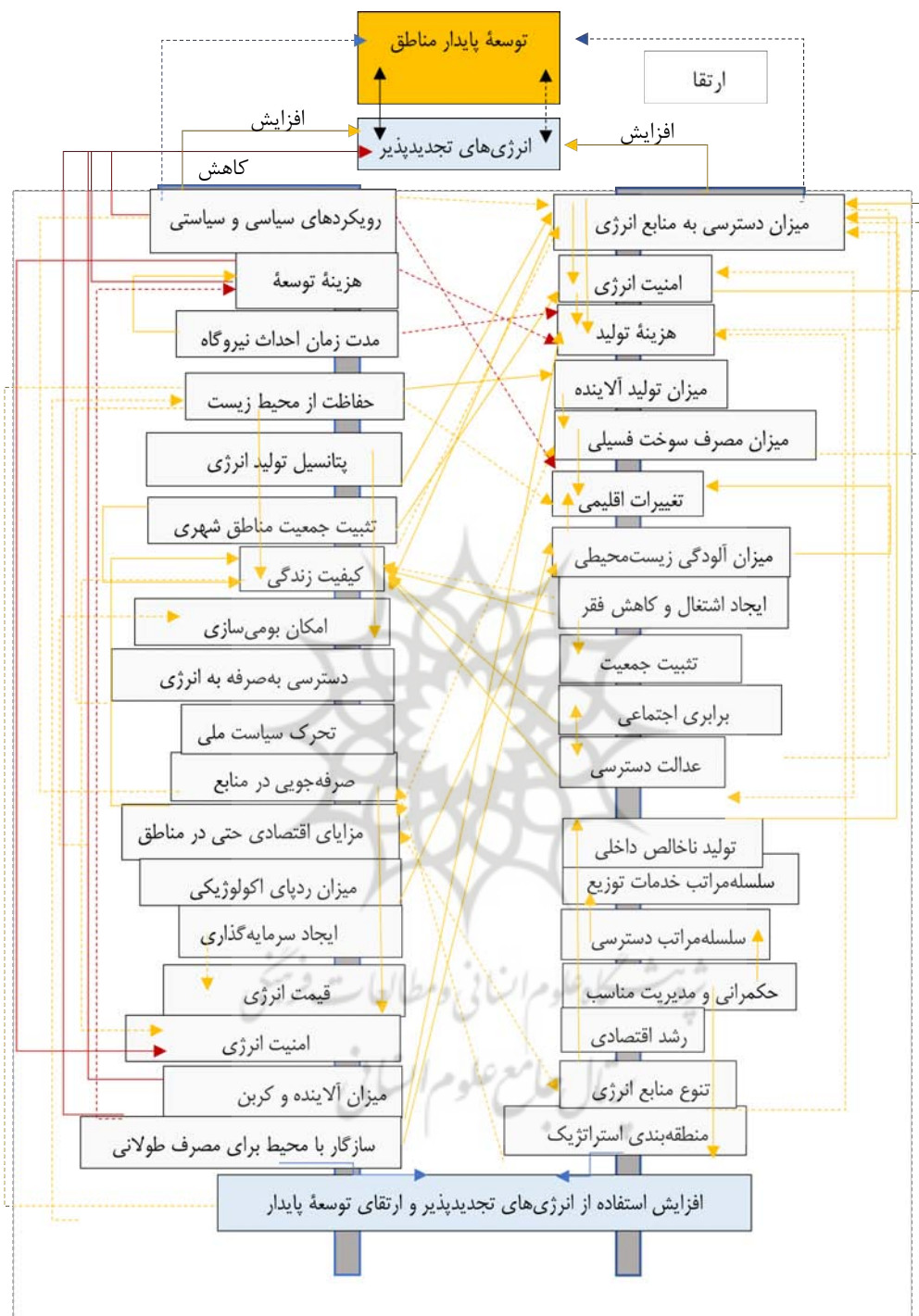
در بعد اجتماعی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نقش مهمی در ارتقای عدالت در دسترسی به انرژی، بهبود کیفیت زندگی و افزایش مشارکت عمومی ایفا می‌کند. توزیع عادلانه خدمات انرژی، بهره‌مندی از منطقه‌بندی استراتژیک و لحاظ سلسله‌مراتب خدماتی، همگی در کاهش نابرابری‌های فضایی و تقویت سرمایه اجتماعی در مناطق کم‌برخوردار نقش دارند. در حوزه نهادی، مدل بر اهمیت سیاست‌گذاری جامع، حکمرانی چندسطحی و هماهنگی نهادی تأکید دارد. چارچوب‌های قانونی شفاف، مشوق‌های مالی و یکپارچگی نهادی از الزامات موفقیت انتقال به سمت انرژی‌های پاک محسوب می‌شوند. این سازوکارهای نهادی زمینه‌ساز تسریع فرایندهای طراحی، اجرا و بهره‌برداری از پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر هستند و به هم‌افزایی میان سایر ابعاد کمک می‌کنند.

