

The Role and Benefits of Nuclear Energy in Enhancing Iran's Energy Security

Mohammad Sadeq Jokar*

Abstract

The present research examines the role and benefits of nuclear energy in enhancing Iran's energy security. The central question is how nuclear energy can reduce Iran's dependence on fossil fuels and bolster energy security. This question holds particular significance given that Iran is among the largest greenhouse gas emitters in the Middle East. The main hypothesis is that with the expansion of nuclear energy, Iran can meet domestic energy demands while mitigating risks associated with global energy market fluctuations and climate change, potentially creating foreign policy leverage through deterrence against external threats. The methodology includes analyzing documentation, credible scientific articles, and international reports on the topic. Findings suggest that nuclear energy, as a stable and low-carbon resource, helps diversify Iran's energy portfolio and reduce greenhouse gas emissions. Given Iran's high dependence on fossil fuels, nuclear energy could improve energy security and expand the country's power generation capacity. Additionally, considering Iran's location amid Western-aligned and nuclear-armed countries, this energy source could serve as a deterrent against foreign threats.

Keywords: Energy Security Nuclear Energy Iran Sustainable Development Fossil Fuels.

* Assistant Professor, Energy Economics Department, Institute for International Energy Studies (IIES), Tehran, Iran, ms.jokar@iies.net

Date received: 25/09/2024, Date of acceptance: 16/11/2024



Introduction

Iran's energy security is crucial for both its economic stability and political autonomy. With a growing demand for electricity, an increasing reliance on fossil fuels, and a challenging geopolitical environment, Iran faces significant hurdles in securing a reliable energy future. This study focuses on exploring how nuclear energy can play a vital role in reducing Iran's dependence on fossil fuels, enhancing energy security, and potentially mitigating international environmental concerns related to greenhouse gas emissions.

The central question of this research is: *How can nuclear energy contribute to reducing Iran's reliance on fossil fuels and enhancing its energy security?* This question gains particular relevance given Iran's status as one of the largest greenhouse gas emitters in the Middle East. The primary hypothesis is that the development of nuclear energy could allow Iran to meet its domestic energy needs while mitigating risks associated with global energy market fluctuations and climate change. Furthermore, the expansion of nuclear energy could strengthen Iran's foreign policy stance, providing a deterrent effect against external threats by establishing greater energy independence and reducing reliance on international energy markets.

Despite the potential benefits, Iran's nuclear energy program faces considerable challenges. International sanctions, particularly those aimed at preventing nuclear proliferation, limit Iran's access to the technology and resources needed to expand its nuclear energy sector. Sanctions also create logistical and financial constraints, which can slow the pace of development and make it difficult to maintain existing nuclear infrastructure. Additionally, global skepticism about Iran's intentions with its nuclear program, given its complex political landscape, means that any expansion of nuclear energy will likely continue to be met with caution by the international community.

Environmental concerns related to nuclear waste management also pose a challenge, as Iran must ensure that its nuclear facilities adhere to international safety standards. Proper waste management and safety measures are critical to preventing environmental risks, which could have severe consequences for Iran's population and ecosystem if not carefully managed. Building public trust around nuclear energy requires transparent communication about safety protocols and international collaboration, both of which are challenging in Iran's current geopolitical context.

Materials & Methods

This study uses a qualitative research method based on document analysis. It reviews scientific articles, policy reports, and international documents on nuclear energy and energy security. The research method is focused on a thorough analysis of credible sources to gain insights into the multifaceted role of nuclear energy in enhancing Iran's energy security.

Discussion & Result

1. Diversification of Iran's Energy Portfolio

Iran's energy sector is heavily reliant on fossil fuels, which not only contribute to environmental degradation but also leave the country vulnerable to market fluctuations and sanctions. A nuclear energy program offers a pathway for diversifying Iran's energy mix, providing a low-carbon alternative to fossil fuels. Nuclear energy has the advantage of being a stable and reliable source of power, as opposed to renewable energy sources that may be affected by climatic conditions. As such, nuclear power could enable Iran to build a more resilient energy infrastructure less exposed to global fossil fuel market volatility.

2. Reduction in Greenhouse Gas Emissions

Given its high level of greenhouse gas emissions, Iran faces international pressure to adopt cleaner energy sources. Nuclear energy, being a low-carbon source of power, can significantly reduce emissions if it replaces a portion of the fossil fuels currently used for electricity generation. This transition would support Iran in meeting environmental commitments, aligning with global climate targets, and improving its image on the international stage. Additionally, a decrease in carbon emissions could help Iran reduce the impact of climate change, which poses a threat to its agriculture, water resources, and economy.

3. Energy Security and Economic Stability

Energy security is a strategic goal for Iran, particularly because the country's economic stability is closely tied to its energy resources. Nuclear energy provides a steady and domestically-controlled supply of electricity, reducing the need to import energy resources or rely on unstable international markets. Developing nuclear infrastructure could also stimulate technological advancement, generate employment, and attract investments, thereby supporting Iran's economy. A robust nuclear energy sector could

serve as a long-term safeguard against external pressures, especially sanctions targeting its oil and gas industries.

4. Enhancing Power Generation Capacity

The rising demand for electricity in Iran, coupled with a high dependency on natural gas, poses challenges for sustained energy supply. Nuclear energy could significantly bolster Iran's power generation capacity, meeting the growing demand for electricity while alleviating pressure on fossil fuel resources. Increased nuclear capacity can contribute to grid stability and reduce electricity shortages, which are increasingly common due to rising consumption and the impact of climate change on water availability (affecting hydropower). This shift not only supports energy security but also aligns with Iran's broader goal of energy sustainability.

5. Foreign Policy and National Security

Iran's pursuit of nuclear energy has implications beyond energy policy, potentially serving as a tool in its foreign policy. In the context of regional tensions and threats from foreign powers, nuclear energy can contribute to Iran's deterrence capability by ensuring it has a self-sustaining energy supply less vulnerable to external manipulation. While nuclear energy for peaceful purposes is distinguished from military applications, the establishment of a domestic nuclear industry enhances Iran's strategic autonomy and may serve as a soft deterrent in regional geopolitics. By developing this capacity, Iran can better navigate international dynamics while strengthening its security posture in a region where many countries either possess or are backed by nuclear capabilities.

Conclusion

Nuclear energy holds considerable promise for enhancing Iran's energy security by diversifying its energy portfolio, reducing greenhouse gas emissions, and strengthening its position in foreign policy. A stable, low-carbon energy source like nuclear power can support Iran's transition away from fossil fuels, helping it meet both its energy needs and environmental responsibilities. The integration of nuclear energy into Iran's energy strategy also has the potential to provide a shield against international pressures, particularly in the face of economic sanctions and regional threats.

However, the path forward for Iran's nuclear energy program is complex, involving not only technical and economic considerations but also the need to navigate political challenges. To realize the full benefits of nuclear energy, Iran will need to address concerns related to international security, nuclear non-proliferation, and environmental

protection. A carefully managed nuclear program that prioritizes transparency and cooperation could position Iran as a leader in sustainable energy in the region, helping to secure its energy future in an increasingly volatile world.

By leveraging nuclear energy as part of a diversified and sustainable energy portfolio, Iran can achieve greater energy independence, mitigate the effects of climate change, and strengthen its economic resilience. Moreover, a stable nuclear energy supply could reinforce Iran's sovereignty, providing a strategic buffer against external pressures.

Bibliography

- Addo, E. K., Kabo-bah, A. T., Diawuo, F. A., & Debrah, S. K. (2023). The role of nuclear energy in reducing greenhouse gas (GHG) emissions and energy security: A systematic review. *International Journal of Energy Research*, 2023(1), 8823507.
- Aghahosseini, A., Bogdanov, D., & Ghorbani, N. (2018). Analysis of 100% renewable energy for Iran in 2030: Integrating solar PV, wind energy, and storage. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15, 17–36. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1373-4>
- Assmann, D., Laumanns, U., & Uh, D. (Eds.). (2006). *Renewable energy: A global review of technologies, policies, and markets*.
- Bagher, A. M., Nahid, A., Mohsen, M., & Vahid, M. (2014). Nuclear techniques in agriculture and genetics. *American Journal of Bioscience*, 2(3), 102-105.
- Bruggink, J. J. C., & van Zwaan, B. D. (2002). The role of nuclear energy in establishing sustainable energy paths. *International Journal of Global Energy Issues*, 18(2-4), 151-180.
- Bushehr Nuclear Power Plants (BNPPs) and the perspective of sustainable energy development in Iran. (2022).
- Habert, G., Castillo, E., Vincens, E., & Morel, J. C. (2012). Power: A new paradigm for energy use in sustainable construction. *Ecological Indicators*, 23, 109–115.
- International Atomic Energy Agency. (2017). *Industrial applications of nuclear energy* (IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-4.3). IAEA.
- International Renewable Energy Agency. (2019). *Global energy transformation: A roadmap to 2050*.
- Joyner, D. (2016). Iran's nuclear program and international law: From the NPT to the JCPOA. *Georgetown Journal of International Law*, 47(3), 901-924.
- Kalehsar, O. S. (2019). Iran's transition to renewable energy: Challenges and opportunities. *Middle East Policy*, 26(2), 62–71. <https://doi.org/10.1111/mepo.12421>
- Le Prestre, P. (2017). *Global ecopolitics revisited: Towards a complex governance of global environmental problems*. Routledge.
- Mearsheimer, J. J. (2001). *The tragedy of great power politics*. W. W. Norton & Company.

