Journal of
Improvement Management
Vol. 19 No. 3, Autumn 2025 (Serial 69)

A prospective analysis of the drivers affecting the expansion of renewable energies in the Seventh Development Plan with a policy-making approach

Hossein Shirazi [1]☎, Mohammadali keramati[2], Kaveh Alba [3]

1- Assistant Professor, Technology Department, Faculty of Management, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran
2- Associate Professor, Technology Department, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- PhD Candidate, Department of Technology, Faculty of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract:

The Seventh Development Plan of the Islamic Republic of Iran is considered a key tool for achieving long-term economic, social and scientific goals. The Seventh Development Plan of the Islamic Republic of Iran in renewable energies is trying to provide the necessary platforms for realizing sustainable development and increasing national capabilities by utilizing scientific and technological capacities. The present study aims to identify effective drivers for the effective implementation of the Seventh Development Plan in the field of renewable energies based on the cross-effects analysis method. In terms of its applied purpose, this research has been conducted at the exploratory level in terms of survey method. In the present study, the drivers were identified using library studies and the MICMAC software was used to examine the effectiveness and influence of the drivers on each other. 40 factors were identified and classified through library studies, which were approved by experts in 5 groups, and their importance was considered by experts to be between 0 and 3. The research experts included researchers and university professors who had scientific and practical experience in the field of policymaking and governance. The purposeful snowball method, which is a non-random sampling method, was used for sampling. The identified drivers are: (1) Technologies (2) Policies and Support (3) Economic and Trade (4) Environment and Natural Resources (5) Energy Management and Optimization. Therefore, policymakers and executive agencies can effectively implement the Seventh Development Plan in the field of Science and Technology by considering the above dimensions.

Keywords: Seventh Development Plan, Drivers, Policymaking and Governance, Renewable Energy, MICMAC.
DOI: 10.22034/jmi.2025.518546.3199

1. ☎Corresponding author: Hossein.shirazi63@gmail.com
2. Mohammadalikeramati@yahoo.com
3. Kaveh.Alba@yahoo.com

تحلیل آینده‌نگر پیشران‌های موثر بر گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر در برنامه هفتم توسعه با رویکرد سیاست‌گذاری

دوره ۱۹ شماره ۳(پیاپی ۶۹)
فصل پاییز ۱۴۰۴

نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۰۲/ ۱۴۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش: ۳۰/ ۰۵ /۱۴۰۴) صفحات ۱۵۶ تا ۱۸۹

حسین شیرازی☎ استادیار گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم، قم، ایران.
محمدعلی کرامتی دانشیار گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.
کاوه آلبا دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

چکیده

برنامه هفتم توسعه جمهوری اسلامی ایران ابزاری کلیدی برای دستیابی به اهداف بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و علمی محسوب می‌شود. برنامه هفتم توسعه جمهوری اسلامی ایران در انرژی‌های تجدیدپذیر، تلاش دارد تا با به‌کارگیری ظرفیت‌های علمی و فناورانه، بسترهای لازم برای تحقق توسعه پایدار و افزایش توانمندی‌های ملی را فراهم کند. پژوهش حاضر، با هدف شناسایی پیشران‌های موثر جهت اجرای موثر برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر بر پایه روش تحلیل اثرات متقاطع می باشد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی، از حیث روش پیمایشی در سطح اکتشافی صورت گرفته است. در پژوهش حاضر با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای پیشرانها شناسایی شده و از نرم افزار میک مک جهت بررسی تاثیرگذاری و تاثیرپذیری پیشران‌ها بر یکدیگر بهره گرفته شده است. ۴۰ عامل از طریق مطالعات کتابخانه ای شناسایی و طبقه بندی شده که در ۵ گروه به تایید خبرگان رسیده است و درجه اهمیت آنها توسط خبرگان بین ۰ تا ۳ در نظر گرفته شد. خبرگان پژوهش شامل پژوهشگران و اساتید دانشگاهی بودند که در حوزه سیاست‌گذاری و حکمرانی تجربه علمی و عملی داشتند. برای نمونه‌گیری از روش هدفمند گلوله برفی استفاده شد که یک روش نمونه‌گیری غیر تصادفی است. پیشران‌های شناسایی شده عبارت است از: (۱) فناوری‌ها (۲) سیاست‌ها و حمایت‌ها (۳) اقتصادی و تجاری (۴) محیط زیست و منابع طبیعی (۵) مدیریت و بهینه‌سازی انرژی. لذا سیاست‌گذاران و دستگاه‌های اجرایی می توانند با در نظر گرفتن ابعاد فوق، برنامه هفتم توسعه در حوزه علم و فناوری را به طور موثری اجرا نمایند.