در مجموع، این مدل مفهومی واجد دو کارکرد اساسی است: نخست، نقش آن به عنوان یک چارچوب تحلیلی که نحوه تأثیرگذاری متقابل و چندسطحی ابعاد محیط زیستی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را تبیین می‌کند؛ و دوم، نقشی که در شفاف‌سازی مسیرهای ارتباطی، بازخوردها و نقاط گرهی ایفا می‌کند و از این طریق، بستری برای تصمیم‌سازی علمی، سیاست‌گذاری دقیق و برنامه‌ریزی جامع در زمینه توسعه پایدار شهری فراهم می‌آورد. این مدل، نه فقط حاصل تحلیل کیفی و ادغام یافته‌های نظری و تجربی است، بلکه ابزاری کاربردی برای هدایت مطالعات آتی و طراحی سیاست‌های پایدار انرژی در مقیاس شهری و فرامنطقه‌ای به شمار می‌آید.

■ بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به چالش‌های پیچیده مدیریت منابع انرژی در بافت شهری و ضرورت نیل به توسعه‌ای پایدار، بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان یکی از راهبردهای کلیدی مطرح شده است. این رویکرد نه تنها موجب کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و بهبود کیفیت محیط زیست می‌شود، بلکه نقش مهمی در ارتقای عدالت اجتماعی و امنیت انرژی ایفا می‌کند. با این حال، مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد اغلب پژوهش‌ها تنها بر بخشی از ابعاد این موضوع تمرکز داشته‌اند؛ برای مثال، برخی به جنبه‌های زیست‌محیطی، برخی به سیاست‌گذاری و برخی دیگر به پیامدهای اجتماعی یا اقتصادی پرداخته‌اند. در این میان، خلأ یک مدل مفهومی جامع که بتواند تعاملات میان شاخص‌های کلیدی را به صورت یکپارچه تحلیل کند، همچنان باقی مانده است.

پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلأ، از روش تحلیل محتوای ترکیبی (کیفی و کمی) بهره گرفته و مدلی مفهومی ارائه کرده است که بر اساس آن، شاخص‌های مؤثر در بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر و تأثیر آن‌ها بر توسعه پایدار شهری شناسایی و طبقه‌بندی شده‌اند. یافته‌های تحقیق نشان



شکل ۴. مدل مفهومی استفاده از انرژی تجدیدپذیر و تأثیر آن بر توسعه پایدار مناطق شهری

■ مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با راهنمایی نویسنده دوم و با مشاوره نویسنده سوم انجام شده است. نویسنده اول، ۴۰ درصد؛ نویسنده دوم، ۳۵ درصد و نویسنده سوم، ۲۵ درصد.

■ تشکر و قدردانی

هیچ گونه حمایت مالی وجود ندارد.

■ تعارض منافع

نویسندگان هیچ تضاد منافع را اعلام نکردند.