- MIT Energy Initiative. (2018). *The future of nuclear energy in a carbon-constrained world*. <https://energy.mit.edu>
- Moe, E. (2018). *Renewable energy transformation or fossil fuel backlash: Vested interests in the political economy*. Palgrave Macmillan.
- OECD. (2020). *Nuclear energy and the environment: A comprehensive report*. OECD Publishing.
- Pirasteh, G., Ashrafizadeh, A., & Salehi Dezfali, M. M. (2013). Energy policies and their impact on renewable energy development. *National Conference on Renewable, Clean, and Efficient Energy*. SID. <https://sid.ir/paper/868923/fa>. {in persian}
- Renewable Energy and Energy Efficiency Organization (SATBA). (2020). *Annual report on renewable energy and employment - 2018*. SATBA, Tehran, Iran. {in persian}
- Rezaei, R., & Ghofranfarid, M. (2018). Rural households' renewable energy usage intention in Iran: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *Renewable Energy*, 122, 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.084>
- Sagan, S. D. (1996). Why do states build nuclear weapons? Three models in search of a bomb. *International Security*, 21(3), 54–86.
- Samore, G. (2015). *The Iran nuclear deal: A definitive guide*. Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School.
- Schneider, M., & Froggatt, A. (2021). The world nuclear industry status report 2019. In *World scientific encyclopedia of climate change: Case studies of climate risk, action, and opportunity* (Vol. 2, pp. 203-209).
- Shokri Kalehsar, O. (2020). Iran's transition to renewable energy: Challenges and opportunities.
- Solaymani, S. (2021). A review on energy and renewable energy policies in Iran. *Sustainability*, 13(13), 7328. <https://doi.org/10.3390/su13137328>
- Sovacool, B. K. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 11, 1-8.
- Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2016). *Global energy justice: Problems, principles, and practices*. Cambridge University Press.
- World Nuclear Association. (2022). *Nuclear power in Japan*. Retrieved from <https://www.world-nuclear.org>
- Yergin, D. (2006). Ensuring energy security. *Foreign Affairs*, 85(2), 69–82. <https://doi.org/10.2307/20031912>
- Zhu, S., Zhang, K., & Deng, K. (2019). A review of waste heat recovery from the marine engine with highly efficient bottoming power cycles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109611. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109611>

نقش و منافع انرژی هسته‌ای در تأمین امنیت انرژی ایران

محمد صادق جوکار*

چکیده

تحقیق حاضر به بررسی نقش و منافع انرژی هسته‌ای در تأمین امنیت انرژی ایران می‌پردازد. سؤال اصلی این تحقیق این است که چگونه انرژی هسته‌ای می‌تواند به کاهش وابستگی ایران به سوخت‌های فسیلی و افزایش امنیت انرژی کمک کند؟ با توجه به اینکه ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای در خاورمیانه است، این سؤال اهمیت خاصی دارد. فرضیه‌ی اصلی این است که با توسعه انرژی هسته‌ای، ایران می‌تواند ضمن تأمین نیازهای داخلی، ریسک‌های مربوط به نوسانات بازار جهانی انرژی و تغییرات اقلیمی را کاهش دهد و در سیاست خارجی نیز بازدارندگی در مقابل تهدیدات خارجی ایجاد کند. روش تحقیق شامل تجزیه و تحلیل مستندات، مقالات علمی معتبر و گزارش‌های بین‌المللی در این زمینه است. نتایج نشان می‌دهد که انرژی هسته‌ای به عنوان منبعی پایدار و کم‌کربن، به تنوع‌بخشی به سبد انرژی کشور و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کند. با توجه به وابستگی بالای ایران به سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی هسته‌ای می‌تواند به بهبود امنیت انرژی و افزایش ظرفیت‌های تولید برق کشور منجر شود. علاوه بر این با ملاحظه تهدیدات فراوان خارجی در بعد امنیتی و قرار گرفتن در میان کشورهای حامی غرب و نیز هسته‌ای، این امر می‌تواند به بازدارندگی در مقابل تهدیدات بیگانه منجر شود.

کلیدواژه‌ها: امنیت انرژی، انرژی هسته‌ای، ایران، توسعه پایدار، سوخت‌های فسیلی.

* استادیار پژوهشکده اقتصاد انرژی، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی (وابسته به وزارت نفت)، تهران، ایران،

ms.jokar@iies.net

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶



۱. مقدمه

انرژی هسته‌ای به‌عنوان یکی از منابع مهم و استراتژیک تأمین انرژی در سطح جهانی، در دهه‌های اخیر توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. با توجه به افزایش نگرانی‌ها درباره تغییرات اقلیمی، نوسانات قیمت سوخت‌های فسیلی و نیاز به تأمین پایدار انرژی، بسیاری از کشورها به دنبال گسترش برنامه‌های هسته‌ای خود هستند. در این میان، ایران به‌عنوان کشوری با منابع غنی انرژی، در حال حاضر یکی از کشورهای است که به توسعه و استفاده از فناوری هسته‌ای اهمیت ویژه‌ای می‌دهد. تحلیل نقش انرژی هسته‌ای در امنیت انرژی ایران به دو جنبه کلیدی منافع و خطرات آن می‌پردازد. از یک سو، انرژی هسته‌ای می‌تواند به تأمین پایدار انرژی، کاهش وابستگی به منابع فسیلی و تقویت استقلال انرژی کمک کند. از سوی دیگر، این فناوری با چالش‌ها و نگرانی‌های جدی نیز همراه است که شامل خطرات ناشی از حوادث هسته‌ای، تولید زباله‌های هسته‌ای و مسائل امنیتی مربوط به گسترش سلاح‌های هسته‌ای می‌شود. به‌ویژه در شرایط کنونی که ایران تحت فشارهای بین‌المللی و تحریم‌های اقتصادی قرار دارد، ارزیابی دقیق منافع و خطرات انرژی هسته‌ای برای تأمین امنیت انرژی، ضروری به نظر می‌رسد. این ارزیابی نه تنها می‌تواند به شکل‌گیری سیاست‌های انرژی مؤثر کمک کند، بلکه به بحث‌های اجتماعی و سیاسی درباره آینده انرژی هسته‌ای در ایران نیز کمک خواهد کرد. در این مقاله، با بررسی جوانب مختلف انرژی هسته‌ای در زمینه امنیت انرژی، سعی می‌شود تا یک تصویر جامع از چالش‌ها و فرصت‌های این نوع انرژی در ایران ارائه شود. این بررسی شامل ارزیابی تأثیرات اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی انرژی هسته‌ای بر امنیت انرژی کشور خواهد بود. این مقاله تلاش می‌کند تا با تکیه بر داده‌های معتبر و نظرات کارشناسان، به درک بهتری از نقش انرژی هسته‌ای در امنیت انرژی ایران دست یابد و بتواند مبنایی برای بحث‌های آتی فراهم آورد.

۲. پیشینه تحقیق

کریمی فرد و بیش فرد (۱۳۹۶) در «آثار سیاسی فناوری هسته‌ای بر قدرت ملی جمهوری اسلامی ایران» بیان می‌کنند که قدرت ملی به معنای توانایی کشور در بهره‌برداری بهینه از منابع برای تأمین منافع ملی است. ارتقای مؤلفه‌های قدرت ملی به افزایش قدرت رقابتی و حوزه نفوذ هر کشور در سطح جهانی منجر می‌شود. رویکرد هوشمندانه به منابع قدرت، به‌ویژه فناوری هسته‌ای، می‌تواند به تولید قدرت ملی، افزایش وزن ژئوپلیتیکی و ارتقای جایگاه جهانی

ایران کمک کند. این امر می‌تواند در حل چالش‌های ژئوپلیتیکی و سیاسی ایران مؤثر باشد. پژوهش حاضر به بررسی تأثیر دستیابی به فناوری هسته‌ای بر مؤلفه‌های سیاسی قدرت ملی ایران می‌پردازد و نتایج آن از این رهیافت مدبرانه حمایت می‌کند.

ایلدرومی و نوروزی فرد (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی مخاطرات محیطی ناشی از انرژی هسته‌ای» معتقدند نیاز فزاینده به انرژی و نگرانی از اتمام سوخت‌های فسیلی، استفاده از مواد رادیواکتیو در تولید انرژی را ضروری کرده است. نیروگاه‌های هسته‌ای به‌عنوان جایگزینی برای نیروگاه‌های سوخت فسیلی، نه تنها گازهای سمی تولید نمی‌کنند، بلکه مشکل پسماندهای اتمی نیز تا حدی حل شده است. با این حال، ایزوتوپ‌های پرتوزا می‌توانند از طریق انتشار پرتوها و ورود به زنجیره غذایی، بر محیط زیست تأثیر بگذارند. زباله‌های هسته‌ای نیز ممکن است وارد آب‌ها و خاک شوند. بنابراین، بررسی مخاطرات زیست‌محیطی انرژی هسته‌ای برای استفاده ایمن و پایدار از این منبع ضروری است.

مقاله جوینر (۲۰۱۶) با عنوان «برنامه اتمی ایران و حقوق بین الملل: از معاهده منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای تا برجام» به بررسی وضعیت حقوقی برنامه هسته‌ای ایران پرداخته و چگونگی ارتباط آن با معاهدات بین‌المللی مانند پیمان منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای و توافق‌نامه برجام را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. نویسنده همچنین به موضوعات حقوقی پیرامون تحریم‌های بین‌المللی و مسئولیت‌های ایران در چارچوب این معاهدات اشاره می‌کند. مقاله بررسی می‌کند که چگونه توافق برجام به‌عنوان نقطه عطفی در تعاملات حقوقی بین ایران و جامعه بین‌المللی عمل کرده است.