واژگان کلیدی: انرژی‌های تجدیدپذیر، برنامه هفتم توسعه، پیشران‌ها، سیاست‌گذاری و حکمرانی، MICMAC.

۱. ☎مسئول مکاتبات: Hossein.shirazi63@gmail.com
۲. Mohammadalikeramati@yahoo.com
۳. Kaveh.Alba@yahoo.com

۱- مقدمه

برنامه‌های توسعه در کشورهای مختلف، از جمله ایران، با هدف تحقق اهداف ملی و ارتقای سطح رفاه اقتصادی و اجتماعی تدوین می‌شوند (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۳). در این میان، برنامه هفتم توسعه جمهوری اسلامی ایران به‌عنوان یکی از اسناد راهبردی کشور، نقش کلیدی در تحقق اهداف بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و علمی ایفا می‌کند و توجه ویژه‌ای به حوزه علم و فناوری دارد (دفتر برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست‌جمهوری، ۱۴۰۲).

صنعت انرژی با دگرگونی‌های مداوم و چالش‌های نوظهور مواجه است. آینده‌پژوهی در این حوزه برای پیش‌بینی تغییرات، تدوین سناریوهای محتمل و طراحی استراتژی‌های بلندمدت امری ضروری تلقی می‌شود (International Energy Agency, 2022). در این میان، تحولات فناورانه همچون توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی، بادی و زیست‌توده) ، فناوری‌های ذخیره‌سازی پیشرفته و منابع نوین انرژی، نقشی کلیدی در شکل‌دهی آینده این صنعت دارند (World Economic Forum, 2021).

افزایش نگرانی‌ها درباره تغییرات اقلیمی و نیاز به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، موجب رشد چشمگیر تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر شده است (International Energy Agency, 2022). همچنین، سیاست‌گذاری‌های جهانی و حمایت‌های مالی دولت‌ها در راستای گذار به اقتصاد کم‌کربن، بر آینده صنعت انرژی تأثیرگذارند (United Nations, 2021).

پیشرفت‌های فناورانه، به‌ویژه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت هوشمند آن‌ها با استفاده از هوش مصنوعی و اینترنت اشیا، نه‌تنها بهره‌وری سیستم‌ها را افزایش داده بلکه هزینه‌های تولید را کاهش داده‌اند (Energy Information Administration, 2022). با این حال، چالش‌هایی همچون سرمایه‌گذاری اولیه بالا، ذخیره‌سازی و توزیع انرژی و نیاز به سیاست‌گذاری‌های حمایتی، همچنان باقی است (World Energy Council, 2023). از سوی دیگر، تغییرات جمعیتی و رشد اقتصادی در بازارهای نوظهور نیز تقاضای انرژی را افزایش داده و لزوم توسعه زیرساخت‌ها و منابع جدید را برجسته کرده‌اند (World Economic Forum, 2021). در این میان، سیاست‌ها و مقررات زیست‌محیطی سخت‌گیرانه‌تر، شرکت‌ها را به سمت فناوری‌های پاک‌تر سوق می‌دهند (United Nations, 2021).

فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و تحلیل کلان‌داده‌ها نیز الگوهای مدیریتی را دگرگون ساخته‌اند و فرصت‌هایی برای ارتقای بهره‌وری و کارایی در اجرای برنامه‌های توسعه‌ای فراهم کرده‌اند (Tairo, 2023; S Data, 2023) بهره‌گیری از این فناوری‌ها در برنامه هفتم توسعه می‌تواند به هماهنگی میان الزامات کلیدی و کاهش پیچیدگی‌های اجرایی کمک کند (مرکز پژوهش سیاست‌های علمی کشور، ۱۴۰۲).