منابع

- Abdelaziz, E., Saidur, R., & Mekhilef, S. (2011). A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(1), 150-168. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.003>
- Agency, I. E. (2009). *World energy outlook*. OECD/IEA Paris. <https://www.oecd.org/en/publications/world-energy-outlook-2009-weo-2009-en.html>
- Arasteh Talashmaki, M. R. (2020). *Utilization of Renewable Energy in Urban Areas with an Urban Planning Approach* (Vol. ۱). Mojak Publications.
- Assembly, G. (2015). Sustainable development goals. SDGs transform our world, 2030(10.1186). <http://www.igbp.net/download/18.62dc35801456272b46d51/1399290813740/NL82-SDGs.pdf>
- Ashrafi Goudarzi, S., Fazelpour, F., B. Gharehpetian, G., & Rosen, M. A. (2019). Techno-economic assessment of hybrid renewable resources for a residential building in Tehran. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(5), 13209. <https://doi.org/10.1002/ep.13209>
- Bechberger, M., & Reiche, D. (2004). Renewable energy policy in Germany: pioneering and exemplary regulations. *Energy for Sustainable Development*, 8(1), 47-57. [https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60390-7](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60390-7)
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied energy*, 162, 733-741. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.104>
- Bozkurt, C., & Destek, M. A. (2015). Renewable energy and sustainable development nexus in selected OECD countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(2), 507-514. <https://dergi-park.org.tr/en/pub/jieeep/issue/31913/350906>
- Carbajo, R., & Cabeza, L. F. (2019). Sustainability and social justice dimension indicators for applied renewable energy research: A responsible approach proposal. *Applied Energy*, 252, 113429. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113429>
- Čerýová, D., Bullová, T., Turčáková, N., Adamičková, I., Moravčíková, D., & Bielik, P. (2020). Assessment of the renewable energy sector performance using selected indicators in European union countries. *Resources*, 9(9), 102. <https://doi.org/10.3390/resources909102>
- Cîrstea, S. D., Moldovan-Teseliu, C., Cîrstea, A., Turcu, A. C., & Darab, C. P. (2018). Evaluating renewable energy sustainability by composite index. *Sustainability*, 10(3), 811. <https://doi.org/10.3390/su10030811>
- Danielewicz, J. (2017). The Sustainable Development Idea in the Management of European Metropolitan Areas. *Economic and Environmental Studies*, 17(2 (42)), 279-296. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=581703>
- DEFRA, E. R. (2002). Sustainable development and environment
- Dincer, I. (2000). Renewable energy and sustainable development: a crucial review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 4(2), 157-175. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(99\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(99)00011-8)
- Doukas, H., Papadopoulou, A., Savvakis, N., Tsoutsos, T., & Psarras, J. (2012). Assessing energy sustainability of rural communities using Principal Component Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 1949-1957. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.018>
- Drake, E. M., Tester, J., & Golay, M. (2005). Sustainable Energy: Choosing Among Options. *American Institute of Chemical Engineers*. <https://aiche.confex.com/aiche/2005/techprogram/P31900.HTM>
- Drzazga, D. (2008). Interaktywny model proekologicznego zarządzania zintegrowaną gospodarką energetyczną i przestrzenną w rozwoju miast. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Elum, Z. A., & Momodu, A. S. (2017). Climate change mitigation and renewable energy for sustainable development in Nigeria: A discourse approach. *Renewable and sustainable energy reviews*, 76, 72-80. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.040>
- Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(5), 1082-1088. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008>
- Farinelli, U. (2004). Renewable energy policies in Italy. *Energy for Sustainable Development*, 8(1), 58-66. [https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60391-9](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60391-9)
- Goldemberg, J. (1998). Leapfrog energy technologies. *Energy policy*, 26(10), 729-741.
- Güney, T. (2019). Renewable energy, non-renewable energy and sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(5), 389-397. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1595214>
- Gunnarsdóttir, I., Davidsdóttir, B., Worrell, E., & Sigurgeirsdóttir, S. (2020). Review of indicators for sustainable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110294. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110294>
- Gyamfi, S., Derkyi, N. S., Asuamah, E. Y., & Aduako, I. J. (2018). Renewable energy and sustainable development. In *Sustainable Hydropower in West Africa* (pp. 75-94). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813016-2.00006-X>
- Harris, J. M. (2000). Basic principles of sustainable development. Dimensions of sustainable development, 1, 21-40. <https://books.google.com/books?id=lyBICwAAQBAJ&lpg=PA21&ots=k4uzhmf5S9&dq=Harris>
- Hermann, S., Miketa, A., & Fichaux, N. (2014). Estimating the renewable energy potential in Africa: A GIS-based approach. <https://www.irena.org/publications/2014/Aug/Estimating-the-Renewable-Energy-Potential-in-Africa-A-GIS-based-approach>
- Himri, Y., Malik, A. S., Stambouli, A. B., Himri, S., & Draoui, B. (2009). Review and use of the Algerian renewable energy for sustainable development. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(6-7), 1584-1591. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.007>
- Kaygusuz, K., & Kaygusuz, A. (2002). Renewable energy and sustainable development in Turkey. *Renewable energy*, 25(3), 431-453. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(01\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(01)00075-1)
- Khare, V., Khare, C. J., Nema, S., & Baredar, P. (2022). Path towards sustainable energy development: Status of renewable energy in Indian subcontinent. *Cleaner Energy Systems*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2022.100020>
- Kumar, J. C. R., & Majid, M. A. (2020). Renewable energy for sustainable development in India: current status, future prospects, challenges, employment, and investment opportunities. *Energy, Sustainability and Society*, 10(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0232-1>
- Lin, R., & Ren, J. (2020). Renewable energy and sustainable development. *Journal of Renewable Energy and Sustainable Development*, 6(1), 3-7. <http://dx.doi.org/10.21622/R>
- Liu, J., & Diamond, J. (2005). China's environment in a globalizing world. *Nature*, 435(7046), 1179-1186. <https://www.nature.com/articles/4351179a>
- Liu, Y., Yang, R., Sun, M., Zhang, L., Li, X., Meng, L., Wang, Y., & Liu, Q. (2022). Regional sustainable development strategy based on the coordination between ecology and economy: A case study of Sichuan Province, China. *Ecological Indicators*, 134, 108445. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108445>