کتاب جامع «توافق هسته‌ای ایران: راهنمای جامع» نوشته سامور (۲۰۱۵) به بررسی دقیق توافق هسته‌ای (برجام) پرداخته است. کتاب به جنبه‌های مختلف توافق از جمله محدودیت‌های اعمال‌شده بر برنامه هسته‌ای ایران، نقش آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و تضمین‌های بازرسی اشاره دارد. این اثر، همچنین دیدگاه‌های منتقدین و حامیان توافق را تحلیل می‌کند و به بررسی راه‌های ممکن برای اجرای موثر آن می‌پردازد.

۳. چارچوب نظری امنیت انرژی

نظریه امنیت انرژی به مجموعه‌ای از اصول و مفاهیم اطلاق می‌شود که به بررسی تأمین و حفاظت از منابع انرژی یک کشور می‌پردازد. این نظریه به‌خصوص در بافت‌های بین‌المللی و سیاسی مورد توجه قرار می‌گیرد و به بررسی چالش‌ها و فرصت‌هایی می‌پردازد که کشورهای

مختلف در راستای تأمین پایدار انرژی خود با آن مواجه هستند. امنیت انرژی به معنای اطمینان از دسترسی به منابع انرژی با قیمت‌های مناسب و بدون وقفه‌های ناگهانی در تأمین انرژی است. این مفهوم به مواردی نظیر تنوع منابع، اطمینان از تأمین، و کاهش وابستگی به منابع خارجی مرتبط می‌شود. به عبارت دیگر، امنیت انرژی به‌عنوان یک اولویت استراتژیک برای کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته، نقش کلیدی ایفا می‌کند. یرگین همچنین معتقد است امنیت انرژی به معنای دسترسی پایدار و قابل اعتماد به منابع انرژی با قیمت‌های مناسب و عدم وجود تهدیدهای جدی در تأمین آنهاست. این مفهوم به‌ویژه در عصر جهانی‌سازی و وابستگی متقابل بین کشورها اهمیت بیشتری پیدا کرده است. برای تأمین امنیت انرژی، کشورها باید به ارزیابی تهدیدات داخلی و خارجی و تعیین استراتژی‌های مؤثر برای مقابله با آنها بپردازند (Yergin, 2006, p. 72-75). پرستری (Prestre) نیز معتقد است امنیت انرژی یک مفهوم چندوجهی است که به معنای تأمین دسترسی به انرژی پایدار و مطمئن با قیمتی منطقی و در مقادیر کافی است. این مفهوم نه تنها شامل تأمین انرژی از منابع داخلی و خارجی می‌شود، بلکه به مدیریت ریسک‌ها و تهدیدهای موجود در زنجیره تأمین انرژی نیز مربوط است. امنیت انرژی می‌تواند تحت تأثیر عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و محیطی قرار گیرد (Le Prestre, 2017, p. 38). این مفهوم دارای اجزای متعددی است.

۱.۳ اجزای کلیدی امنیت انرژی

الف. تنوع منابع انرژی

تنوع منابع انرژی به معنای استفاده از چندین منبع مختلف برای تأمین نیازهای انرژی است و شامل ترکیبی از انرژی‌های فسیلی، تجدیدپذیر و هسته‌ای می‌شود. کشورهای دارای تنوع منابع انرژی، آسیب‌پذیری کمتری در برابر نوسانات قیمت و بحران‌ها دارند، زیرا این تنوع به آنها اجازه می‌دهد تا در زمان بروز بحران‌های عرضه یا افزایش قیمت‌ها، به منابع جایگزین روی آورند (Sovacool & Dworkin, 2016, p. 12). از جنبه‌های مختلف، تنوع در منابع انرژی به کشورهای در حال توسعه کمک می‌کند تا به توسعه پایدار برسند و به کاهش وابستگی به منابع خارجی بپردازند. این تنوع همچنین می‌تواند به تأمین امنیت انرژی کمک کند و کشورها را در برابر خطرات زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی مقاوم‌تر کند. از طرف دیگر، تنوع انرژی می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی و توسعه اقتصادی منجر شود، زیرا تأمین پایدار و مطمئن انرژی به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند (Sovacool, 2016, p. 35). به‌طور کلی،

نقش و منافع انرژی هسته‌ای در تامین امنیت انرژی ایران (محمد صادق جوکار) ۲۲۷

تنوع منابع انرژی نه تنها به افزایش امنیت انرژی کمک می‌کند بلکه زمینه را برای توسعه پایدار و بهبود کیفیت زندگی فراهم می‌آورد.

۲.۳ پایداری تأمین

پایداری تأمین انرژی به معنای قابلیت دسترسی مداوم به منابع انرژی در طول زمان است. این به‌ویژه در شرایط بحران و نوسانات قیمتی اهمیت دارد. برای رسیدن به این هدف، توسعه زیرساخت‌های لازم برای بهره‌برداری از منابع انرژی و ایجاد سیستم‌های مدیریت مؤثر ضروری است (Habert et al, 2012, p.109). پایداری تأمین جنبه‌های مختلفی دارد. یکی از مزایای افزایش پایداری در تأمین انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست است. با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی و زمین‌گرمایی، می‌توان به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای میزان گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی را کاهش داد. به‌عنوان مثال، گزارش سازمان بین‌المللی انرژی نشان می‌دهد که انتقال به انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش ۷۰ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۰۵۰ کمک کند (IEA, 2020).

تامین امنیت انرژی بعد دیگر این امر است. افزایش پایداری می‌تواند به تأمین امنیت انرژی کمک کند. با تنوع بخشی به منابع انرژی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، کشورهای مختلف می‌توانند از نوسانات قیمت و بحران‌های بین‌المللی محافظت کنند. به‌عنوان مثال، کشورهای اروپایی با سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای، توانسته‌اند وابستگی خود به گاز طبیعی وارداتی را کاهش دهند (Sovacool, 2016). همچنین پایداری تأمین می‌تواند به تحرک اقتصادی منجر شود. در حقیقت استفاده از منابع انرژی پایدار و تجدیدپذیر می‌تواند به تحریک رشد اقتصادی و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید منجر شود. به‌عنوان مثال، تحقیقات نشان می‌دهد که بخش انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به ایجاد میلیون‌ها شغل در زمینه‌های تولید، نصب و نگهداری فناوری‌های جدید کمک کند (IRENA, 2019).

۳.۳ استقلال انرژی

استقلال انرژی به معنای کاهش وابستگی به منابع خارجی است. این امر به‌ویژه در شرایط سیاسی ناپایدار و تحریم‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. با کاهش وابستگی به واردات سوخت‌های فسیلی، کشورها می‌توانند از قدرت مانور بیشتری در سیاست‌های داخلی و خارجی برخوردار شوند. به‌عنوان یکی از مفاهیم کلیدی در حوزه انرژی و سیاست‌های ملی،

به معنای توانایی یک کشور در تأمین نیازهای انرژی خود از منابع داخلی بدون نیاز به واردات انرژی از خارج است. این مفهوم در دنیای امروز به‌ویژه در زمان‌هایی که نوسانات جهانی در بازار انرژی، بحران‌های سیاسی و اقتصادی و تحریم‌های بین‌المللی اتفاق می‌افتد، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (Sovacool, 2016). استقلال انرژی دربرگیرنده چندین جنبه است که به شرح آن‌ها پرداخته می‌شود. استقلال انرژی بر استفاده از منابع داخلی انرژی برای تأمین نیازهای کشور تأکید دارد. این منابع می‌توانند شامل منابع طبیعی تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر مانند نفت، گاز، زغال‌سنگ، و انرژی‌های تجدیدپذیر مثل انرژی بادی، خورشیدی و زمین‌گرمایی باشند. کشورهای دارای منابع سرشار از انرژی، به‌ویژه کشورهایمانند ایران، باید بر روی توسعه این منابع تمرکز کنند تا به کاهش وابستگی به واردات انرژی و بهبود امنیت انرژی خود بپردازند (IEA, 2020). تأمین انرژی از منابع داخلی می‌تواند به‌طور مستقیم بر امنیت ملی تأثیر بگذارد. کشورهایی که به منابع داخلی خود وابسته‌اند، در برابر فشارهای خارجی مقاوم‌تر خواهند بود. برای مثال، کشورهایی که به واردات انرژی متکی هستند، در معرض نوسانات قیمت جهانی و بحران‌های سیاسی قرار می‌گیرند که می‌تواند به ناپایداری اقتصادی منجر شود. همچنین می‌تواند شامل کاهش وابستگی شود. کاهش وابستگی به واردات انرژی به معنای این است که یک کشور به منابع خارجی برای تأمین انرژی خود متکی نباشد. این وابستگی می‌تواند کشورها را در معرض خطرات مختلفی قرار دهد، از جمله تغییرات قیمت جهانی نفت و گاز، تنش‌های سیاسی و تحریم‌ها. به همین دلیل، کشورهای مختلف به دنبال یافتن روش‌هایی برای تأمین انرژی از منابع داخلی و کاهش نیاز به واردات هستند (Sovacool, 2016). وابستگی به واردات انرژی می‌تواند منجر به ناپایداری اقتصادی شود. به‌عنوان مثال، کشورهای وابسته به واردات انرژی در زمان‌هایی که قیمت جهانی نفت افزایش می‌یابد، با افزایش هزینه‌های انرژی و در نتیجه، کاهش قدرت خرید و افزایش تورم مواجه می‌شوند. تنوع بخشی مزیت دیگری است که استقلال انرژی می‌تواند در پی داشته باشد. تنوع بخشی به منابع انرژی به این معناست که یک کشور نباید به یک نوع خاص از انرژی وابسته باشد (IRENA, 2019). برای دستیابی به استقلال انرژی، کشورها باید به منابع مختلف انرژی توجه کنند و از انرژی‌های تجدیدپذیر و غیر تجدیدپذیر به‌طور هم‌زمان بهره‌برداری کنند. این کار به کاهش ریسک‌های ناشی از نوسانات قیمت و تأمین کمک می‌کند.

