



Strategic energy management analysis in Iranian cities

Hossein Yousefi^{1*}  | Negin Arzaghi²  | Mohammadali Allahrabbi Shirazi³ 

1. Corresponding Author, Professor, School of Energy Engineering and Sustainable Resources, College of Interdisciplinary Science and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: hosseinyousefi@ut.ac.ir
2. MSc Student, School of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: negin.arzaghi@ut.ac.ir
3. PhD Candidate, School of Energy Engineering and Sustainable Resources, College of Interdisciplinary Science and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: aliallahrabbi@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article History:

Received: 29 April 2025

Revised: 15 May 2025

Accepted: 01 June 2025

Published Online: 22 July 2025

ABSTRACT

This study aims to analyze strategic energy management in Iranian cities and focuses on identifying key challenges and opportunities for improving energy sustainability. This research is necessary due to the current energy crisis in Iran, which is caused by high dependence on fossil fuels, inefficient energy consumption, and environmental problems such as air pollution. Using SWOT analysis, this research assesses the strengths, weaknesses, opportunities, and threats of urban energy management in Iran. The main results show that Iran's strengths include its vast oil and gas reserves and high potential for renewable energy, especially solar and wind. However, major weaknesses such as high dependence on fossil fuels, high energy intensity, and inefficient infrastructure pose serious challenges. Opportunities for the development of renewable energy, smart cities, and international cooperation are also identified. External threats such as sanctions, climate change, and oil price fluctuations also threaten energy sustainability. Policy recommendations include diversifying energy sources, optimizing energy consumption through subsidy reform, and international technological cooperation. The results show that dependence on fossil fuels and oil and gas reserves are the most important factors, while the potential of renewables and the development of smart cities also play a significant role in improving energy efficiency and reducing environmental impacts.

Keywords: Energy Management, Energy Strategy, Urban Energy, SWOT Analysis.

Cite this article: Yousefi, H.; Arzaghi, N. & Allahrabbi Shirazi, M. (2025). Strategic energy management analysis in Iranian cities. *Strategic Urban Management Research*, 1 (2), 123-138.



DOI: <http://doi.org/10.22034/jsrum.2026.568515.1021>

Introduction

Strategic energy management in Iranian cities is of great importance in achieving sustainable development, given the challenges related to dependence on fossil fuels, inefficient energy consumption, and air pollution. This study uses the SWOT method to systematically identify and assess the challenges and opportunities in urban energy management in Iran. Due to its rich oil and gas reserves and high potential for renewable resources, Iran also faces problems such as infrastructure deterioration, dependence on fossil fuels, and seasonal energy crises. This study attempts to provide solutions for optimizing energy consumption, reducing pollution, and strengthening urban resilience by examining internal and external influential factors such as new technologies, climate change, and sanctions. The results of this study can help design effective policies to improve energy efficiency, develop renewable energy, and achieve economic, social, and environmental sustainability in Iranian cities.

Methodology

In this section, the research methodology includes an analysis of strategic energy management in Iranian cities using the SWOT tool. This analysis was conducted considering Iran's unique geographical, economic, and energy-related characteristics and identified the challenges and opportunities in urban energy management. The data for this study were collected from reputable international and scientific sources such as the International Energy Agency and the Renewable Energy Organization. The research methodology is divided into three parts: study area, data collection, and SWOT analysis, which systematically examines the current situation and influential internal and external factors. The results of the SWOT analysis show that Iran faces strengths such as huge oil and gas reserves and high potential for renewable energy, but it faces challenges such as dependence on fossil fuels, inefficient consumption, and high energy losses. There are also opportunities such as the development of renewable energy, smart cities, and international cooperation to reduce dependence on fossil fuels. The main threats include sanctions, climate change, and increased energy demand from rapid urbanization, which directly affect the sustainability of energy systems.

Conclusion

The results showed that Iran, despite its strengths such as oil and gas reserves and renewable energy potential, faces weaknesses such as dependence on fossil fuels and inefficient consumption. There are also opportunities such as the development of smart cities and renewable energy, and threats such as sanctions and climate change for energy sustainability. Policy recommendations include diversifying energy sources, optimizing consumption through reducing subsidies, and international cooperation. Implementing these strategies can help improve energy efficiency and create a sustainable energy system in Iran.



فصلنامه
تحقیقات راهبردی
مدیریت شهری

سایت نشریه: <https://jsrum.ir>

تحلیل مدیریت راهبردی انرژی در شهرهای ایران

حسین یوسفی^{۱*} | نگین ارزاقی^۲ | محمدعلی الهربی شیرازی^۳

۱. نویسنده مسئول، استاد، دانشکده مهندسی انرژی و منابع پایدار، دانشکدگان علوم و فناوری‌های میان‌رشته‌ای، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: hosseinyousefi@ut.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: negin.arzaghi@ut.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی انرژی و منابع پایدار، دانشکدگان علوم و فناوری‌های میان‌رشته‌ای، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: aliallahrabbi@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

این مطالعه با هدف تحلیل مدیریت راهبردی انرژی در شهرهای ایران انجام شده است و بر شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های کلیدی برای بهبود پایداری انرژی تمرکز دارد. تحقیق پیش رو به دلیل بحران انرژی موجود در ایران که ناشی از وابستگی زیاد به سوخت‌های فسیلی، مصرف ناکارآمد انرژی و مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی هوا است، ضروری به نظر می‌رسد. با استفاده از تحلیل SWOT، تحقیق حاضر قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدهای مدیریت انرژی شهری در ایران را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نتایج اصلی پژوهش حاضر نشان می‌دهند قوت‌های ایران شامل ذخایر عظیم نفت و گاز و پتانسیل بالای انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه خورشیدی و بادی است. با این حال، ضعف‌های عمده‌ای مانند وابستگی زیاد به سوخت‌های فسیلی، شدت بالای مصرف انرژی و ناکارآمدی زیرساخت‌ها چالش‌های جدی به همراه دارند. همچنین، فرصت‌هایی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، شهرهای هوشمند و همکاری‌های بین‌المللی شناسایی شده است. تهدیدهای خارجی مانند تحریم‌ها، تغییر اقلیمی و نوسانات قیمت نفت نیز پایداری انرژی را تهدید می‌کنند. پیشنهادها سیاستی شامل تنوع‌بخشی به منابع انرژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق اصلاح یارانه‌ها و همکاری‌های فناورانه بین‌المللی است. نتایج نشان می‌دهند وابستگی به سوخت‌های فسیلی و ذخایر نفت و گاز مهم‌ترین عوامل هستند، در حالی که پتانسیل تجدیدپذیرها و توسعه شهرهای هوشمند نیز نقش قابل توجهی در بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش تأثیرات زیست‌محیطی دارند.

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

کلیدواژه: مدیریت انرژی، راهبرد انرژی، انرژی شهری، تحلیل SWOT.

استناد: یوسفی، حسین؛ ارزاقی، نگین و الهربی شیرازی، محمدعلی (۱۴۰۴). تحلیل مدیریت راهبردی انرژی در شهرهای ایران. *تحقیقات راهبردی مدیریت شهری*، ۱ (۲) ۱۲۳-۱۳۸.

DOI: <http://doi.org/10.22034/jsrum.2026.568515.1021>



۱. مقدمه

مدیریت راهبردی انرژی در شهرهای جهان به عنوان یکی از عوامل کلیدی در دستیابی به توسعه پایدار، نقش محوری در مقابله با چالش‌های جهانی مانند تغییرات اقلیمی، افزایش تقاضای انرژی و کاهش منابع فسیلی ایفا می‌کند. شهرها به عنوان مراکز اصلی مصرف انرژی، بیش از ۷۶ درصد از انرژی جهانی را مصرف می‌کنند و این امر به انتشار گسترده گازهای گلخانه‌ای و فشار بر منابع طبیعی منجر شده است [۱]. در سطح جهانی، سیاست‌های انرژی شهری بر پایه بهینه‌سازی مصرف، ادغام منابع تجدیدپذیر و توسعه شهرهای هوشمند تمرکز دارد تا پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را تضمین کند. این رویکرد نه تنها به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک می‌کند، بلکه فرصت‌هایی برای نوآوری و رشد اقتصادی ایجاد می‌کند [۲ و ۳].