تحقق مؤثر برنامه‌هایی نظیر برنامه هفتم، مستلزم شناسایی و هماهنگی میان الزامات کلیدی از جمله سیاست‌گذاری‌های علمی و فناورانه، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های تکنولوژیک، توسعه منابع

انسانی ماهر و سازوکارهای مدیریتی و نظارتی است (Seventh Development Program of the Islamic Republic of Iran, 2023). در غیر این صورت، نه تنها اهداف برنامه محقق نمی‌شود، بلکه منابع محدود نیز به شکل مطلوب تخصیص نخواهند یافت. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش، در تدوین راهبردهای اجرایی و تصمیم‌گیری‌های کلان، راهگشا باشد. لذا این پژوهش قصد دارد تا به سوالات زیر پاسخ دهد:

- عوامل مؤثر بر اجرای برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر چیست؟
- میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری این عوامل چگونه است؟
- پیشران‌های کلیدی جهت اجرای برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیرکدامند؟
- راهکارهای پیشنهادی جهت اجرای کارآمد برنامه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر چیست؟

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- چارچوب نظری

در تدوین سیاست‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، بهره‌گیری از چارچوب‌های نظری معتبر برای تحلیل ساختاری و هدفمند عوامل مؤثر بر تصمیم‌سازی، ضرورتی انکارناپذیر است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تحلیل پیشران‌های مؤثر بر گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر در برنامه هفتم توسعه جمهوری اسلامی ایران، از تلفیقی از سه رویکرد نظری بهره می‌برد که هر یک جنبه‌ای کلیدی از فرایند گذار و سیاست‌گذاری انرژی را تبیین می‌کند.

نخست، نظریه «گذار نظام‌های اجتماعی-فنی»[۱] به‌عنوان چارچوبی بنیادین برای تحلیل تحول در نظام‌های انرژی، ساختار تعامل میان فناوری، سیاست، نهادها و فرهنگ را در سطوح مختلف بررسی می‌کند. دوم، مدل کلاسیک «چرخه سیاست‌گذاری»[۲] فرآیند تصمیم‌سازی در سیاست‌های عمومی را به‌صورت مرحله‌مند تبیین کرده و جایگاه اثرگذاری پیشران‌ها در هر مرحله را روشن می‌سازد. سوم، رویکرد «تحلیل پیشران‌ها» در قالب سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد، به‌عنوان ابزار اصلی پژوهش، زمینه‌ای فراهم می‌سازد تا نیروهای کلیدی تأثیرگذار در ابعاد اجتماعی، فناورانه، اقتصادی، زیست‌محیطی و سیاسی[۳] شناسایی و طبقه‌بندی شوند.

این چارچوب نظری تلفیقی، به پژوهشگران امکان می‌دهد تا با نگاهی سیستمی، پویایی‌ها و الزامات گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر را در بستر واقعی سیاست‌گذاری در ایران تحلیل کرده و از طریق شناخت دقیق پیشران‌ها، توصیه‌هایی اثربخش برای سیاست‌گذاری در برنامه هفتم توسعه ارائه دهند.