۴.۳ نقش انرژی هسته‌ای در امنیت انرژی

انرژی هسته‌ای به‌عنوان یکی از منابع انرژی مهم و استراتژیک، نقش قابل توجهی در تأمین امنیت انرژی کشورها دارد. این نوع انرژی به دلیل ویژگی‌های خاص خود، به ویژه در کشورهای با منابع فسیلی محدود، به عنوان یک گزینه مؤثر برای تأمین نیازهای انرژی و کاهش وابستگی به واردات انرژی مطرح می‌شود. در ادامه به بررسی این نقش و تأثیرات آن بر امنیت انرژی پرداخته می‌شود. انرژی هسته‌ای به‌عنوان یک منبع مستقل و پایدار، می‌تواند به امنیت انرژی کشورها کمک کند. در ایران، توسعه فناوری هسته‌ای به معنای این است که کشور می‌تواند با کاهش وابستگی به نفت و گاز، امنیت انرژی خود را افزایش دهد. انرژی هسته‌ای به دلیل پایداری و کم‌کربن بودن، می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب برای کاهش ریسک‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی و نوسانات جهانی در قیمت انرژی مطرح شود. یکی از مزایای کلیدی انرژی هسته‌ای، توانایی آن در تأمین انرژی به‌صورت پایدار و بدون وابستگی به شرایط جوی یا نوسانات بازارهای جهانی است. نیروگاه‌های هسته‌ای می‌توانند به‌طور مداوم و در طولانی‌مدت انرژی تولید کنند، که این امر به ثبات و اطمینان در تأمین انرژی کمک می‌کند. در مقابل، منابع تجدیدپذیر مانند باد و خورشید، به‌طور طبیعی متغیر هستند و نمی‌توانند به‌طور مداوم انرژی را تأمین کنند. همچنین انرژی هسته‌ای می‌تواند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کند. بسیاری از کشورها به دلیل نداشتن ذخایر نفت و گاز کافی، به واردات این منابع متکی هستند. استفاده از انرژی هسته‌ای به این کشورها این امکان را می‌دهد که با تولید انرژی از منابع داخلی، وابستگی خود به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهند و در نتیجه، امنیت انرژی خود را افزایش دهند. تنوع بخشی به منابع انرژی مزیت دیگر انرژی هسته‌ای در چرخه امنیت انرژی است. تجربه جهانی نشان می‌دهد استفاده از انرژی هسته‌ای به تنوع بخشی به سبد انرژی کشورها کمک می‌کند. تنوع در منابع انرژی یکی از استراتژی‌های کلیدی برای افزایش امنیت انرژی است (Bruggink & van Zwaan, 2002, 153). با گنجاندن انرژی هسته‌ای در سبد انرژی، کشورها می‌توانند ریسک‌های ناشی از وابستگی به یک یا دو منبع خاص را کاهش دهند و در زمان‌های بحرانی از منابع مختلف استفاده کنند.

۴. رویکرد ایران به انرژی‌های تجدیدپذیر

ایران به‌عنوان کشوری غنی از منابع انرژی فسیلی، در چند سال گذشته توجه بیشتری به انرژی‌های تجدیدپذیر داشته است. با افزایش نگرانی‌ها درباره تغییرات اقلیمی و اثرات منفی

سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست، دولت ایران تلاش کرده است تا راهکارهایی برای توسعه و بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر از جمله انرژی خورشیدی، بادی و بیوماس به‌کار گیرد. در سال‌های اخیر، چندین برنامه و سیاست برای حمایت از این نوع انرژی‌ها تدوین شده است، از جمله تأسیس سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی در سال ۱۳۹۵. این سازمان به دنبال کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و افزایش سهم انرژی‌های پاک در سبد انرژی کشور است. ایران همچنین به دنبال جذب سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر است تا بتواند نیازهای فزاینده انرژی خود را تأمین کند و در عین حال از تنوع منابع انرژی بهره‌برداری نماید. وزارت نیرو به عنوان نهاد مسئول، وظیفه نظارت بر تمامی مسائل مرتبط با برق و انرژی‌های تجدیدپذیر را بر عهده دارد، از جمله توسعه، برنامه‌ریزی، سازماندهی، قانون‌گذاری و اجرای سیاست‌ها و ابتکارات مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر. اگرچه دفتر انرژی‌های نو پیش از سال ۱۳۷۴ در وزارت نیرو تأسیس شد، اما سازمان انرژی‌های نو ایران در این سال ایجاد شد و در سال ۱۳۷۹ تحت نظارت رسمی وزارت نیرو قرار گرفت. هدف این نظارت کاهش اثرات مضر سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست و تنوع‌بخشی به منابع انرژی کشور برای توسعه پایدار بود. در سال ۱۳۹۵، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی با ادغام سازمان انرژی‌های نو و سازمان بهره‌وری انرژی شکل گرفت. این تغییرات ساختاری در سال ۱۳۷۴ منجر به اضافه شدن فناوری‌های سبز به سبد انرژی وزارت نیرو شد تا بر اهمیت فزاینده پایداری و گزینه‌های انرژی تجدیدپذیر تأکید شود. همچنین، در مناطق روستایی سطح استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر پایین است (Rezaei et al, 2018). موانع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر شامل تحریم‌های بین‌المللی، تأکید بر توسعه انرژی‌های متعارف، نبود سیاست‌های کافی در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و کمبود امنیت انرژی پایدار و سیاست‌های محیط زیستی است (Jahangoshai Rezaei et al, 2019).

۱.۴ سیاست تنوع انرژی

به دلیل تنوع محیطی و اقلیمی، ایران می‌تواند از منابع متنوع انرژی تجدیدپذیر بهره‌برداری کند. متأسفانه، سیاست‌ها و اقدامات مرتبط با منابع انرژی تجدیدپذیر به دلیل تمرکز بیشتر دولت بر انرژی‌های فسیلی، که به عنوان منابع اصلی درآمد و به دلیل سرمایه‌گذاری‌های زیاد در گذشته مورد توجه قرار گرفته‌اند، نادیده گرفته شده‌اند. تا اواخر دهه ۷۰ هیچ برنامه مشخصی برای استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در اسناد سیاستی کشور وجود نداشت. طبق گفته پیرسته و

همکاران (پیراسته و همکاران، ۱۳۹۲) به دلیل قیمت پایین انرژی‌های فسیلی در ایران، مدیران، کارمندان دولت، صنعتگران و مصرف‌کنندگان تمایل چندانی به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر ندارند.

سیاست کلی ایران که در سال ۱۳۷۸ معرفی شد، اولین سند مرتبط با این نوع انرژی‌ها است. در این سند، دو مورد از دوازده ماده به منابع انرژی تجدیدپذیر اشاره دارد. ۴۵ این دو ماده بر تنوع منابع انرژی کشور با توجه به مسائل زیست‌محیطی تأکید می‌کنند و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت نیروگاه‌های برق‌آبی و کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو مانند باد، خورشید، سلول‌های سوختی و انرژی زمین‌گرمایی را مورد توجه قرار می‌دهند. در قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی فقط جایگزینی سوخت‌های فسیلی و انرژی‌های تجدیدپذیر با هیزم کافی بود و هیچ هدف قابل دستیابی برای آن در نظر گرفته نشد. اولین سندی که دستیابی به یک هدف مشخص برای انرژی‌های تجدیدپذیر را برجسته کرد، قانون برنامه ششم توسعه اقتصادی بود. این قانون دولت را ملزم به افزایش سهم نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک با اولویت سرمایه‌گذاری غیردولتی (سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی) و حداکثر استفاده از ظرفیت‌های داخلی کرده است تا حداقل ۵ درصد از ظرفیت برق کشور تا پایان اجرای این برنامه تأمین شود. در سال ۱۳۸۹، قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی تصویب شد. فصل ۱۰ و مواد ۶۱ و ۶۲ این قانون به استفاده و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای اشاره دارد. بر اساس این قانون، وزارت نیرو موظف است از گسترش استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، از جمله انرژی بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، نیروگاه‌های کوچک مقیاس (تا ده مگاوات)، دریایی و زیست‌توده (شامل زباله‌های کشاورزی و جنگلی، زباله‌های شهری و فاضلاب، زباله‌های صنعتی، زباله‌های دامی، بیوگاز و زیست‌توده) حمایت کند. برای تسهیل و تقویت این مسائل، می‌تواند از طریق سازمان مربوطه قراردادی بلندمدت برای تضمین خرید تولیدکنندگان برق تجدیدپذیر غیردولتی منعقد کند. وزارتخانه‌های نیرو و نفت همچنین موظفند حمایت‌های لازم برای ترویج استفاده اقتصادی از منابع انرژی تجدیدپذیر در سیستم‌های جدا از شبکه، مانند آب‌گرمکن‌های خورشیدی، حمام‌های خورشیدی، پمپ‌های حرارتی، توربین‌های بادی، سیستم‌های فتوولتائیک، استخراج گاز از منابع زیست‌توده و کارایی هزینه در تأمین و توزیع سوخت‌های فسیلی را به‌صورت عمومی اعلام کنند. بر این اساس، وزارت نیرو برنامه‌ای برای افزایش ظرفیت تولید نیروگاه‌های برق آبی و تجدیدپذیر به میزان ۵٪ تا سال ۱۴۰۰ دارد. تحت این طرح، برنامه‌ای برای انرژی‌های تجدیدپذیر کوچک مقیاس

راه‌اندازی شده تا بخش خصوصی را به سرمایه‌گذاری در پروژه‌های تولید برق کوچک مقیاس با استفاده از زیست‌توده، بیوگاز، مینی‌نیروگاه‌های برق آبی، انرژی خورشیدی و بادی تشویق کند (Solaymani, 2021, pp.12-13).