در کشورهای درحال توسعه، مدیریت انرژی شهری با چالش‌های بیشتری روبه‌رو است، زیرا نرخ بالای شهرنشینی و رشد اقتصادی سریع، تقاضای انرژی را افزایش داده و زیرساخت‌های موجود را تحت فشار قرار می‌دهد. این کشورها اغلب وابستگی شدیدی به سوخت‌های فسیلی دارند و با مشکلاتی مانند ناکارآمدی شبکه‌های توزیع، آلودگی هوا و کمبود منابع آبی مواجه هستند [۴]. با این حال، پتانسیل بالای منابع تجدیدپذیر مانند خورشیدی و بادی و همچنین، مسائل زیست‌محیطی، فرصت‌هایی برای انتقال به سمت انرژی پایدار فراهم می‌آورد، که می‌تواند به کاهش فقر انرژی و بهبود کیفیت زندگی کمک کند. سیاست‌های انرژی در این کشورها باید بر پایه برنامه‌ریزی محلی و همکاری بین‌المللی تدوین شود تا تعادل بین رشد و پایداری برقرار شود [۵ و ۶].

در ایران، به عنوان یکی از کشورهای درحال توسعه با ذخایر غنی نفت و گاز، مدیریت انرژی با چالش‌های منحصربه‌فردی، از جمله مصرف بالای انرژی به دلیل یارانه‌های گسترده و ناکارآمدی در بخش‌های مختلف همراه است. ایران با وجود پتانسیل بالای منابع تجدیدپذیر، همچنان به سوخت‌های فسیلی وابسته است که این امر به بحران‌های انرژی فصلی و آلودگی محیطی منجر شده است. سیاست‌های انرژی ملی بر پایه تنوع‌بخشی منابع و افزایش کارایی تمرکز دارد، اما نیاز به اصلاحات ساختاری برای ادغام فناوری‌های نوین و کاهش وابستگی خارجی احساس می‌شود [۷ و ۸].

در شهرهای ایران، مدیریت انرژی با توجه به نرخ شهرنشینی بالای ۷۵ درصد، چالش‌هایی مانند فرسودگی زیرساخت‌ها، افزایش مصرف در بخش حمل‌ونقل و ساختمان‌ها، و تأثیر تحریم‌ها بر واردات فناوری را تجربه می‌کند [۹]. شهرهای بزرگ مانند تهران با بحران آلودگی هوا و قطعی برق روبه‌رو هستند، در حالی که فرصت‌هایی مانند پتانسیل خورشیدی به ویژه برای ایران که شرایط مطلوبی وجود دارد و توسعه شهرهای هوشمند می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف کمک کند. این شرایط نیازمند برنامه‌ریزی محلی است تا تعادل بین تقاضا و عرضه برقرار شود و پایداری شهری تقویت شود [۱۰ و ۱۱].

این پژوهش به دلیل چالش‌های انرژی و محیط زیستی ایران، ضروری است. بحران‌هایی مانند قطعی برق، آلودگی هوا و نوسانات سوخت نیاز به راهبردهای محلی و متناسب با شرایط هر شهر دارند. تمرکز بر سیاست‌های ملی بدون توجه به تفاوت‌های جغرافیایی و زیرساختی کافی نیست. هدف این پژوهش، کمک به سیاست‌گذاران برای بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش آلودگی و افزایش تاب‌آوری شهری است تا به پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی شهرها کمک کند.

هدف اصلی این مقاله، ارائه یک تحلیل راهبردی عمیق و مبتنی بر شواهد از مدیریت انرژی در شهرهای ایران است تا چالش‌های ساختاری، ضعف‌ها و فرصت‌های موجود را به صورت سیستماتیک شناسایی و ارزیابی کند. این مطالعه با استفاده از روش SWOT (قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها) انجام می‌شود تا عوامل داخلی مانند ظرفیت بالای انرژی‌های تجدیدپذیر، زیرساخت‌های موجود اما ناکارآمد و وابستگی شدید به سوخت‌های فسیلی، و عوامل خارجی نظیر پیشرفت‌های فناوری شهرهای هوشمند، تغییرات اقلیمی، تحریم‌های اقتصادی و سیاست‌های بین‌المللی را به طور جامع بررسی کند و در انتها نیز پیشنهاد‌های سیاستی مطرح می‌شود. نتایج به دست آمده از تحلیل و عوامل کلیدی در مدیریت انرژی به واسطه نظر خبرگان و متخصصان، امتیازبندی شده و درجه اهمیت آن مشخص می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر، به طراحی راهبردهای عملی برای مدیریت انرژی در ایران با توجه به محدودیت‌ها و تفاوت‌های جغرافیایی کمک می‌کند. نتایج آن می‌تواند پایه‌گذار سیاست‌های بهبود بهره‌وری انرژی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تقویت مدیریت مصرف باشد و به سمت الگویی پایدارتر برای شهرها هدایت کند.

۲. مرور ادبیات

مدیریت انرژی شهری به عنوان یکی از چالش‌های اساسی در کشورهای در حال توسعه، به‌ویژه ایران، اهمیت بسیاری پیدا کرده است. این بخش به مرور مطالعات پیشین در زمینه‌های مختلفی مانند مدیریت انرژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، استفاده از منابع تجدیدپذیر و توسعه فناوری‌های نوین در مدیریت انرژی شهری می‌پردازد. هدف این بخش، تحلیل و جمع‌بندی نتایج پژوهش‌های موجود برای شناسایی شکاف‌ها و شناخت روندهای موجود است. در ادامه، به بررسی این مطالعات پرداخته می‌شود. ماریناکیس و همکاران نوعی معماری پلتفرم داده‌های بزرگ را پیشنهاد می‌دهند که از داده‌های چندداده برای پشتیبانی از ایجاد، توسعه و بهره‌برداری از خدمات انرژی هوشمند استفاده می‌کند. سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر وب (DSS) معرفی شده از داده‌های چندمنبع برای مدیریت انرژی در شهرهای هوشمند بهره می‌برد. کاربرد آزمایشی این سیستم در سه شهر اروپایی نشان می‌دهد چگونه این DSS مبتنی بر داده می‌تواند به مدیران انرژی و مقامات شهری در بهینه‌سازی عملکرد انرژی ساختمان‌ها کمک کند [۱۲].

میشرا و سینگ طی پژوهشی از اینترنت انرژی (IoE) برای مدیریت انرژی در شهرهای هوشمند پایدار استفاده کردند. هدف مطالعه یادشده بهبود فرایندهای انرژی پاک، بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها از طریق بهینه‌سازی زمان‌بندی، طراحی دستگاه‌های کم‌مصرف و استفاده از شبکه‌های هوشمند است. نتایج مطالعه یادشده نشان می‌دهد ادغام فناوری‌های مختلف مانند رایانش ابری و میکروگریدها، می‌تواند به بهره‌وری بهتر انرژی و پایداری در این نوع شهرها منجر شود [۱۳]. همچنین، مطالعه عیسی‌پور و همکاران مدلی برای شهر هوشمند ارائه می‌دهد که شامل سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، میکروگرید و هاب انرژی هوشمند با قابلیت تبدیل انرژی است. هدف این مدل، بررسی عملکرد جزیره‌ای شهر هوشمند با استفاده از حامل‌های انرژی مختلف مانند برق، گرما، گاز و آب است. همچنین، در این مدل، تخصیص بهینه ایستگاه‌های مترو برای تبادل انرژی و کاهش هزینه‌ها با استفاده از روش بهینه‌سازی قطرات آب هوشمند انجام شده و عدم قطعیت‌ها با استفاده از نظریه ابری شبیه‌سازی شده است [۱۴]. صداقت و شریفی طی پژوهشی چندین استراتژی برای کاهش تأثیر جزایر حرارتی شهری (UHI) بر عملکرد انرژی ساختمان‌های مسکونی را بررسی کردند. در مطالعه یادشده، ابتدا UHI تهران با مقایسه داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک مهرآباد و کرج بررسی شد. سپس، اثرات استراتژی‌های کاهش UHI، مانند استفاده از مواد با آلبیدو بالا و پوشش گیاهی، با استفاده از ابزار ENVI-met شبیه‌سازی شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد UHI در تهران حدود ۳-۶ درجه سانتی‌گراد است که با ترکیب مواد با آلبیدو بالا و پوشش گیاهی به ۲/۱ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد و از بار سرمایشی ۲۹ درصد می‌کاهد. این استراتژی‌ها به بهبود راحتی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی منجر می‌شوند [۱۵].

رزمجو و همکاران طی پژوهشی توسعه شهرهای هوشمند در شهرهای موفقی همچون لندن، سنگاپور، بارسلونا، نیویورک، ملبورن، آمستردام، دبی و هلسنکی را بررسی کرده و اهمیت سیاست‌های مناسب در غلبه بر موانع و ایجاد راه‌حل‌ها در راستای استفاده از انرژی پاک را برجسته کردند. مطالعه یادشده بر سه بخش انرژی، حمل‌ونقل و ساختمان‌ها تمرکز دارد و هدف آن، ارائه مسیرهای مفید برای توسعه شهرهای هوشمند با استفاده از سیاست‌ها و استراتژی‌های مناسب به منظور رفع موانع موجود در این سه بخش است. همچنین، همکاری ذی‌نفعان با دولت محلی در اجرای ایده‌ها و سیاست‌های انرژی پاک نقش برجسته‌ای در توسعه شهرهای هوشمند ایفا می‌کند [۱۶].