---

[۱] Socio-Technical Transitions

[۲] Policy Cycle

[۳] STEEP

نظریه گذار نظام‌های اجتماعی-فنی

نظریه گذار در نظام‌های اجتماعی-فنی یکی از چارچوب‌های نظری پرکاربرد در تحلیل گذار از سیستم‌های انرژی سنتی به سیستم‌های نوین مانند انرژی‌های تجدیدپذیر است. این نظریه بر آن است که فناوری‌ها به‌تنهایی قادر به تغییر ساختارها نیستند، بلکه تحول فناورانه در بستر تعامل پیچیده با نهادها، سیاست‌ها، فرهنگ‌ها، و مصرف‌کنندگان معنا پیدا می‌کند. نظریه‌پردازان این حوزه مانند Geels (2002) تأکید دارند که گذار از انرژی‌های فسیلی به انرژی‌های پاک نیازمند ایجاد فضاهای «نیچ» برای نوآوری، تضعیف نظام‌های مسلط، و همچنین تأثیرگذاری چشم‌اندازهای کلان نظیر فشارهای زیست‌محیطی و توافقات بین‌المللی است. برای مثال، در ایران، فشارهای ناشی از آلودگی هوا، کمبود منابع آب، و تعهدات بین‌المللی مانند توافق پاریس، سطح چشم‌انداز را تحت تأثیر قرار داده و زمینه را برای رشد انرژی‌های نو فراهم کرده است. این چارچوب به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا موانع ساختاری را شناسایی کرده و مسیرهای بالقوه برای تحول را ترسیم کنند (Geels, 2002; Markard et al., 2012).

رویکرد سیاست‌گذاری چرخه‌ای

مدل چرخه سیاست‌گذاری، فرآیند تدوین و اجرای سیاست‌های عمومی را به‌صورت مرحله‌ای تحلیل می‌کند. این مراحل شامل: تعریف مسئله، تدوین سیاست، تصمیم‌گیری، اجرا و ارزیابی هستند (Howlett & Ramesh, 2003). در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده از این مدل به ما امکان می‌دهد که جایگاه و نقش پیشران‌ها را در هر مرحله از چرخه سیاست شناسایی کنیم. به‌طور مثال، در مرحله تعریف مسئله، پیشران‌هایی مانند افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و تغییرات اقلیمی به‌عنوان فشارهای خارجی می‌توانند مسئله کمبود تنوع انرژی را برجسته سازند. در مرحله تدوین سیاست، پیشران‌هایی نظیر پیشرفت فناوری و حمایت بین‌المللی از انرژی پاک می‌توانند سیاست‌های مشوقی را تقویت کنند. این رویکرد، ساختاری تحلیلی برای درک چرایی و چگونگی ورود پیشران‌ها به فرآیند تصمیم‌سازی در برنامه هفتم توسعه فراهم می‌آورد (Howlett & Ramesh, 2003; Sabatier, 2007).

تحلیل پیشران‌ها در سیاست‌گذاری عمومی

در این پژوهش، به‌جای استفاده از روش‌های سناریونویسی در آینده‌پژوهی، تمرکز بر شناسایی و تحلیل پیشران‌ها به‌منظور ارائه مبنایی برای تصمیم‌گیری در سیاست‌گذاری گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر بوده است. در ادبیات سیاست‌گذاری، تحلیل پیشران‌ها یکی از ابزارهای کلیدی در رویکرد سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد[1]است، که هدف آن ارتقای کیفیت تصمیمات از طریق بررسی ساختارمند نیروهای تأثیرگذار محیطی است (Young et al., 2002). در این چارچوب، پیشران‌ها نیروهایی هستند که می‌توانند سرعت و جهت تحولات را تحت تأثیر قرار دهند. برای تسهیل طبقه‌بندی این پیشران‌ها، از مدل STEEP

[1] Evidence-Based Policy Making

استفاده شده است که آن‌ها را در پنج دسته اجتماعی، فناورانه، اقتصادی، زیست‌محیطی و سیاسی سازمان‌دهی می‌کند (Popper, 2008). این مدل به تحلیلگر کمک می‌کند تا روندهای مؤثر بر سیاست‌گذاری انرژی را از منظر بین‌بخشی بررسی کند. در ایران، نمونه‌هایی از این پیشران‌ها شامل افزایش حمایت مردمی از انرژی‌های پاک (اجتماعی)، کاهش قیمت پنل‌های خورشیدی (فناورانه)، نوسانات قیمت حامل‌های انرژی (اقتصادی)، تشدید آلودگی هوا (زیست‌محیطی) و اصلاحات قانونی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر (سیاسی) هستند. تحلیل این پیشران‌ها، پیش‌نیاز سیاست‌گذاری کارآمد و هدفمند در برنامه هفتم توسعه محسوب می‌شود (Popper, 2008; Young et al., 2002).