تأثیر سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر و کارایی برق در سال‌های اخیر منجر به ساخت ۱۳۴ نیروگاه و ۴۰۳۸ ژنراتور برای مصرف‌کنندگان شده است. ۲۶ این امر منجر به تولید ۵۰۳۵ میلیون کیلووات ساعت برق، کاهش ۴۶۸ میلیون کیلووات ساعت در تلفات شبکه برق و کاهش ۳۴۱۷ هزار تن دی‌اکسید کربن (که خود به کاهش آثار خارجی ناشی از کاهش دی‌اکسید کربن کمک می‌کند) و عدم انتشار ۲۱.۳ هزار تن دیگر از آلاینده‌های محلی شده است. بهبود ساختار انرژی و کارایی انرژی در ایران می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی سطح انتشار دی‌اکسید کربن را کاهش دهد. همچنین ۱۱۰۸ میلیون لیتر مصرف آب را صرفه‌جویی می‌کند، ۳۱،۲۷۱ شغل ایجاد می‌کند و ۱۴۳.۵ تریلیون ریال سرمایه‌گذاری غیر دولتی جذب می‌کند. در همین حال، ساتبا ۷۸ نیروگاه و ۱۰۰۰ ژنراتور برای مشترکان در حال ساخت دارد. ساخت این نیروگاه‌ها نه تنها شغل ایجاد می‌کند و درآمدی برای کسب‌وکارهای انرژی تجدیدپذیر تولید می‌کند، بلکه درآمدهای مالیاتی دولت را نیز افزایش می‌دهد (سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی، ۱۳۹۹).

به دلیل بارش‌های فراوان و مناطق کوهستانی، و همچنین سطح مناسب آب رودخانه‌های بزرگ، توسعه نیروگاه‌های برق آبی در ایران تسهیل شده است. علاوه بر این، سهم زیاد مناطق کویری و خشک که بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در سال دارند، انرژی خورشیدی را به گزینه‌ای مناسب و مهم برای تأمین انرژی تجدیدپذیر تبدیل می‌کند. همچنین منابع زیست‌توده بزرگ در ایران می‌تواند برای تولید برق و سوخت مورد استفاده قرار گیرد. هرچند ایران پروتکل کیوتو و توافق‌نامه پاریس را تصویب کرده است، اما دولت باید به دنبال ایجاد سوخت‌های پاک و پایدار باشد تا نه تنها امنیت انرژی و استقلال را تضمین کند، بلکه منابع طبیعی موجود را نیز به حداکثر برساند. شواهد حاکی از آن است که استقلال انرژی در ایران از طریق استفاده از سوخت‌های غیرفسیلی قابل دستیابی است. برای مثال، تحقیقات آقاحسینی و همکاران نشان می‌دهد که سیستم انرژی مبتنی بر منابع ۱۰۰٪ تجدیدپذیر نه تنها رؤیا نیست، بلکه گزینه‌ای امن و کم‌هزینه تا سال ۲۰۳۰ است (Aghahosseini et al, 2018, p.18-26).

تلفات بالای انرژی و تلاش‌ها برای کاهش این فاصله، مانند استفاده از نور خورشید در ساختمان‌ها، سبب شده که بهره‌برداری از انرژی تجدیدپذیر کمتر مورد توجه قرار گیرد. کاهش

ضایعات و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به افزایش قابل توجه بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف کشور منجر شود. قیمت‌های نسبتاً ارزان سوخت و سرمایه‌گذاری‌های پایین خصوصی و عمومی در تولید انرژی تجدیدپذیر از عوامل اصلی سهم کم انرژی تجدیدپذیر در ترکیب کل انرژی کشور هستند. سیاست ملی انرژی تجدیدپذیر می‌تواند به‌عنوان گامی مهم در افزایش سرمایه‌گذاری و استخراج انرژی تجدیدپذیر در ترکیب کل انرژی معرفی شود. علاوه بر این، برای افزایش استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر محلی، افزایش سهم انرژی تجدیدپذیر در ترکیب تولید برق از طریق تسهیل رشد صنعت انرژی تجدیدپذیر، تضمین هزینه مناسب تولید این انرژی و ایجاد آگاهی عمومی از اهمیت انرژی پایدار و فناوری‌های پاک قابل دستیابی است.

۵. منافع انرژی هسته‌ای برای امنیت انرژی ایران

انرژی هسته‌ای در دهه‌های اخیر به یکی از منابع مهم انرژی در بسیاری از کشورها تبدیل شده است. ایران به عنوان کشوری که به منابع طبیعی غنی از جمله نفت و گاز دسترسی دارد، استفاده از انرژی هسته‌ای را به عنوان یکی از گزینه‌های بلندمدت برای تأمین نیازهای انرژی خود مورد توجه قرار داده است. این بخش به بررسی منافع اصلی انرژی هسته‌ای برای امنیت انرژی ایران می‌پردازد.

۱.۵ تنوع بخشی به منابع انرژی

یکی از مهم‌ترین منافع انرژی هسته‌ای برای ایران، تنوع بخشی به منابع انرژی است. کشورهایی که به منابع انرژی متنوعی دسترسی دارند، از امنیت انرژی بیشتری برخوردارند. وابستگی بیش از حد به نفت و گاز به‌ویژه در کشورهایی که اقتصاد آن‌ها وابسته به صادرات منابع فسیلی است، باعث آسیب‌پذیری در برابر نوسانات بازار جهانی انرژی می‌شود. ایران با توسعه انرژی هسته‌ای می‌تواند به کاهش این وابستگی کمک کند و در عین حال از منابع پایدار و قابل پیش‌بینی انرژی بهره‌مند شود. علاوه بر این با توجه به نوسانات قیمت نفت و گاز در بازار جهانی، تنوع بخشی به منابع انرژی می‌تواند به کاهش آسیب‌پذیری اقتصادی و سیاسی کشور کمک کند. انرژی هسته‌ای به عنوان یکی از منابع غیر فسیلی، ایران را قادر می‌سازد تا منابع انرژی خود را متنوع‌تر کرده و از وابستگی بیش از حد به نفت و گاز بکاهد در همین راستا نیروگاه‌های هسته‌ای بوشهر به عنوان بخشی از استراتژی تنوع‌بخشی به منابع انرژی، اهمیت

زیادی دارد. در حقیقت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین انرژی هسته‌ای، هر دو جزء استراتژی‌های کلیدی کشورها برای مقابله با تغییرات ناگهانی در قیمت جهانی نفت است. در کنار آن، این تنوع بخشی به منابع انرژی باعث می‌شود ایران وابستگی کمتری به صادرات نفت و گاز خود داشته باشد و در عوض بتواند از منابع پایدار و پیش‌بینی‌پذیرتر استفاده کند. نیروگاه‌های هسته‌ای بوشهر از این جهت اهمیت دارند که با ظرفیت بالای تولید انرژی و پایداری عملکرد خود، می‌توانند به کاهش سهم سوخت‌های فسیلی در سبد انرژی ایران کمک کنند (Shokri Kalehsar, 2020, p.62-65)

۲.۵ پایداری انرژی و کاهش آسیب‌پذیری اقتصادی

پایداری انرژی یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از انرژی هسته‌ای است. نیروگاه‌های بوشهر با قابلیت تولید مداوم انرژی می‌توانند به کاهش نیاز ایران به واردات انرژی کمک کنند و این امر باعث افزایش خودکفایی کشور در حوزه انرژی می‌شود. به گفته برخی پژوهشگران کشورهای در حال توسعه مانند ایران برای رسیدن به پایداری اقتصادی و انرژی، به استفاده از منابع پایدار انرژی نیاز دارند. این امر می‌تواند ایران را در برابر تحریم‌های اقتصادی بین‌المللی مقاوم‌تر کند، زیرا با داشتن منابع انرژی مستقل، کشور وابستگی کمتری به واردات انرژی از دیگر کشورها خواهد داشت. همچنین، استفاده از انرژی هسته‌ای می‌تواند به ایران کمک کند تا در مذاکرات بین‌المللی بر سر انرژی، جایگاه بهتری داشته باشد. نیروگاه‌های بوشهر نه تنها به تأمین انرژی داخلی کمک می‌کنند، بلکه باعث می‌شوند ایران در حوزه دیپلماسی انرژی نیز موقعیت بهتری پیدا کند. این مسئله می‌تواند به عنوان یک اهرم استراتژیک در روابط بین‌المللی ایران با دیگر کشورها عمل کند، به‌ویژه در شرایطی که کشور با تحریم‌های اقتصادی روبرو است (BNPPs Report, 2022). در نتیجه، توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای هم به عنوان راه‌حلی برای کاهش وابستگی ایران به سوخت‌های فسیلی و هم به عنوان ابزاری برای افزایش قدرت چانه‌زنی ایران در مذاکرات بین‌المللی انرژی اهمیت ویژه‌ای دارد. این نیروگاه‌ها می‌توانند با تأمین انرژی پایدار و پاک، به توسعه پایدار کشور و کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی کمک کنند.