سوریا و همکاران طی پژوهشی تأثیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی، زیرساخت‌های حمل‌ونقل و انرژی‌های تجدیدپذیر بر کیفیت محیط زیست و پایداری سیستم شهری در منطقه متروپولیتن مامیناساتا را بررسی کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی آب، باد و زیست‌توده در حمایت از رشد اقتصادی و بهره‌وری شهری مؤثرند. اثرات رشد اقتصادی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، دسترسی به زیرساخت‌ها و انرژی‌های تجدیدپذیر بر کیفیت محیط زیست با ضریب تعیین ۸۲/۳ درصد و بر پایداری سیستم شهری با ضریب تعیین ۷۵/۷ درصد تأثیر داشت [۱۷].

ابو-ریاش و دینسر طی پژوهشی نوعی سیستم یکپارچه انرژی خورشیدی را برای تأمین نیازهای برق، سرمایش و گرمایش در یک شهر کوچک با ۵ هزار خانه معرفی کردند. این سیستم از انرژی خورشیدی متمرکز و فتوولتائیک حرارتی به همراه سیستم

ارگانیک رانکین و سیستم سرمایه‌گذاری جذبی برای تأمین گرمایش و سرمایش منطقه‌ای استفاده می‌کند. بازدهی انرژی و انرژی سیستم به ترتیب ۴۹/۲ درصد و ۵۳/۴ درصد است. بیشترین میزان تخریب انرژی از مزرعه CSP ناشی می‌شود که ۴۶ درصد از کل تخریب انرژی سیستم را تشکیل می‌دهد. تحلیل چرخه عمر سیستم نشان می‌دهد تولید برق از سیستم فتوولتائیک و سیستم ارگانیک رانکین بالاترین تأثیر را در تمامی دسته‌ها، از جمله گرمایش جهانی و پتانسیل اسیدی شدن، دارد [۱۸].

مطالعاتی نیز روی بهینه‌سازی و فناوری‌های نوین انجام شده است. همایون و همکاران طی پژوهشی از تکنولوژی‌های IoT، 5G و رایانش ابری برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرهای هوشمند استفاده کردند. مدل پیشنهادی شامل ویژگی‌هایی مانند روشنایی خیابانی، تابلوهای تبلیغاتی، خانه‌ها و پارکینگ‌های هوشمند است که با حسگرهای IoT و فناوری 5G بهبود یافته است. نتایج مدل ریاضی نشان می‌دهد این مدل می‌تواند مصرف انرژی را در شهرهای هوشمند بهینه کند [۱۹].

وی و همکاران طی مطالعه‌ای مدل‌های پیش‌بینی مصرف انرژی با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی برای یک صنعت فولاد کوچک در کره جنوبی را بررسی کردند. داده‌های مصرف انرژی از سیستم‌های مبتنی بر IoT جمع‌آوری شده و برای پیش‌بینی مصرف انرژی استفاده می‌شوند. پنج الگوریتم آماری برای پیش‌بینی مصرف انرژی استفاده شده است، که شامل رگرسیون خطی عمومی، درخت‌های طبقه‌بندی و رگرسیون، ماشین بردار پشتیبان، نزدیک‌ترین همسایگان K و CUBIST هستند. نتایج پژوهش یادشده نشان می‌دهند مدل CUBIST بهترین نتایج را با کمترین خطا ارائه می‌دهد و می‌تواند برای توسعه طراحی‌های ساختاری انرژی کارآمد و بهینه‌سازی مصرف انرژی در شهرهای هوشمند مورد استفاده قرار گیرد [۲۰].

به گونه‌ای دیگر، ایل‌بیگی و همکاران طی پژوهشی هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها را دنبال کردند. برای این منظور، آن‌ها از نرم‌افزار EnergyPlus و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با مدل پرسپترون چندلایه (MLP) برای شبیه‌سازی مصرف انرژی استفاده کردند. بهینه‌سازی انرژی با الگوریتم ژنتیک انجام شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد بهینه‌سازی می‌تواند مصرف انرژی را حدود ۳۵ درصد کاهش دهد و تعداد ساکنان بیشترین تأثیر را بر مصرف انرژی دارد [۲۱].

تانگ و همکاران طی پژوهشی نقش معاملات انرژی برق شهری به صورت هم‌تابه‌همتا (P2P) در میکروگریدهای هوشمند را پیش‌بینی کردند و چارچوبی مبتنی بر یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و مدیریت منابع انرژی توزیع شده ارائه دارند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد این مدل پیش‌بینی هزینه‌ها را ۹۵ درصد افزایش داده و نرخ تأخیر را ۴۰/۳ درصد کاهش می‌دهد [۲۲].

استچولا و همکاران نیز طی پژوهشی نشان دادند هوش مصنوعی (AI) در بهینه‌سازی مصرف انرژی در خانه‌ها، شامل بهبود سیستم‌های گرمایش، سرمایش، روشنایی و مدیریت انرژی کاربرد دارد. همچنین، در زیرساخت‌های شهری، AI به بهبود زیرساخت‌های شارژ خودروهای الکتریکی، کاهش آلاینده‌ها، توسعه شبکه‌های هوشمند و ذخیره‌سازی انرژی کمک می‌کند. چالش‌های اصلی شامل تعادل بین راحتی ساکنان و کارایی انرژی، سازگاری دستگاه‌ها و مدیریت منابع تجدیدپذیر است [۲۳].

اولاتومیو و همکاران طی پژوهشی استراتژی‌های مدیریت انرژی در سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر هیبریدی شهری را بررسی کردند. هدف اصلی این تحقیق، کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد سیستم‌ها با استفاده از استراتژی‌های مدیریت انرژی و بهینه‌سازی اندازه اجزا است. همچنین، استفاده از منابع پشتیبان و سیستم‌های ذخیره‌سازی برای مقابله با نوسان و قطع‌پذیری منابع انرژی تجدیدپذیر مورد تأکید قرار گرفته و روش‌های مختلف برای بهبود این سیستم‌ها، چه به صورت مستقل و چه متصل به شبکه، بررسی شده است [۲۴].

در نهایت، ژو و لیو نوعی سیستم مدیریت انرژی را برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش صنعتی و شهری با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری بررسی کردند. هدف این سیستم کاهش مصرف انرژی، بهینه‌سازی نسبت مصرف اوج به متوسط و کاهش زمان انتظار است. نتایج پژوهش یادشده نشان می‌دهد این مدل می‌تواند هزینه‌های انرژی روزانه را ۲۶/۲ درصد کاهش دهد و با زمان اجرایی ۸/۷۰۲ ثانیه، کاربرد عملی در سناریوهای شهری دارد [۲۵].

در مطالعات اخیر، شکاف‌هایی در زمینه مدیریت انرژی شهری و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ایران مشاهده می‌شود. بیشتر تحقیقات موجود بر سیاست‌های عمومی و فناوری‌های نوین متمرکز هستند، اما توجه کافی به ویژگی‌های جغرافیایی و زیرساختی

خاص هر شهر نشده است. برای مثال، بسیاری از پژوهش‌ها روی مدل‌های سیستم‌های انرژی هوشمند و تجدیدپذیر در شهرهای پیشرفته متمرکز شده‌اند، ولی در ایران، به دلیل بحران‌های انرژی، توجه به راه‌حل‌های محلی و ویژه هر شهر ضروری است. این مطالعه می‌تواند با استفاده از تحلیل SWOT و توجه به محدودیت‌های جغرافیایی و زیرساختی ایران، شکاف‌های موجود را پوشش دهد و به سیاست‌گذاران کمک کند تا راهبردهای بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش آلودگی و افزایش تاب‌آوری شهری را طراحی کنند.

۳. روش‌شناسی

در این بخش، به بررسی روش‌شناسی مطالعه پرداخته می‌شود که بر پایه اصول علمی و داده‌های معتبر بنا شده است. این روش‌شناسی برای تحلیل مدیریت راهبردی انرژی در شهرهای ایران با استفاده از ابزار SWOT طراحی شده و هدف آن، ارائه یک چارچوب ساختاریافته برای درک چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این حوزه است. مطالعه روی ایران تمرکز دارد، کشوری که به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد جغرافیایی، اقتصادی و انرژی‌محور، به عنوان یک مورد مطالعاتی کلیدی در تحقیقات مدیریت شهری و انرژی شناخته می‌شود. روش‌شناسی به سه زیربخش تقسیم شده است: منطقه مورد مطالعه، جمع‌آوری داده، و تحلیل SWOT. این تقسیم‌بندی امکان بررسی گام‌به‌گام و دقیق را فراهم می‌کند و بر پایه منابع معتبر مانند گزارش‌های بین‌المللی و مقالات علمی استوار است.