۲-۲- پیشینه تحقیق

پیشینه تحقیقات در زمینه پیشران‌های موثر بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نشان‌دهنده توجه گسترده و روزافزون به این حوزه از سوی محققان و سیاست‌گذاران است. این تحقیقات به بررسی روندهای نوظهور، نوآوری‌های فناوری و مدل‌های پیش‌بینی پرداخته و به تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های موجود در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌پردازند (ملکی و همکاران، ۱۴۰۱). با توجه به اهمیت روزافزون تغییرات اقلیمی و نیاز به کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی، این تحقیقات نقش حیاتی در شکل‌دهی به آینده پایدار انرژی دارند (اردو و همکاران، ۱۴۰۰).

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، از جمله انرژی خورشیدی و بادی، به وقوع پیوسته است. تحقیقات جدید به معرفی مواد و تکنولوژی‌های نوین مانند پروسکایت‌ها در پنل‌های خورشیدی و بهینه‌سازی طراحی توربین‌های بادی با استفاده از داده‌های بزرگ و الگوریتم‌های یادگیری ماشین پرداخته‌اند (شاهسوندی، ۱۴۰۲).

این نوآوری‌ها به بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کرده‌اند (شوقی آغجه مشهد و همکاران، ۱۴۰۲). علاوه بر پیشرفت‌های فناوری، تحقیقات به بررسی تأثیرات زیست‌محیطی و اقتصادی انرژی‌های تجدیدپذیر نیز پرداخته‌اند. مدل‌های پیش‌بینی و تحلیل‌های اقتصادی به تحلیل آینده انرژی‌های تجدیدپذیر، چالش‌های پذیرش و تأثیر سیاست‌های حمایتی کمک می‌کنند (بافنده ایماندوست و همکاران، ۱۳۹۹). این مطالعات به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا استراتژی‌های بهینه برای تسریع در انتقال به منابع انرژی پایدار و کاهش موانع موجود طراحی کنند (پسندیده و حیدری، ۱۴۰۲). اخیرا تحقیقاتی در زمینه های روندهای نوظهور و فناوری‌های پیشرفته، پیش‌بینی تحولات آینده، تحلیل چالش‌ها و فرصت‌ها، نوآوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و برنامه هفتم توسعه انجام شده است که در ادامه بررسی خواهد شد.

روندهای نوظهور و فناوری‌های پیشرفته

- انرژی خورشیدی: تحقیقات جدید نشان می‌دهند که استفاده از مواد جدید مانند پروسکایت‌ها بهبود قابل توجهی در کارایی پنل‌های خورشیدی داشته است (زواری و

صاحب، ۱۴۰۱). همچنین، فناوری‌های جدید ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی که به کاهش هزینه‌ها و بهبود قابلیت دسترسی به انرژی کمک می‌کنند، در حال توسعه هستند (صالحی شبستری و همکاران، ۱۴۰۲).

- انرژی بادی: پیشرفت‌های اخیر در طراحی توربین‌های بادی، از جمله افزایش ارتفاع و بهبود کارایی در سرعت‌های بادی پایین، به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها منجر شده است (ابوالفضلی و همکاران ، ۱۴۰۰). استفاده از داده‌های بزرگ و الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی عملکرد توربین‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته است (منصوری و همکاران، ۱۴۰۳).

پیش‌بینی تحولات آینده

- مدل‌های پیش‌بینی: تحقیقاتی که به مدل‌سازی سناریوهای آینده انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند، به سیاست‌گذاران کمک می‌کنند تا استراتژی‌های بهینه را برای تسریع انتقال به انرژی‌های تجدیدپذیر تدوین کنند (گروه فنی مهندسی ماه صنعت انرژی، ۱۴۰۱). این مدل‌ها تأثیرات مختلف تغییرات اقلیمی و تغییرات اقتصادی را بررسی می‌کنند (طاهری فرد هنجنی و میرهاشمی دهنوی، ۱۴۰۰).
- پایداری و اثرات زیست‌محیطی: مطالعاتی که به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی بلندمدت انرژی‌های تجدیدپذیر می‌پردازند، تأثیرات مثبت این منابع بر کاهش گازهای گلخانه‌ای و محافظت از منابع طبیعی را تحلیل می‌کنند (کریمی و همکاران، ۱۴۰۲).