۳.۵ کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHGs) به‌ویژه دی‌اکسید کربن یکی از چالش‌های اصلی زیست‌محیطی در جهان معاصر است. این گازها به افزایش دمای زمین و تغییرات آب و هوایی منجر می‌شوند که اثرات قابل توجهی بر اکوسیستم‌ها و زندگی انسان‌ها دارند. در این راستا، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان یک هدف کلیدی در سیاست‌های جهانی و ملی، به‌ویژه برای کشورهایی با جمعیت و صنعتی در حال رشد مانند ایران، بسیار مهم است. ایران به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای در خاورمیانه، با چالش‌های جدی در زمینه کاهش این انتشارها مواجه است. این کشور به شدت به سوخت‌های فسیلی، به‌ویژه نفت و گاز، وابسته است و این وابستگی به‌طور مستقیم بر سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر می‌گذارد. در سال‌های اخیر، ایران به دنبال راهکارهایی برای کاهش این انتشارها و همزمان تأمین نیازهای انرژی خود بوده است (Assmann et al, 2006). برای ایران که یکی از تولیدکنندگان بزرگ سوخت‌های فسیلی است، استفاده از انرژی هسته‌ای می‌تواند به کاهش تأثیرات محیط‌زیستی منفی کمک کند. لازم به توضیح است که ایران به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای در خاورمیانه، با چالش‌های جدی در زمینه کاهش این انتشارها مواجه است. این کشور به شدت به سوخت‌های فسیلی، به‌ویژه نفت و گاز، وابسته است و این وابستگی به‌طور مستقیم بر سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر می‌گذارد. در سال‌های اخیر، ایران به دنبال راهکارهایی برای کاهش این انتشارها و همزمان تأمین نیازهای انرژی خود بوده است (Addo et al, 2023). انرژی هسته‌ای به‌عنوان یک منبع انرژی با انتشار کربن بسیار کم، می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران کمک کند. نیروگاه‌های هسته‌ای با تولید برق بدون سوخت‌های فسیلی، قادرند میزان انتشار CO_2 را به‌طور قابل توجهی کاهش دهند. در ادامه، چندین نکته کلیدی در این زمینه بررسی می‌شود:

تولید انرژی بدون کربن: نیروگاه‌های هسته‌ای در فرآیند تولید برق، گازهای گلخانه‌ای را به میزان قابل توجهی کمتر از نیروگاه‌های مبتنی بر سوخت‌های فسیلی تولید می‌کنند. این موضوع به ایران این امکان را می‌دهد که با سرمایه‌گذاری در انرژی هسته‌ای، سهم بزرگی از تولید گازهای گلخانه‌ای خود را کاهش دهد.

تنوع بخشی به سبد انرژی: با افزودن انرژی هسته‌ای به سبد انرژی کشور، ایران می‌تواند به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کند. این تنوع در منابع انرژی، باعث افزایش

پایداری سیستم انرژی و کاهش نوسانات مرتبط با قیمت‌های جهانی سوخت می‌شود (Shokri Kalehsar, 2020, p. 67)

۴.۵ افزایش کارایی انرژی

افزایش کارایی انرژی از جمله رویکردهای کلیدی برای کشورهای مختلف جهان در جهت مقابله با چالش‌های اقتصادی و زیست‌محیطی مرتبط با مصرف انرژی بوده است. استفاده از انرژی هسته‌ای می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع و دیگر بخش‌ها کمک کند. با تولید انرژی پاک و کم‌هزینه، صنایع می‌توانند با کارایی بیشتری عمل کنند و در نتیجه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را کاهش دهند (Shokri Kalehsar, 2020, p. 63). ژاپن نیز به‌عنوان یکی از کشورهای با منابع طبیعی محدود، از تجربیات موفقی در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی برخوردار است. پس از بحران نفتی دهه ۱۹۷۰، ژاپن سیاست‌های مؤثری برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و افزایش کارایی انرژی اتخاذ کرد. یکی از ابزارهای موفق این کشور، ترویج فناوری‌های کارآمد در تولید و مصرف انرژی، مانند استفاده از فناوری‌های بهره‌وری بالا در صنایع و ساختمان‌ها بوده است (IEA, 2020). این تجربه می‌تواند به ایران نشان دهد که حتی در شرایطی که منابع طبیعی فراوان نیست، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های کارآمد و برنامه‌های آموزشی می‌تواند مصرف انرژی را بهبود بخشد و امنیت انرژی را تقویت کند. یکی از عواملی که به بهبود کارایی انرژی در کشورهای پیشرفته کمک کرده است، سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجه در تحقیق و توسعه فناوری‌های نوین انرژی است. به‌عنوان مثال، نروژ با تمرکز بر فناوری‌های پیشرفته و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی بادی و دریایی، توانسته است به یکی از کشورهای پیشرو در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر تبدیل شود. این کشور همچنین از منابع حاصل از نفت خود برای توسعه فناوری‌های پاک استفاده کرده است (Moe, 2018). ایران نیز می‌تواند با توسعه پروژه‌های مشابه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی، به بهبود کارایی انرژی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کند.

۵.۵ تأمین انرژی بلندمدت

تأمین انرژی بلندمدت یکی از چالش‌های اصلی کشورهای در حال توسعه و صنعتی است. با توجه به افزایش جمعیت و رشد اقتصادی، تقاضا برای انرژی به‌طور مداوم در حال افزایش است. در این میان، انرژی هسته‌ای به‌عنوان یک منبع پایدار و با قابلیت تولید انرژی در مقیاس

وسیع، می‌تواند نقش بسزایی در تأمین نیازهای انرژی بلندمدت ایران ایفا کند. انرژی هسته‌ای به دلیل چندین ویژگی منحصر به فرد خود، به‌عنوان یکی از منابع اصلی تأمین انرژی بلندمدت مورد توجه قرار گرفته است

- **تولید مداوم انرژی:** برخلاف منابع انرژی تجدیدپذیر مانند خورشیدی و بادی که تحت تأثیر شرایط جوی و جغرافیایی قرار دارند، نیروگاه‌های هسته‌ای قادرند انرژی را به‌صورت پایدار و مداوم تولید کنند. این ویژگی باعث می‌شود که انرژی هسته‌ای به‌عنوان یک منبع قابل اعتماد برای تأمین نیازهای انرژی کشور شناخته شود (World Nuclear Association, 2021).

- **مدت زمان طولانی سوخت:** سوخت هسته‌ای، به‌ویژه اورانیوم و پلوتونیوم، دارای ظرفیت انرژی بالایی هستند. یک گرم اورانیوم می‌تواند معادل انرژی تولید شده توسط چند تن زغال‌سنگ باشد. این به این معنی است که منابع سوخت هسته‌ای برای مدت زمان طولانی‌تری قابل استفاده هستند و این امر موجب می‌شود که کشورها با استفاده از فناوری هسته‌ای، از امنیت انرژی بیشتری برخوردار شوند (Bruggink & van Zwaan, 2002, 163).

۶.۵ استقلال از سوخت‌های فسیلی

ایران به‌عنوان یکی از کشورهای غنی از منابع نفت و گاز، به شدت به سوخت‌های فسیلی وابسته است. این وابستگی نه تنها موجب نوسانات قیمت انرژی می‌شود، بلکه امنیت انرژی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توسعه انرژی هسته‌ای، ایران می‌تواند به استقلال بیشتری از منابع فسیلی دست یابد و این امر به تأمین انرژی بلندمدت کمک می‌کند. از جمله مزایای این استقلال می‌توان به کاهش وابستگی به بازارهای جهانی اشاره کرد. با تولید انرژی از منابع هسته‌ای، ایران می‌تواند وابستگی خود را به بازارهای جهانی سوخت‌های فسیلی کاهش دهد. این امر به کشور این امکان را می‌دهد که در برابر نوسانات قیمت‌های جهانی و تحریم‌های احتمالی مقاوم‌تر شود (Sovacool, 2016). همچنین ایران می‌تواند به تنوع بخشی سبد انرژی نائل آید. انرژی هسته‌ای به‌عنوان یک منبع مستقل و پایدار، می‌تواند به تنوع بخشی به سبد انرژی کشور کمک کند. این تنوع به معنای کاهش ریسک‌های مرتبط با وابستگی به یک یا چند منبع انرژی خاص است (Moe, 2018).

۷.۵ تأثیر بر توسعه اقتصادی و اجتماعی

توسعه انرژی هسته‌ای و تأمین انرژی بلندمدت می‌تواند تأثیرات مثبت قابل توجهی بر توسعه اقتصادی و اجتماعی ایران داشته باشد. انرژی هسته‌ای با ایجاد فرصت‌های شغلی و تقویت توسعه اجتماعی-اقتصادی می‌تواند تأثیر چشم‌گیری بر جوامع داشته باشد. در فرانسه، صنعت هسته‌ای مستقیماً بیش از ۲۰۰ هزار شغل ایجاد کرده و به عنوان یکی از پایه‌های اقتصادی این کشور در تأمین ۷۰ درصد برق ملی، به کاهش واردات انرژی و ثبات اقتصادی کمک می‌کند (World Nuclear Association, 2022). مختلف از مهندسی گرفته تا کارهای فنی را فراهم کرده که نه تنها به تقویت نیروی کار محلی بلکه به رشد اقتصاد منطقه‌ای نیز کمک کرده است.