۳-۱. منطقه مورد مطالعه

ایران به دلیل تنوع جغرافیایی، اقلیمی، جمعیتی و اقتصادی، یکی از نمونه‌های مهم برای مطالعات مدیریت راهبردی انرژی به شمار می‌رود. گستردگی اقلیم از مناطق گرم و خشک تا سرد و کوهستانی، الگوهای متفاوت مصرف انرژی شهری را ایجاد کرده و نیاز هم‌زمان به سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی را افزایش داده است [۲۶]. افزایش جمعیت جهانی که تا ۲۰۵۰ به ۱۰/۱ میلیارد نفر خواهد رسید و همچنین، رشد سریع شهرنشینی و تمرکز بیش از ۷۰ درصد جمعیت در شهرها، فشار قابل توجهی بر تقاضای انرژی در بخش‌های مسکونی، حمل‌ونقل و خدمات وارد کرده است [۲۷].

از نظر اقتصادی، وابستگی شدید ایران به منابع فسیلی و سهم بالای انرژی در درآمد ملی، در کنار مصرف داخلی بسیار بالا و شدت انرژی بیش از دو برابر میانگین جهانی، نشان‌دهنده ناکارآمدی ساختاری در مدیریت انرژی است. یارانه‌های گسترده انرژی و تلفات بالای شبکه توزیع نیز این وضعیت را تشدید کرده‌اند. در عین حال، سهم بسیار پایین انرژی‌های تجدیدپذیر، علی‌رغم پتانسیل بالای خورشیدی و بادی، یک شکاف راهبردی جدی در سیاست‌گذاری انرژی کشور محسوب می‌شود [۲۸].

ترکیب چالش‌هایی مانند آلودگی هوا، تغییرات اقلیمی، تحریم‌های بین‌المللی و نیاز به رشد اقتصادی پایدار، ایران را به یک مورد مطالعاتی مناسب برای تحلیل SWOT در حوزه مدیریت انرژی شهری تبدیل می‌کند؛ تحلیلی که می‌تواند هم ضعف‌ها و تهدیدها را آشکار کند و هم فرصت‌های بالقوه برای گذار به نظام انرژی پایدارتر را نشان دهد. جدول ۱ خلاصه‌ای از ویژگی‌های کلیدی ایران را بر اساس آخرین سال داده‌های موجود (۲۰۲۴ و ۲۰۲۵)، نشان می‌دهد.

جدول ۱. ویژگی‌های کلیدی ایران بر اساس آخرین داده گزارش شده

منبع	مقدار تخمینی	ویژگی
مرکز آمار ایران	۸۶۶۵	جمعیت کل [میلیون نفر]
	۱۴۵۶	تعداد شهرها
ourworldindata	۷۸	نرخ شهرنشینی [%]
	۳۵۹۰	مصرف انرژی کل [TWh]
	۲.۲۲	شدت انرژی [kWh]
	۶.۲	سهم تولید برق از منابع تجدیدپذیر [%]
	۹۲.۱	سهم تولید برق از منابع فسیلی [%]

۳-۲. جمع آوری داده

در این پژوهش، داده‌ها از منابع معتبر بین‌المللی و علمی به منظور تضمین جامعیت و اعتبار اطلاعات گردآوری شده‌اند. اطلاعات مربوط به مدیریت انرژی ایران از گزارش‌های سازمان‌هایی مانند آژانس بین‌المللی انرژی، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران، وزارت نیرو و نهادهای وابسته و همچنین پایگاه داده ourworldindata و بانک جهانی استخراج شده است.

این اطاعات شامل همه نتایج تحلیل‌های موجود در مقالات، گزارش‌ها و پایگاه داده‌ها است که به مدیریت انرژی در شهرهای ایران مربوط می‌شود. علاوه بر این، مقالات علمی منتشرشده در پایگاه‌های معتبر و منابع مرجع حوزه سیاست‌گذاری انرژی به عنوان داده‌های پشتیبان مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۲۹-۳۵]. این منابع شامل داده‌های کمی مانند الگوهای مصرف انرژی و داده‌های کیفی نظیر سیاست‌ها، راهبردها و مطالعات موردی شهری هستند.

در این مطالعه، مدیریت راهبردی انرژی به عنوان یک رویکرد نظام‌مند و بلندمدت تعریف می‌شود که هدف آن، ادغام مدیریت انرژی در فرایندهای شهری از طریق ارزیابی مصرف، تعیین اهداف، اجرای سیاست‌ها و پایش مستمر است. تمرکز اصلی پژوهش بر مدیریت راهبردی انرژی در مقیاس شهری است و موضوعاتی مانند برنامه‌ریزی زیرساخت‌های انرژی، به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، اصلاح یارانه‌ها و مدیریت تقاضای انرژی را در بر می‌گیرد. تحلیل‌ها با استفاده از روش‌های کیفی مانند تحلیل محتوا و روش‌های کمی از جمله آمار توصیفی انجام شده‌اند تا ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مدیریت انرژی شهری در ایران به صورت یکپارچه بررسی شود.

۳-۳. تحلیل SWOT

تحلیل SWOT نوعی ابزار استراتژیک محبوب در برنامه‌ریزی و مدیریت است که برای ارزیابی وضعیت فعلی و تدوین استراتژی‌های آینده استفاده می‌شود [۳۶]. این روش برای اولین بار در دهه ۱۹۵۰ در دانشکده بازرگانی هاروارد توسط دو استاد برجسته ابداع شد که از این روش برای تحلیل استراتژی‌های سازمانی در رابطه با محیط خود استفاده می‌کردند [۳۷]. شکل ۱ بخش‌ها و تقسیم‌بندی‌های مفهومی تحلیل SWOT را نشان می‌دهد. این روش چهار بخش اصلی دارد [۳۸]:

- **قوت‌ها:** عوامل داخلی مثبت، مانند منابع طبیعی فراوان ایران (ذخایر نفت و گاز).
- **ضعف‌ها:** عوامل داخلی منفی، مانند مصرف ناکارآمد و تلفات انرژی.
- **فرصت‌ها:** عوامل خارجی مثبت، مانند پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر و همکاری‌های بین‌المللی.
- **تهدیدها:** عوامل خارجی منفی، مانند تحریم‌ها و تغییرات آب‌وهوایی.



شکل ۱. ماتریس مفهومی تحلیل SWOT

تحلیل SWOT بر اساس عوامل چهارگانه برای مدیریت انرژی در شهرهای ایران، در جدول ۲ بیان شده است. جدول ۲ عوامل داخلی مثبت مانند ذخایر غنی فسیلی و پتانسیل بالای انرژی‌های تجدیدپذیر را به عنوان قوت‌ها و چالش‌هایی نظیر وابستگی شدید به سوخت‌های فسیلی و تلفات زیرساختی را به عنوان ضعف‌ها برجسته می‌کند. همچنین، فرصت‌هایی مانند توسعه شهرهای هوشمند و همکاری‌های بین‌المللی، و تهدیدهایی همچون تحریم‌های اقتصادی و تغییرات اقلیمی را بررسی می‌کند تا پایه‌ای برای استراتژی‌های پایدار فراهم آورد.