- Majid, M. (2020). Renewable energy for sustainable development in India: current status, future prospects, challenges, employment, and investment opportunities. *Energy, Sustainability and Society*, 10(1), 1-36. DOI: [10.1186/s13705-019-0232-1](https://doi.org/10.1186/s13705-019-0232-1)
- Marco-Lajara, B., Martínez-Falcó, J., Sánchez-García, E., & Millán-Tudela, L. A. (2023). Analyzing the role of renewable energy in meeting the sustainable development goals: A bibliometric analysis. *Energies*, 16(7), 3137. <https://doi.org/10.3390/en16073137>
- Müller, M. O., Stämpfli, A., Dold, U., & Hammer, T. (2011). Energy autarky: A conceptual framework for sustainable regional development. *Energy policy*, 39(10), 5800-5810. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.019>
- News, U. (2015). Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>
- Nikonorov, S., Papenov, K., & Sergeyev, D. (2020). Chinese experience in implementing renewable energy sources as a possible scenario for the Krasnoyarsk Territory. *BRICS Journal of Economics*, 1(2), 59-79. <https://doi.org/10.38050/2712-7508-2020-10>
- Omer, A. M. (2018). Renewable energy technologies, sustainable development, and environment. *Sustainable Development: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 971-1008. DOI: [10.4018/978-1-4666-8433-1.ch008](https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8433-1.ch008)
- Oyedepo, S. O. (2014). Towards achieving energy for sustainable development in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 255-272. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.019>
- Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(3), 1513-1524. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>
- Pfeiffer, B., & Mulder, P. (2013). Explaining the diffusion of renewable energy technology in developing countries. *Energy economics*, 40, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.07.005>
- Plan, G. (2011). Power Division, Ministry of Power, Energy and Mineral Resources, Government of the Republic of Bangladesh. In.
- Ruhol Amini. (2019). Renewable energies in Iran, current and future situation Iranian political Sociology Monthly 1(4), 546-556. <https://sid.ir/paper/374302/fa> [In Persian]
- Santika, W. G., Urmee, T., Simsek, Y., Bahri, P. A., & Anisuzzaman, M. (2020). An assessment of energy policy impacts on achieving Sustainable Development Goal 7 in Indonesia. *Energy for Sustainable Development*, 59, 33-48. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.08.011>
- Shaaban, M., & Petrin, J. (2014). Renewable energy potentials in Nigeria: Meeting rural energy needs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 72-84. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.078>
- Singh, V. (2022). Brundtland commission: A comparative analysis of the energy gap between India and China. *Jindal Journal of Public Policy*, 6(2), 53-70. <https://doi.org/10.54945/jjpp.v6i11.170>
- Surya, B., Muhibuddin, A., Suriani, S., Rasyidi, E. S., Baharuddin, B., Fitriyah, A. T., & Abubakar, H. (2021). Economic evaluation, use of renewable energy, and sustainable urban development mamminasata metropolitan, Indonesia. *Sustainability*, 13(3), 1165. <https://doi.org/10.3390/su13031165>
- TB, J., Ed, K. H., AKN, R., RH, W., Burnham, L., & Ed, E. (1993). Renewable energy-sources for fuels and electricity.
- Torkaman, M., & Jalilisdarabad, S. (2024). Elucidating the Factors Influencing the Use of Renewable Energy and the Enhance Sustainable Development in Metropolitan Areas Using Content Analysis Method and MAXQDA Software. *Urban Economics and Planning*, 5(3), 214-231. DOI: [10.22034/uep.2024.476310.1535](https://doi.org/10.22034/uep.2024.476310.1535)
- Tsaples, G., & Papathanasiou, J. (2021). Data envelopment analysis and the concept of sustainability: A review and analysis of the literature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110664. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110664>
- Vera, I., & Langlois, L. (2007). Energy indicators for sustainable development. *Energy*, 32(6), 875-882. <https://doi.org/10.1016/j.energ.2006.08.006>
- Wakeyama, T., & Ehara, S. (2010). Renewable energy potential evaluation and analysis for use by using GIS—A case study of northern-Tohoku area and Tokyo metropolis, Japan. *Int J Environ Sci Dev*, 1(5), 446-453. DOI: [10.7763/IJESD.2010.V1.86](https://doi.org/10.7763/IJESD.2010.V1.86)
- Wąs, A., Krupin, V., Kobus, P., Witajewski-Baltvilks, J., Jeszke, R., & Szczepański, K. (2021). Towards climate neutrality in Poland by 2050: Assessment of policy implications in the farm sector. *Energies*, 14(22), 7595. <https://doi.org/10.3390/en14227595>
- WCED, S. W. S. (1987). World commission on environment and development. Our common future, 17(1), 1-91. <https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf>
- WRI, w. R. I. (1994). world resource: a guide to the global environment washington, USA: people and the environment
- Zehtab, H., Alavi, S., & Bagheri, A. (2019). Assessing the status of metropolitan cities in sustainable development indicators. 6th International Conference on Civil, Architectural & Environmental Science, Stockholm, <https://doi.org/10.38050/2712-7508-2020-10>