در ایالات متحده، صنعت انرژی هسته‌ای به عنوان یک منبع پایدار، حدود ۴۷۰ هزار شغل مستقیم و غیرمستقیم ایجاد کرده و با تولید بیش از ۲۰ درصد برق کشور، نقش مهمی در اقتصاد ملی ایفا می‌کند. استفاده از انرژی هسته‌ای نه تنها هزینه‌های انرژی را کاهش داده بلکه به پایداری اقتصادی در نواحی محروم و کم‌جمعیت نیز کمک کرده است. این صنعت با ارائه شغل‌های پایدار و پردرآمد به افراد، به بهبود سطح زندگی و کاهش نابرابری‌های اجتماعی در برخی مناطق کمک کرده است. (U.S. Department of Energy, 2022)

چین یکی از کشورهای پیشرو در توسعه انرژی هسته‌ای است که با سرمایه‌گذاری گسترده در این صنعت، دستاوردهای چشمگیری را در زمینه اشتغال‌زایی، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش امنیت انرژی کسب کرده است. تا سال ۲۰۲۱، چین ۵۱ نیروگاه هسته‌ای عملیاتی و ۲۰ نیروگاه در حال ساخت داشت که آن را به یکی از بزرگ‌ترین کشورها از نظر ظرفیت تولید انرژی هسته‌ای تبدیل کرده است. (World Nuclear Association, 2021) بر اساس آمارها، صنعت هسته‌ای چین تا سال ۲۰۲۰ بیش از ۱۰۰ هزار شغل مستقیم ایجاد کرده و با رشد سالانه ۲ درصد در صنعت هسته‌ای، اشتغال بیشتری نیز در آینده پیش‌بینی می‌شود (International Atomic Energy Agency [IAEA], 2020).

در بخش توسعه اقتصادی، چین با افزایش ظرفیت تولید انرژی هسته‌ای خود توانسته است تا وابستگی به سوخت‌های فسیلی را کاهش داده و از نوسانات قیمت نفت و گاز در بازارهای جهانی در امان بماند. از آنجایی که چین به شدت درگیر مسئله آلودگی هوا در کلان‌شهرهای خود بوده، استفاده از انرژی هسته‌ای به عنوان یک منبع پاک و کم‌کربن به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرده است. براساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، نیروگاه‌های

نقش و منافع انرژی هسته‌ای در تامین امنیت انرژی ایران (محمد صادق جوکار) ۲۳۹

هسته‌ای چین در سال ۲۰۱۹، بیش از ۳۰۰ میلیون تن دی‌اکسید کربن را کاهش دادند که به میزان قابل توجهی در کاهش تغییرات آب و هوایی مؤثر بوده است. (IAEA, 2019)

در ژاپن نیز تا پیش از فاجعه فوکوشیما در سال ۲۰۱۱، انرژی هسته‌ای سهم قابل توجهی در تولید برق این کشور داشت. ژاپن بیش از ۵۰ نیروگاه هسته‌ای داشت که حدود ۳۰ درصد از برق کشور را تأمین می‌کرد. صنعت هسته‌ای ژاپن حدود ۱۰۰ هزار شغل مستقیم و چند برابر آن مشاغل غیرمستقیم فراهم کرده بود. این انرژی به ژاپن کمک کرده بود تا وابستگی خود به واردات انرژی را کاهش دهد و از نظر اقتصادی به صرفه‌جویی‌های کلان دست یابد. هرچند پس از حادثه فوکوشیما، برخی از این نیروگاه‌ها به حالت تعلیق درآمدند، اما ژاپن در تلاش است تا با ایجاد استانداردهای ایمنی جدید، بار دیگر انرژی هسته‌ای را به عنوان منبعی پایدار و مؤثر در سبد انرژی خود قرار دهد. (World Nuclear Association, 2020)

استفاده از انرژی هسته‌ای در ایران عمدتاً در حوزه تولید برق متمرکز است. با اینحال صنعت هسته‌ای علاوه بر تحریم‌های گوناگون به حوزه‌های مختلف نیز سرایت کرده و زمینه اشتغال و تاثیرگذاری اقتصادی پیدا کرده است. پزشکی هسته‌ای یکی از زمینه‌های مهم استفاده از فناوری‌های هسته‌ای در ایران بوده است. این حوزه شامل تشخیص و درمان بیماری‌ها با استفاده از رادیوداروها و تجهیزات هسته‌ای می‌شود. از جمله کاربردهای پزشکی هسته‌ای می‌توان به اسکن‌های PET و SPECT اشاره کرد که برای تشخیص سرطان، بیماری‌های قلبی و دیگر اختلالات استفاده می‌شوند. در ایران، مرکز پزشکی هسته‌ای در بیمارستان‌های تخصصی و مراکز درمانی مختلف در حال فعالیت هستند و با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته، خدمات بهداشتی و درمانی ارائه می‌دهند. طبق گزارش‌های سازمان انرژی اتمی ایران، تعداد مراکز پزشکی هسته‌ای در کشور در سال‌های اخیر افزایش یافته و به آموزش و تربیت نیروی انسانی متخصص در این زمینه نیز توجه شده است. این امر نه تنها به بهبود خدمات درمانی کمک کرده، بلکه به افزایش آگاهی عمومی در مورد استفاده از فناوری هسته‌ای در پزشکی نیز منجر شده است.

۸.۵ نقش انرژی هسته‌ای در کشاورزی و بهبود کیفیت محصولات

تکنولوژی هسته‌ای تنها به تولید انرژی محدود نمی‌شود. یکی دیگر از کاربردهای مهم این فناوری در بخش کشاورزی است. فناوری هسته‌ای می‌تواند از طریق تولید کودهای شیمیایی و پرتودهی مواد غذایی به افزایش تولیدات کشاورزی و بهبود کیفیت محصولات کمک کند. ژاپن

به عنوان یکی از کشورهای پیشرو در استفاده از فناوری هسته‌ای در کشاورزی، از تکنیک‌های پرتودهی برای کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی استفاده می‌کند. به‌ویژه پرتودهی میوه‌ها و سبزیجات با هدف افزایش ماندگاری آن‌ها و کنترل آفات بدون نیاز به استفاده از سموم شیمیایی در ژاپن گسترده است. این فناوری نه تنها کیفیت محصولات را حفظ می‌کند، بلکه صادرات محصولات کشاورزی این کشور را نیز افزایش داده است (IAEA, 2019). در ایران، استفاده از تکنولوژی هسته‌ای در زمینه کشاورزی در حال توسعه است. به عنوان مثال، پرتودهی مواد غذایی روشی است که می‌تواند ماندگاری محصولات را افزایش داده و از تلف شدن آن‌ها جلوگیری کند. هند از انرژی هسته‌ای برای بهبود ژنتیک محصولات و اصلاح بذرها استفاده می‌کند. این کشور از تکنیک‌های پرتودهی و جهش‌زایی برای ایجاد بذرهایی مقاوم به خشکی و بیماری‌های مختلف استفاده کرده است. به‌ویژه در بخش غلات و حبوبات، این فناوری به افزایش تولید و کیفیت محصولات کمک کرده است (Bagher et al, 2014, p.102). اصلاح بذرها مقاوم به شرایط آب و هوایی سخت، تجربه‌ای است که می‌تواند برای ایران با توجه به شرایط مشابه در برخی مناطق کشور با چالش‌های محیطی مانند خشکسالی، مورد توجه قرار گیرد.

۹.۵ نقش انرژی هسته‌ای در ارتقاء جایگاه بین‌المللی ایران و بازدارندگی هسته‌ای

توسعه صنعت هسته‌ای برای ایران تنها از منظر اقتصادی و اجتماعی مهم نیست، بلکه ابزاری است که می‌تواند جایگاه ایران را در عرصه بین‌المللی ارتقاء دهد. توانایی ایران در توسعه و مدیریت فناوری هسته‌ای باعث شده است تا این کشور به یکی از کشورهای مطرح در زمینه انرژی هسته‌ای تبدیل شود. این موضوع نه تنها به تقویت استقلال ایران در تولید انرژی کمک می‌کند، بلکه موقعیت استراتژیک ایران را در منطقه تقویت کرده و به آن قدرت بیشتری در مذاکرات بین‌المللی می‌دهد. توانایی ایران در استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای همچنین به این کشور اجازه می‌دهد تا با سازمان‌های بین‌المللی همکاری کند و در پروژه‌های جهانی مشارکت داشته باشد. برای مثال، ایران با همکاری با آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، در برنامه‌های توسعه انرژی پایدار و پروژه‌های علمی مشترک شرکت می‌کند که این خود می‌تواند به تبادل فناوری و ارتقاء دانش علمی کشور کمک کند. این امر را می‌توان از تجربه دیگر کشورها متوجه شد. یک نمونه موفق در این زمینه چین است که با سرمایه‌گذاری گسترده در انرژی هسته‌ای، هدف خود را افزایش امنیت انرژی و کاهش آلودگی هوا قرار داده است. علاوه بر این، چین با ارائه و صادرات تکنولوژی هسته‌ای به کشورهای در حال توسعه، نفوذ اقتصادی و سیاسی خود را در