جدول ۲. ویژگی‌های کلیدی ایران بر اساس آخرین داده گزارش شده

بخش	منابع	عوامل کلیدی	توضیح و شواهد
قوت‌ها	[۳۲ و ۳۹ و ۴۰]	<ul style="list-style-type: none"> - ذخایر غنی نفت و گاز (رتبه برتر جهانی در ذخایر اثبات‌شده). - پتانسیل بالای تجدیدپذیرها مانند خورشیدی (۵ کیلووات‌ساعت بر مترمربع روزانه) و بادی. - نیروی کار ماهر و ظرفیت نصب و عملیات سیستم‌های انرژی. - قوانین حمایتی برای افزایش سهم تجدیدپذیرها تا ۵ درصد. - موقعیت جغرافیایی مطلوب برای انرژی‌های توزیع‌شده در شهرها. 	<p>این قوت‌ها، پایه‌ای برای تأمین انرژی شهری فراهم می‌کنند. برای مثال، ذخایر گاز طبیعی ۷۱/۵ درصد تأمین انرژی را تشکیل می‌دهد، اما ادغام با تجدیدپذیرها می‌تواند پایداری شهری را افزایش دهد. مطالعات نشان می‌دهند استفاده از خورشیدی در شهرهای خشک مانند تهران می‌تواند مصرف ساختمان‌ها را کاهش دهد.</p>
ضعف‌ها	[۳۲ و ۴۰ و ۴۱]	<ul style="list-style-type: none"> - وابستگی شدید به سوخت‌های فسیلی (۹۲/۱ درصد تولید برق). - یارانه‌های بالا و مصرف ناکارآمد (شدت انرژی دو برابر میانگین جهانی). - تلفات بالا در انتقال و توزیع (بیش از یک میلیون بشکه نفت معادل روزانه). - کمبود سرمایه و فناوری به دلیل تحریم‌ها. - ناکارآمدی در بخش‌های شهری مانند ساختمان‌ها و حمل‌ونقل. 	<p>این ضعف‌ها به قطعی برق و آلودگی در شهرها منجر می‌شود. برای نمونه، مصرف خانگی حدود ۴۰ درصد انرژی نهایی را تشکیل می‌دهد و رشد ۶ درصدی سالانه دارد، که بدون اصلاح یارانه‌ها ادامه می‌یابد.</p>
فرصت‌ها	[۳۲ و ۴۰ و ۴۲ و ۴۳]	<ul style="list-style-type: none"> - توسعه تجدیدپذیرها و شهرهای هوشمند برای بهینه‌سازی مصرف شهری. - همکاری بین‌المللی و جذب سرمایه برای پروژه‌های هیدروژن سبز و صادرات. - صرفه‌جویی اقتصادی از طریق کارایی (۱۶ میلیارد دلار از کاهش ۲۰ درصدی مصرف). - عضویت در IRENA و دسترسی به کمک‌های جهانی مانند وام‌های بانک جهانی. - شغل‌زایی و کاهش انتشار GHG از طریق فناوری‌های محلی. - گسترش کاربرد و توسعه فناوری‌های بدون مصرف انرژی برای رفع نیازها مانند آب شیرین. 	<p>فرصت‌ها می‌توانند به کاهش وابستگی کمک کنند. مثلاً، پوشش ۱ درصد بیابان‌ها با پنل‌های خورشیدی می‌تواند پنج برابر تولید برق سالانه را تأمین کند، که برای شهرها ایده‌آل است.</p>
تهدیدها	[۳۹ و ۴۴ و ۴۵]	<ul style="list-style-type: none"> - تحریم‌های بین‌المللی و کاهش درآمدهای نفتی. - تغییرات اقلیمی و کمبود آب، که تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد. - افزایش شهرنشینی و تقاضا (رشد ۱۵۰ درصدی مصرف برق سرانه از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳). - نوسانات قیمت جهانی نفت و مسائل ژئوپلیتیکی. - افزایش انتشار CO₂ (۱۳۳ درصد از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳). 	<p>این تهدیدها پایداری شهری را به خطر می‌اندازند. برای مثال، انتشار ۷۲۷ میلیون تن CO₂ در ۲۰۲۳، ۲/۱ درصد جهانی را تشکیل می‌دهد و آلودگی هوا در شهرها را تشدید می‌کند.</p>

۴. نتایج و بحث

بخش نتایج این تحقیق شامل تحلیل عوامل کلیدی در مدیریت انرژی شهری ایران، شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های پیش رو، و ارائه پیشنهاد‌های سیاستی است. در این بخش، به طور جامع وضعیت فعلی مدیریت انرژی در ایران بررسی شده و راهکارهایی برای بهبود کارایی و پایداری سیستم‌های انرژی شهری ارائه می‌شود.

۴-۱. بررسی عوامل کلیدی در مدیریت انرژی ایران

در تحلیل مدیریت انرژی شهری ایران، عوامل کلیدی که بر تصمیم‌گیری‌ها و استراتژی‌های آینده تأثیرگذار هستند، شامل منابع طبیعی، ساختار مصرف انرژی، و چالش‌های اقتصادی و اجتماعی است. ذخایر غنی نفت و گاز ایران که در سطح جهانی رتبه برتری دارند، به عنوان یکی از قوت‌های عمده، همچنان تأمین‌کننده بخش بزرگی از نیازهای انرژی کشور هستند. با این حال، وابستگی به سوخت‌های فسیلی و مصرف ناکارآمد آن‌ها موجب بروز مشکلات جدی مانند تلفات بالا در انتقال و توزیع انرژی، قطعی‌های برق و آلودگی هوا در مناطق شهری می‌شود. علاوه بر این، سرعت بالای شهرنشینی و افزایش تقاضای انرژی در این شهرها باعث ایجاد فشار بر منابع موجود می‌شود.

یکی از چالش‌های اصلی، فقدان تنوع در منابع انرژی است. علی‌رغم ظرفیت‌های بالای تجدیدپذیر در ایران، به‌ویژه در زمینه انرژی خورشیدی و بادی، سهم این منابع در تولید برق هنوز بسیار پایین است. در نتیجه، ادغام این منابع با شبکه انرژی کشور می‌تواند به عنوان راهکار مؤثری برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و بهبود پایداری سیستم‌های انرژی شهری مطرح باشد.

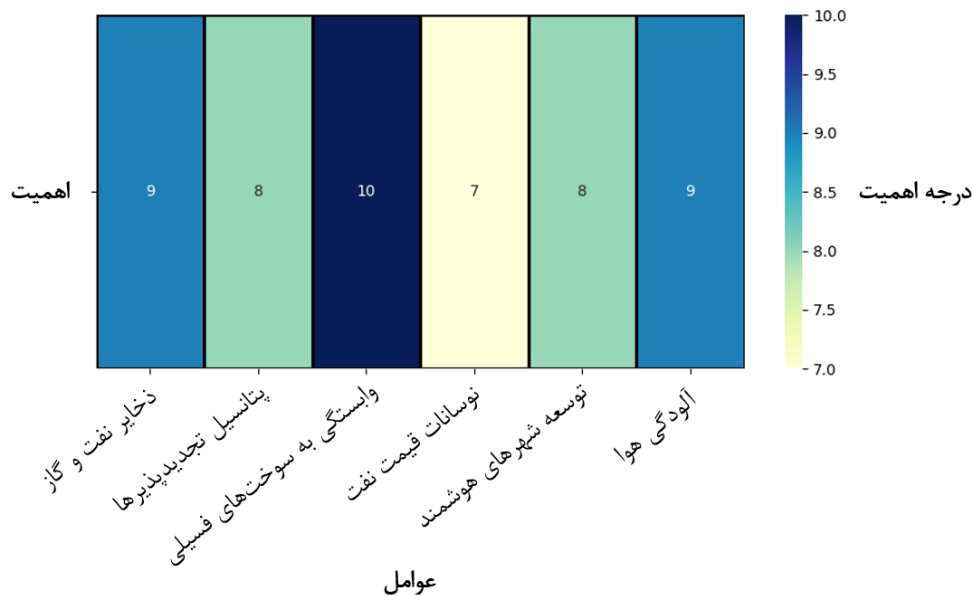
از طرف دیگر، با توجه به ظرفیت‌های انسانی و نیروی کار ماهر ایران، استفاده از فناوری‌های نوین برای مدیریت هوشمند مصرف انرژی در شهرها می‌تواند به بهبود وضعیت موجود کمک کند. به طور خاص، توسعه شهرهای هوشمند و استفاده از فناوری‌هایی نظیر اینترنت اشیا (IoT) و سیستم‌های کنترل هوشمند برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها و حمل‌ونقل می‌تواند چالش‌های موجود را به فرصتی برای رشد پایدار تبدیل کند. فناوری‌های نوین و هوشمند مانند هوش مصنوعی در بسیاری از کاربردهای عینی سیستم‌های انرژی حتی در سطح پایه یعنی نیروگاهی بررسی و به کار گرفته شده که می‌شود به بخش‌های دیگر هم تعمیم داده شود [۴۶ و ۴۷].

نتایج این تحقیق (مقالات و گزارش‌های ملی)، درجه‌بندی اهمیت عوامل مختلف در مدیریت انرژی ایران می‌تواند دید کمی بدهد؛ این موضوع در نقشه حرارتی شکل ۲ به‌وضوح مشخص است. در این نقشه، عوامل مختلف با رنگ‌های متفاوت نمایش داده شده‌اند که هر یک شدت اهمیت آن‌ها را بر اساس مقیاس ۱ تا ۱۰ نشان می‌دهند. فاکتورهایی مانند ذخایر نفت و گاز و وابستگی به سوخت‌های فسیلی بیشترین اهمیت را دارند، زیرا ایران به طور عمده به این منابع برای تأمین انرژی وابسته است. از سوی دیگر، پتانسیل بالای تجدیدپذیرها و توسعه شهرهای هوشمند از فرصت‌های قابل توجهی هستند که می‌توانند در کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و بهبود بهره‌وری انرژی شهری نقش مهمی ایفا کنند. این فاکتورها به‌وضوح در نقشه حرارتی با رنگ‌های گرم‌تر برجسته شده‌اند.

انتخاب این عوامل به دلیل اهمیت بالای آن‌ها در شکل‌دهی به سیاست‌های انرژی کشور بوده است. به‌ویژه، نوسانات قیمت نفت و آلودگی هوا از تهدیدهای اصلی به شمار می‌آیند که نه تنها پایداری انرژی شهری را به خطر می‌اندازند، بلکه بر سلامت عمومی نیز تأثیر منفی دارند. از این رو، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد ایران باید به طور جدی بر توسعه منابع تجدیدپذیر و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی تمرکز کند. همچنین، بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق استفاده از فناوری‌های نوین مانند شهرهای هوشمند و ارتقای کارایی سیستم‌های انرژی می‌تواند به پایداری بیشتر در شهرهای ایران کمک کند.

تحلیل حاضر با افزودن بعد کمی می‌تواند قابلیت پذیرش و درک بالاتری داشته باشد. به همین منظور، علاوه بر استفاده از منابع پژوهشی و گزارش‌های معتبر، نظرات و دیدگاه‌های متخصصان نیز در ارزیابی اهمیت عوامل کلیدی در مدیریت انرژی به

کار گرفته شد. این رویکرد ترکیبی به غنای تحلیل‌ها کمک کرده و دقت بیشتری به نتایج بخشیده است. نتایج این تحلیل‌ها در قالب جدول ۳ به صورت جامع و شفاف بیان شده است تا قابلیت مقایسه و ارزیابی دقیق‌تری از اهمیت عوامل کلیدی فراهم شود. جدول ۳ اهمیت عوامل کلیدی در مدیریت انرژی ایران را از دیدگاه خبرگان داخلی و خارجی نشان می‌دهد. نتایج از میان‌گیری امتیازدهی افراد شرکت‌کننده به دست آمده، به طوری که از کمترین امتیاز (۱) تا بیشترین امتیاز (۱۰) وجود دارد. ذخایر نفت و گاز و وابستگی به سوخت‌های فسیلی از نظر هر دو گروه کارشناسان اهمیت بالایی دارند، در حالی که پتانسیل تجدیدپذیرها و توسعه شهرهای هوشمند از دیدگاه خارجی‌ها اهمیت کمتری دارد. همچنین، نوسانات قیمت نفت و آلودگی هوا به طور مساوی برای ایران و دیگر کشورها چالش‌های قابل توجهی محسوب می‌شوند.



شکل ۲. نقشه حرارتی اهمیت عوامل کلیدی در مدیریت انرژی شهری ایران

جدول ۳. مقایسه کمی اهمیت عوامل کلیدی در مدیریت انرژی ایران از دیدگاه خبرگان داخلی و خارجی

عوامل کلیدی	نظر خبرگان داخلی	نظر خبرگان خارجی
ذخایر نفت و گاز	۱۰	۸
پتانسیل تجدیدپذیرها	۹	۸
وابستگی به سوخت‌های فسیلی	۱۰	۱۰
نوسانات قیمت نفت	۸	۹
توسعه شهرهای هوشمند	۷	۶
آلودگی هوا	۸	۷

۴-۲. مدیریت انرژی در استان تهران: تحلیل کمی و مقایسه جهانی

استان تهران با سرانه مصرف برق ۸/۱ کیلووات ساعت در روز و سرانه مصرف گاز طبیعی ۲/۱ مترمکعب در روز، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی در ایران است. با این حال، این استان از نظر سرانه مصرف انرژی در مقایسه با سایر استان‌های بزرگ مانند اصفهان و فارس در سطح متوسطی قرار دارد [۴۸ و ۴۹]. ۳۳ درصد از کل مصرف برق استان تهران مربوط به بخش خانگی است، که فشار بالای مصرف در این بخش را نشان می‌دهد. با توجه به رشد سریع شهرنشینی و افزایش تقاضا در بخش خانگی، نیاز به توسعه زیرساخت‌های پایدار و بهینه‌سازی مصرف انرژی در این استان بسیار محسوس است. در مقایسه جهانی، کشورهای پیشرفته‌ای مانند آلمان با سهم بیش از ۴۰ درصد انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق و سرانه مصرف برق پایین‌تر (۷/۵ کیلووات ساعت در روز) از ایران، الگویی برای بهبود بهره‌وری انرژی هستند [۵۰]. در چین و آمریکا نیز مصرف انرژی بالا است، اما هر دو کشور در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهینه‌سازی مصرف تلاش‌های جدی کرده‌اند.

با وجود اینکه استان تهران نسبت به سایر استان‌های ایران وضعیت بهتری دارد، هنوز در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر فاصله زیادی با کشورهای پیشرفته مانند آلمان و آمریکا دارد. به‌ویژه، ایران باید برای بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر تلاش بیشتری کند. تحلیل‌های جهانی نشان می‌دهند بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر و بهینه‌سازی مصرف می‌تواند کمک شایانی به کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کند. بنابراین، ایران باید برای توسعه زیرساخت‌ها، به‌ویژه در شهرهای بزرگ مانند تهران و بهبود بهره‌وری انرژی به‌ویژه در بخش خانگی و تجاری گام‌های جدی‌تری بردارد.

۳-۴. چالش‌ها و فرصت‌های آینده

تهدیدها، تحریم‌های اقتصادی است که باعث کاهش دسترسی به فناوری‌های پیشرفته و محدودیت در تأمین سرمایه برای پروژه‌های انرژی می‌شود. این وضعیت به‌ویژه در زمینه توسعه فناوری‌های نوین انرژی‌های تجدیدپذیر و ساخت شهرهای هوشمند نمایان می‌شود. همچنین، نوسانات قیمت جهانی نفت و بحران‌های ژئوپلیتیکی که بر درآمدهای نفتی تأثیر می‌گذارند، می‌توانند به عنوان تهدیدی برای پایداری اقتصادی و تأمین مالی پروژه‌های انرژی عمل کنند. از سوی دیگر، تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آبی به طور مستقیم بر تقاضای انرژی تأثیر می‌گذارند. با افزایش دمای جهانی و تغییر الگوهای بارندگی، فشار بیشتری به منابع آب و تولید برق وارد خواهد آمد، به‌ویژه در زمینه نیروگاه‌های برق آبی که به آب نیاز دارند. در این راستا، کاهش وابستگی به منابع آب از طریق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی و بادی، می‌تواند فرصتی برای ایران باشد.

با توجه به روند رو به رشد شهرنشینی و افزایش تقاضای انرژی، فرصت‌های زیادی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش فشار بر منابع فسیلی وجود دارد. استفاده از فناوری‌های بدون مصرف انرژی مانند سیستم‌های بازیابی حرارت و فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی می‌تواند به بهبود کارایی انرژی کمک کند. به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی ایران که شرایط مناسبی برای نصب پنل‌های خورشیدی فراهم است، این منابع می‌توانند به طور مؤثری نیازهای انرژی شهرها را تأمین کنند. همچنین، درخور یادآوری است که مشارکت ذی‌نفعان و بازیگران محلی در ایران برای مدیریت راهبردی انرژی محدود است. بخش دولتی به‌ویژه وزارت نیرو و شهرداری‌ها عمدتاً موافق توسعه زیرساخت‌ها و استفاده از منابع تجدیدپذیر هستند، اما محدودیت‌های مالی و کمبود منابع انسانی، مانع از مشارکت فعال‌تر می‌شود. بخش خصوصی، به‌ویژه در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های نوین، علاقه‌مند به همکاری است، اما به دلیل نوسانات اقتصادی و تحریم‌ها، تمایل کمتری به سرمایه‌گذاری دارد. در تحقیقات آینده، بررسی دقیق‌تر نظرات این گروه‌ها از طریق مصاحبه‌ها و مطالعات میدانی ضروری است تا به شناسایی موانع و فرصت‌های واقعی پرداخته شود.

در نهایت در تحقیقات آینده، مواردی مانند تحلیل دقیق‌تر مسائل فنی و زیرساختی مانند بررسی شبکه توزیع، تلفات انرژی و چالش‌های فنی مرتبط با اتصال انرژی‌های تجدیدپذیر به شبکه می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. همچنین، تحلیل فنی - اقتصادی پروژه‌های نمونه انرژی تجدیدپذیر در شهرهای منتخب می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت انرژی کمک کند.