سطح بین‌المللی گسترش داده است. این رویکرد باعث شده که چین به عنوان یکی از کشورهای پیشرو در حوزه انرژی‌های پاک شناخته شود. (Zhao et al., 2019, pp.3-5) در نتیجه، انرژی هسته‌ای نقش کلیدی در ارتقای جایگاه بین‌المللی کشورها دارد. علاوه بر این دستیابی ایران به بمب هسته‌ای از منظر بازدارندگی به معنای تأثیرات احتمالی آن در تثبیت امنیت ملی و موازنه قدرت در منطقه حائز اهمیت است. برای ایران، که در منطقه‌ای پرتنش و با همسایگانی چون اسرائیل و کشورهای حاشیه خلیج فارس مواجه است، دستیابی به بازدارندگی هسته‌ای می‌تواند وسیله‌ای برای حفظ حاکمیت و امنیت در برابر تهدیدات بالقوه باشد. ایران با سابقه جنگ ایران و عراق و عدم حمایت کافی بین‌المللی در برابر حملات شیمیایی، تهدیدات مکرر رژیم صهیونیستی و تعرض به خاک ایران و چتر امنیتی آمریکا در خاورمیانه، ممکن است توسعه توان هسته‌ای را به عنوان یک ابزار دفاعی در نظر بگیرد. سگان در مطالعات خود استدلال می‌کنند که برخی کشورها به دلیل تهدیدات مستقیم به بقا به دنبال توانمندی هسته‌ای می‌روند و ایران ممکن است از همین زاویه نگاه کند (Sagan, 1996, p. 63). مطابق نظریات رئالیستی، کشورها به عنوان بازیگران عقلانی به دنبال بقای خود از طریق بازدارندگی هستند. به گفته میرشایمر، ایران ممکن است در برابر تهدیدات خارجی به توسعه توان هسته‌ای به عنوان یک راهکار عقلانی نگاه کند (Mearsheimer, 2001, p. 35).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مجموع می‌توان گفت انرژی هسته‌ای یکی از اساسی‌ترین ابزارهای راهبردی برای تأمین پایداری و امنیت انرژی کشور به‌شمار می‌آید. انرژی هسته‌ای با ویژگی‌های منحصربه‌فردی مانند تولید برق بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای و پایداری در تأمین انرژی، نقش مهمی در کاهش وابستگی ایران به سوخت‌های فسیلی دارد و به حفظ امنیت انرژی در برابر نوسانات بازار جهانی کمک می‌کند. ایران به عنوان یکی از تولیدکنندگان عمده نفت و گاز، همواره به چالش‌های ناشی از وابستگی بیش از حد به این منابع مواجه بوده است. در این راستا، استفاده از انرژی هسته‌ای می‌تواند به کاهش آسیب‌پذیری‌های اقتصادی کشور در برابر نوسانات قیمت نفت و گاز کمک کند. توسعه این فناوری به معنای تنوع‌بخشی به سبد انرژی کشور است که خود یک عامل کلیدی در کاهش مخاطرات ناشی از شوک‌های خارجی است. به‌علاوه، ایران با استفاده از انرژی هسته‌ای می‌تواند منابع داخلی خود را بهینه‌تر مدیریت کند و تأمین انرژی پایدار را در بلندمدت تضمین نماید. از سوی دیگر، انرژی هسته‌ای به دلیل اینکه بدون تولید

گازهای گلخانه‌ای برق تولید می‌کند، نقش مهمی در کاهش اثرات زیست‌محیطی منفی دارد. این مسئله به‌ویژه در دوران حاضر که تغییرات اقلیمی و انتشار گازهای گلخانه‌ای از دغدغه‌های اصلی جهانی است، برای ایران اهمیت بیشتری پیدا کرده است. در این زمینه، توسعه انرژی هسته‌ای می‌تواند به ایران کمک کند تا ضمن حفظ توسعه اقتصادی، به تعهدات زیست‌محیطی خود نیز پایبند باشد و در راستای کاهش تغییرات اقلیمی جهانی گام بردارد. با این حال، توسعه انرژی هسته‌ای چالش‌ها و مخاطراتی نیز به همراه دارد. یکی از این مخاطرات، مسائل مرتبط با امنیت هسته‌ای و مدیریت پسماندهای رادیواکتیو است که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و همکاری‌های بین‌المللی است. از این رو، ایران باید در چارچوب استانداردهای بین‌المللی به توسعه برنامه‌های هسته‌ای خود ادامه دهد و زیرساخت‌های لازم برای تضمین امنیت این صنعت را تقویت نماید.

۷. راه‌حل‌ها و پیشنهادات

سرمایه‌گذاری بیشتر در فناوری‌های هسته‌ای ایمن: ایران باید به فناوری‌های جدید و ایمن در صنعت هسته‌ای توجه بیشتری کند تا خطرات مرتبط با امنیت هسته‌ای را کاهش دهد.

تقویت همکاری‌های بین‌المللی: همکاری با دیگر کشورها و نهادهای بین‌المللی برای بهره‌مندی از تجربیات و دانش فنی در زمینه فناوری‌های پیشرفته و ایمن، به‌ویژه در مدیریت پسماندهای رادیواکتیو و افزایش کارایی نیروگاه‌های هسته‌ای، می‌تواند نقش مهمی در توسعه پایدار انرژی هسته‌ای ایران ایفا کند.

تدوین سیاست‌های قوی و کارآمد: ایران باید با تقویت سیاست‌ها و قوانین ملی خود در زمینه انرژی هسته‌ای و تأکید بر امنیت، بهره‌وری، و حفاظت محیط‌زیست، از مزایای این انرژی به بهترین شکل بهره‌برداری کند.

در نهایت، اگرچه توسعه انرژی هسته‌ای با چالش‌های خود همراه است، اما با مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی دقیق می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد کلیدی در تأمین امنیت انرژی و پایداری اقتصادی ایران نقش‌آفرینی کند.

کتابنامه

پیراسته، غلامرضا، اشرفی زاده، علی، و صالحی دزفولی، محمدمهدی. (۱۳۹۲). سیاست های انرژی و تاثیر آن بر توسعه انرژی های تجدیدپذیر. همایش ملی انرژی های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد. SID. <https://sid.ir/paper/868923/fa>
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی (ساتبا). گزارش سالانه انرژی‌های تجدیدپذیر و اشتغال - ۱۳۹۷؛ ساتبا: تهران، ایران، ۱۳۹۹.

- Addo, E. K., Kabo-bah, A. T., Diawuo, F. A., & Debrah, S. K. (2023). The Role of Nuclear Energy in Reducing Greenhouse Gas (GHG) Emissions and Energy Security: A Systematic Review. *International Journal of Energy Research*, 2023(1), 8823507.
- Aghahosseini, A., Bogdanov, D., Ghorbani, N. *et al.* Analysis of 100% renewable energy for Iran in 2030: integrating solar PV, wind energy and storage. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **15**, 17–36 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1373-4>
- Assmann, D., Laumanns, U., & Uh, D. (Eds.). (2006). Renewable energy: a global review of technologies, policies and markets.
- Bagher, A. M., Nahid, A., Mohsen, M., & Vahid, M. (2014). Nuclear techniques in agriculture and genetics. *American Journal of Bioscience*, 2(3), 102-105.
- Bruggink, J. J. C., & van Zwaan, B. D. (2002). The role of nuclear energy in establishing sustainable energy paths. *International Journal of Global Energy Issues*, 18(2-4), 151-180.
- Bushehr Nuclear Power Plants (BNPPs) and the Perspective of Sustainable Energy Development in Iran (2022).
- Habert, G., Castillo, E., Vincens, E., & Morel, J. C. (2012). Power: A new paradigm for energy use in sustainable construction. *Ecological Indicators*, 23, 109–115.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Industrial Applications of Nuclear Energy, IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-4.3, IAEA, Vienna (2017)
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2019). *Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050*.
- Joyner, D. (2016). *Iran's Nuclear Program and International Law: From the NPT to the JCPOA*. *Georgetown Journal of International Law*, 47(3), 901-924.
- Kalehsar, O. S. (2019). Iran's Transition to Renewable Energy: Challenges and Opportunities. *Middle East Policy*, 26(2), 62–71. doi:10.1111/mepo.12421 (<https://doi.org/10.1111/mepo.12421>)
- Le Prestre, Philippe. *Global Ecopolitics Revisited: Towards a Complex Governance of Global Environmental Problems*. Routledge, 2017. ISBN 9781138680203.
- Mearsheimer, J. J. (2001). *The Tragedy of Great Power Politics*. W. W. Norton & Company
- MIT Energy Initiative. (2018). **the Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World**. Retrieved from <https://energy.mit.edu>

- Moe, E. (2018). Renewable Energy Transformation or Fossil Fuel Backlash: Vested Interests in the Political Economy. *Palgrave Macmillan*.
- OECD (2020). *Nuclear Energy and the Environment: A Comprehensive Report*. OECD Publishing.
- Rezaei, R.; Ghofranfarid, M. Rural households' renewable energy usage intention in Iran: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *Renew. Energy* 2018, 122, 382–391. [CrossRef]
- Sagan, S. D. (1996). *Why Do States Build Nuclear Weapons? Three Models in Search of a Bomb*. *International Security*, 21(3), 54–86.
- Samore, G. (2015). *The Iran Nuclear Deal: A Definitive Guide*. Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School.
- Schneider, M., & Froggatt, A. (2021). The world nuclear industry status report 2019. In *World Scientific Encyclopedia of Climate Change: Case Studies of Climate Risk, Action, and Opportunity Volume 2* (pp. 203-209).
- Shokri Kalehsar, O. (2020). Iran's Transition to Renewable Energy: Challenges and Opportunities.
- Solaymani, S. (2021). A review on energy and renewable energy policies in Iran. *Sustainability*, 13(13), 7328.
- Sovacool, B. K. (2016). "How Long Will It Take? Conceptualizing the Temporal Dynamics of Energy Transitions." *Energy Research & Social Science*, 11, 1-8.
- Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2016). *Global Energy Justice: Problems, Principles, and Practices*. Cambridge University Press.
- World Nuclear Association. (2022). **Nuclear Power in Japan**. Retrieved from <https://www.world-nuclear.org>
- Yergin, D. (2006). Ensuring Energy Security. *Foreign Affairs*, 85(2), 69–82. <https://doi.org/10.2307/20031912>
- Zhu, S., Zhang, K., & Deng, K. (2019). A review of waste heat recovery from the marine engine with highly efficient bottoming power cycles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109611. doi:10.1016/j.rser.2019.109611 (<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109611>)