۴-۴. پیشنهاد‌های سیاستی

بر اساس تحلیل SWOT و چالش‌های موجود در مدیریت انرژی ایران، پیشنهاد‌های سیاستی زیر می‌تواند به بهبود وضعیت انرژی شهری در این کشور کمک کند:

۱. **تنوع‌بخشی منابع انرژی و افزایش سهم تجدیدپذیرها:** برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، ضروری است که ایران به طور جدی بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشیدی، بادی و هیدروژن سبز تمرکز کند. این امر نه تنها به بهبود پایداری انرژی کمک می‌کند، بلکه به عنوان یک فرصت برای ایجاد شغل و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای عمل خواهد کرد.

راهکار اجرایی: توسعه پروژه‌های خورشیدی و بادی با حمایت‌های مالی داخلی و جذب سرمایه‌گذاری خارجی از طریق معافیت‌های مالیاتی.

امکان‌سنجی: تحریم‌ها و محدودیت‌های مالی ممکن است مانع جذب سرمایه‌گذاری خارجی شود، اما ظرفیت‌های بومی و حمایت‌های داخلی می‌تواند این چالش‌ها را کاهش دهد.

۲. اصلاح یارانه‌های انرژی و بهینه‌سازی مصرف: اصلاح یارانه‌ها و مدیریت مصرف انرژی باید از اولویت‌های سیاست‌گذاری باشد. یارانه‌های گسترده انرژی که باعث مصرف غیرمؤثر می‌شوند، باید به طور تدریجی حذف شوند و منابع آن به پروژه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر اختصاص یابد.

راهکار اجرایی: حذف تدریجی یارانه‌ها و تخصیص منابع به پروژه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، همراه با مشوق‌های مالی برای استفاده از تجهیزات کم‌مصرف.

امکان‌سنجی: مقاومت عمومی و فشار سیاسی می‌تواند چالش برانگیز باشد، اما با برنامه‌ریزی تدریجی و تخصیص منابع بهینه، می‌توان این فرایند را مدیریت کرد.

۳. حمایت از فناوری‌های نوین و انتقال فناوری‌های جهانی: به دلیل تحریم‌ها، ایران باید تلاش کند تا از طریق همکاری‌های بین‌المللی و عضویت در سازمان‌های جهانی مانند IRENA، دسترسی به فناوری‌های پیشرفته و سرمایه‌گذاری خارجی را تسهیل کند. این همکاری‌ها می‌توانند به طور مؤثری در توسعه پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه هیدروژن سبز، و کاهش وابستگی به فناوری‌های خارجی کمک کنند.

راهکار اجرایی: تسهیل همکاری‌های بین‌المللی برای دسترسی به فناوری‌های پیشرفته و استفاده از وام‌ها و اعتبارات بین‌المللی برای پروژه‌های تجدیدپذیر.

امکان‌سنجی: تحریم‌ها ممکن است دسترسی به فناوری‌های پیشرفته را دشوار کند، اما همکاری‌های بین‌المللی و مدل‌های فاینانس جدید می‌تواند این مشکل را حل کند.

۴. توسعه شهرهای هوشمند و بهینه‌سازی زیرساخت‌های شهری: توسعه شهرهای هوشمند با استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند و اینترنت اشیا می‌تواند مصرف انرژی را در بخش‌های مختلف از جمله ساختمان‌ها، حمل‌ونقل و صنعت کاهش دهد. این امر به‌ویژه در شهرهای بزرگ مانند تهران که با مشکلات آلودگی هوا و قطعی برق روبه‌رو هستند، به بهبود کیفیت زندگی و کاهش فشار بر شبکه انرژی کمک خواهد کرد.

راهکار اجرایی: پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند برای مدیریت انرژی در بخش‌های مختلف با استفاده از اینترنت اشیا و داده‌های بزرگ.

امکان‌سنجی: محدودیت‌های مالی و نیاز به زیرساخت‌های فناوری پیشرفته می‌تواند چالش برانگیز باشد، اما مدل‌های شراکت عمومی - خصوصی می‌تواند این مشکل را کاهش دهد.

۵. توسعه سیاست‌های ملی و برنامه‌ریزی محلی: با توجه به تفاوت‌های جغرافیایی و زیرساختی بین شهرهای ایران، سیاست‌های انرژی باید به طور محلی تنظیم شوند. این سیاست‌ها باید نیازهای خاص هر شهر را شناسایی کنند و راه‌حلی متناسب با آن‌ها ارائه دهند تا بهره‌وری انرژی به حداکثر برسد و چالش‌های منطقه‌ای به طور مؤثر حل شوند.

راهکار اجرایی: تنظیم سیاست‌های انرژی با توجه به نیازهای خاص هر استان و مشارکت ذی‌نفعان محلی در فرایند سیاست‌گذاری.

امکان‌سنجی: چالش‌هایی مانند محدودیت داده‌ها و عدم هماهنگی میان نهادها وجود دارد، اما استفاده از داده‌های دقیق‌تر و همکاری‌های محلی می‌تواند این مشکلات را حل کند.

این پیشنهادها سیاستی می‌توانند گام‌های مؤثری برای بهبود مدیریت انرژی شهری ایران و حرکت به سمت یک نظام انرژی پایدارتر و کارآمدتر بردارند.

۵. نتیجه‌گیری

در این مطالعه، مدیریت راهبردی انرژی در شهرهای ایران با استفاده از رویکرد ساختاریافته مبتنی بر تحلیل SWOT مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهند ایران با وجود قوت‌های قابل توجهی مانند ذخایر وسیع نفت و گاز و پتانسیل بالای انرژی‌های تجدیدپذیر، با ضعف‌های بزرگی نظیر وابستگی شدید به سوخت‌های فسیلی و مصرف ناکارآمد انرژی روبه‌رو است. تحلیل همچنین بر اهمیت بهره‌برداری از فرصت‌هایی مانند توسعه شهرهای هوشمند و انرژی‌های تجدیدپذیر برای مقابله با این چالش‌ها تأکید دارد. علاوه بر این، تهدیدهای خارجی مانند تحریم‌های بین‌المللی، تغییرات اقلیمی و نوسانات قیمت نفت تهدیدهای جدی برای پایداری و ثبات بخش انرژی شهری ایجاد می‌کنند.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، پیشنهادهای سیاستی برای مقابله با چالش‌ها و استفاده از فرصت‌های موجود ارائه شده است. این پیشنهادها شامل تنوع‌بخشی به منابع انرژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق کاهش یارانه‌ها و همکاری‌های بین‌المللی برای پیشرفت‌های فناورانه است. اجرای این استراتژی‌ها می‌تواند به بهبود کارایی انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ارتقای یک سیستم انرژی پایدار در شهرهای ایران کمک کند. در نهایت، نتایج این مطالعه چارچوبی جامع برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری ارائه می‌دهد تا استراتژی‌های مدیریت انرژی مقاوم‌تر، کارآمدتر و پایدارتر را توسعه دهند.

منابع

- Osman FO, Ibrahim Y, Mahmoud EH, Mahdy MM. Investigating the socio-environmental aspects of decarbonization and energy efficiency in Egypt. *Discover Environment*. 2025 Dec;3(1):1-8.
- Shirazi MA, Zahedi R, Yousefi H, Aslani A. Environmental and damage assessment of electric vehicles compared to internal combustion engine vehicles under various ambient temperature scenarios using the LCA approach. *Energy Nexus*. 2025 Nov 19:100606.
- Tang J, Huang K. Eco-cities of tomorrow: how green finance fuels urban energy efficiency—insights from prefecture-level cities in China. *Energy Informatics*. 2024 Dec 30;7(1):148.
- Kipkoech R, Takase M, Ahogle AM, Ocholla G. Opportunities and challenges in Ghana's renewable energy sector. *Discover Applied Sciences*. 2024 Oct 7;6(10):530.
- Babayomi OO, Dahoro DA, Zhang Z. Affordable clean energy transition in developing countries: Pathways and technologies. *Iscience*. 2022 May 20;25(5).
- Chiteka K, Enweremadu C. Harnessing Africa's renewable potential with an integrated framework for energy justice and climate resilience. *Discover Sustainability*. 2025 Nov 7;6(1):1220.
- Ghayedhosseini A, Yousefi H, Fathi A, Emad H. The Influence of Cell Temperature and Installation Angle on Photovoltaic Energy Generation in Iran. *Environmental Energy and Economic Research*. 2023 Nov 1;7(4):1-4.
- Zarepour Z. Short-and long-run macroeconomic impacts of the 2010 Iranian energy subsidy reform. *SN Business & Economics*. 2022 Sep 7;2(10):151.
- Aghajani H, Sarkari F, Borhani M. Coupling coordination analysis between urbanization and ecology in Iran. *Frontiers of Urban and Rural Planning*. 2024 Feb 12;2(1):5.
- Afsahhosseini F. The impact of Iran's urban heritage on sustainability, climate change and carbon zero. *Environment, Development & Sustainability*. 2025 Jun 1;27(6).
- Allahrabbi Shirazi MA, Goldoust A, Khatami M, Abedi E, Janfeshan MH. Modeling and simulation of a solar tracker with bifacial panel: a case study of Tehran city. *Journal of Sustainable Energy Systems*. 2024 Sep 10;3(3):271-87.
- Marinakakis V, Doukas H, Tsapelas J, Mouzakitis S, Sicilia Á, Madrazo L, Sgouridis S. From big data to smart energy services: An application for intelligent energy management. *Future Generation Computer Systems*. 2020 Sep 1;110:572-86.
- Mishra P, Singh G. Energy management systems in sustainable smart cities based on the internet of energy: A technical review. *Energies*. 2023 Sep 30;16(19):6903.
- Esapour K, Moazzen F, Karimi M, Dabbaghjamesh M, Kavousi-Fard A. A novel energy management framework incorporating multi-carrier energy hub for smart city. *IET Generation, Transmission & Distribution*. 2023 Feb;17(3):655-66.
- Sedaghat A, Sharif M. Mitigation of the impacts of heat islands on energy consumption in buildings: A case study of the city of Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*. 2022 Jan 1;76:103435.
- Razmjoo A, Gandomi AH, Pazhoohesh M, Mirjalili S, Rezaei M. The key role of clean energy and technology in smart cities development. *Energy Strategy Reviews*. 2022 Nov 1;44:100943.
- Surya B, Muhibuddin A, Suriani S, Rasyidi ES, Baharuddin B, Fitriyah AT, Abubakar H. Economic evaluation, use of renewable energy, and sustainable urban development mamminasata metropolitan, Indonesia. *Sustainability*. 2021 Jan 22;13(3):1165.
- Abu-Rayash A, Dincer I. Development and analysis of an integrated solar energy system for smart cities. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2021 Aug 1;46:101170.
- Humayun M, Alsaqer MS, Jhanjhi N. Energy optimization for smart cities using iot. *Applied artificial intelligence*. 2022 Dec 31;36(1):2037255.
- VE S, Shin C, Cho Y. Efficient energy consumption prediction model for a data analytic-enabled industry building in a smart city. *Building Research & Information*. 2021 Jan 2;49(1):127-43.
- Ilbeigi M, Ghomeishi M, Dehghanbanadaki A. Prediction and optimization of energy consumption in an office building using artificial neural network and a genetic algorithm. *Sustainable Cities and Society*. 2020 Oct 1;61:102325.
- Tang Z, Xie H, Du C, Liu Y, Khalaf OI, Allimuthu UK. Machine learning assisted energy optimization in smart grid for smart city applications. *Journal of Interconnection Networks*. 2022 May;22(Supp03):2144006.
- Stecula K, Wolniak R, Grebski WW. AI-Driven urban energy solutions—from individuals to society: a review. *Energies*. 2023 Dec 9;16(24):7988.
- Olatomiwa L, Mekhilef S, Ismail MS, Moghavvemi M. Energy management strategies in hybrid renewable energy systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016 Sep 1;62:821-35.
- Xu W, Liu S. Novel economic models for advancing urban energy management and transition: Simulation of urban energy system in digital twin. *Sustainable Cities and Society*. 2024 Feb 1;101:105154.

- Zahedi R, Zahedi A, Ahmadi A. Strategic study for renewable energy policy, optimizations and sustainability in Iran. *Sustainability*. 2022 Feb 20;14(4):2418.
- Mohammaddini S, Yousefi H, Abdoos M, Shirazi MA, Hajinezhad A. Techno-economic simulation of solar flat plate collector systems for building hot water demand supply. *Energy*. 2025 Oct 16:138933.
- Solaymani S. A review on energy and renewable energy policies in Iran. *Sustainability*. 2021 Jun 30;13(13):7328.
- Mollahosseini A, Hosseini SA, Jabbari M, Figoli A, Rahimpour A. Renewable energy management and market in Iran: A holistic review on current state and future demands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017 Dec 1;80:774-88.
- Zandi ME, Saghafi F, Aslani A, Khayatian MS. Iranian development programs analysis in energy from the perspective of sustainable development and innovation strategy. *Journal of Strategic Management Studies*. 2024 Jun 21;15(58):23-42.
- Moaven M, Allahrabbi Shirazi M, Ghodusinejad MH. Systematic analysis of the impact of life cycle assessment of materials on urban heat island mitigation: A path toward sustainable urban policy using the PRISMA method. *Urban Development Policy Making*. 2025 Apr 4;2(1):95-110.
- Moshiri S, Lechtenböhmer S, Atabi F, Knoop K, Massarrat M, Panjehshahi MH, Prantner M, Seifried D, Supersberger N. Sustainable energy strategy for Iran. *Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy*; 2015.
- Mohammadipour A. Energy strategic planning in Iran within the framework of sustainable development by using SWOT technique. *International Journal of Economics & Management Sciences*. 2018;7:537.
- Payam F, Taheri A. The role Of energy policy on sustainable development in Iran. *Journal of Energy Management and Technology*. 2017 Oct 1;1(2):1-5.
- Houri Jafari H, Vakili A, Eshraghi H, Hamidinezhad A, Naseri I. Energy planning and policy making; The case study of Iran. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. 2016 Aug 2;11(8):682-9.
- Vonk G, Geertman S, Schot P. A SWOT analysis of planning support systems. *Environment and Planning A*. 2007 Jul;39(7):1699-714.
- Ouoba Nebie BA, Lawane A, Hema C, Siroux M. Energy Efficiency in the Building Sector in Burkina Faso: Literature Review, SWOT Analysis, and Recommendations. *Energies*. 2025 May 22;18(11):2689.
- Machado JT. Shining a light on Solar Chemicals and Fuels: Findings from a SWOT-led (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) literature review and workshop. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2025 Jul 1;216:115607.
- Allah Rabbi Shirazi, M. A. Idea generation and examination of environmental challenges of floating solar photovoltaic power plants on wetlands and its economic advantage for local communities. *Journal of sustainable Energy Systems*, 2024; 3(1): 39-51.
- Heidari A, Aslan A, Hajinezhad A, Tayyar SH. SWOT analysis of Iran's energy system. In *International Solutions to Sustainable Energy, Policies and Applications 2020* Nov 26 (pp. 283-302). River Publishers.
- Bhattacharyya SC. *International Journal of Energy Sector Management*.
- Ordoo S, Arjmandi R, Karbassi AR, Mohammadi A, Ghodosi J. A SWOT-AHP analysis of renewable energy development strategies in Iran. *Journal of Energy Management and Technology*. 2023 Jun 1;7(2):80-5.
- Allahrabbi Shirazi M, Yousefi H, Fathi A, Baneshi M. Urban Water Sustainability through Energy-Free Fog Water Harvesting: A Review of Fog-Collecting Systems. *Urban Development Policy Making*. 2025 Dec 11:e235946.
- Jahangir MH, Mokhtari R, Salmanpour F, Yousefi H. Urban energy planning towards achieving an economically and environmentally optimized energy flow by 2050 based on different scenarios (a case study). *Environment, Development and Sustainability*. 2024 Apr 5:1-30.
- Yousefi H, Roumi S, Tabasi S, Hamlehdar M. Economic and air pollution effects of city council legislations on renewable energy utilisation in Tehran. *International Journal of Ambient Energy*. 2018 Aug 18;39(6):626-31.
- Naziri A, Tahavvor AR, Shirazi MA, Zahedi R. Feasibility study on heat recovery from gas turbine exhaust for absorption chiller operation and efficiency enhancement using neural networks. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2025 Oct 24:104210.
- Jiang M, Yu X. Enhancing the resilience of urban energy systems: The role of artificial intelligence. *Energy Economics*. 2025 Apr 1;144:108313.
- Sedaghat A, Sharif M. Mitigation of the impacts of heat islands on energy consumption in buildings: A case study of the city of Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*. 2022 Jan 1;76:103435.
- DeCarolis J, LaRose A. Annual energy outlook 2023. US Energy Information Administration. 2023 Mar 16.
- Nikzad M, Khalilzadeh R, Rabiei A. Well-to-wheel energy consumption and co2 emission comparison of electric and fossil fuel buses: Tehran case study.