تحلیل چالش‌ها و فرصت‌ها

- موانع و چالش‌ها: مطالعاتی که به چالش‌های موجود در پذیرش فناوری‌های جدید انرژی‌های تجدیدپذیر، از جمله هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه و نیاز به زیرساخت‌های جدید، پرداخته‌اند، به تحلیل راهکارهای ممکن برای کاهش این موانع می‌پردازند. براساس نتایج حاصله، موانع اصلی توسعه فناوری‌های تجدید پذیر به ترتیب عبارت بودند از موانع اقتصادی، محیطی، اطلاعاتی، کارکردی، رویه ای و کاری (عادل نیا نجف آبادی و نیرومند، ۱۴۰۲). همچنین موانعی چون هزینه های اولیه بالا، کمبود زیرساخت های مناسب، وابستگی تولید به شرایط آب و هوایی و مقاومت صنایع فسیلی، روند توسعه انرژی های تجدیدپذیر را کند می سازند (ملا و همکاران، ۱۴۰۳).
- سیاست‌ها و مشوق‌ها: بررسی تأثیر سیاست‌ها و مشوق‌های دولتی بر توسعه و پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر نشان می‌دهد که مشوق‌ها می‌توانند به طور قابل توجهی بر تصمیمات سرمایه‌گذاران و مصرف‌کنندگان تأثیر بگذارند. عواملی همچون حمایت های اقتصادی شامل تسهیلات مالی و تخفیفات مالیاتی، سیاست های تشویقی دولتی مانند

تعهد به سهم انرژی های پاک در سبد انرژی، آگاهی بخشی عمومی برای تغییر نگرش مردم و همچنین افزایش تقاضای مصرف کنندگان برای انرژی های پاک اشاره شده است. این موارد به رشد و توسعه این منابع انرژی کمک می کنند (ملا و همکاران، ۱۴۰۳).

نوآوری‌های ذخیره‌سازی انرژی

- باتری‌های پیشرفته: پیشرفت‌های جدید در زمینه باتری‌ها، شامل بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها، به بهبود ذخیره‌سازی انرژی تولید شده از منابع تجدیدپذیر کمک کرده است (حسین‌پور سرکش، بهزاد و عادلی، ۱۴۰۰). این باتری‌ها می‌توانند عمر مفید بیشتری داشته و هزینه‌های ذخیره‌سازی را کاهش دهند.
- پمپ‌استورج و انرژی گرمایی: تکنولوژی‌های ذخیره‌سازی مانند پمپ‌استورج و ذخیره‌سازی انرژی حرارتی به عنوان راهکارهایی برای مدیریت نوسانات تولید و تقاضای انرژی تجدیدپذیر شناخته شده‌اند (Sharma and Mortazavi, 2023).

برنامه هفتم توسعه

بر اساس گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، برنامه هفتم توسعه ایران تأکید ویژه‌ای بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. با توجه به ناترازی عرضه و تقاضای برق که در سال‌های اخیر به حدود ۱۲ هزار مگاوات رسیده است، استفاده از منابع تجدیدپذیر به‌عنوان راهکاری برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و افزایش امنیت انرژی مطرح شده است. مطابق برآورد وزارت نیرو، ایران دارای پتانسیل تولید ۱۲۴ هزار مگاوات برق از منابع تجدیدپذیر است که ۷۱ هزار مگاوات آن مربوط به انرژی خورشیدی و ۴۹ هزار مگاوات آن به انرژی بادی اختصاص دارد. با این حال، تا پایان خرداد ۱۴۰۲، ظرفیت نصب‌شده برق تجدیدپذیر کشور تنها ۱۰۵۸ مگاوات بوده که معادل ۱٫۱۳ درصد از کل ظرفیت نصب‌شده کشور است. در راستای تحقق اهداف برنامه هفتم توسعه، پیشنهادهایی از جمله تأسیس صندوق بهینه‌سازی مصرف انرژی برای تضمین بازپرداخت سرمایه‌گذاری‌ها، استفاده از ظرفیت ماده (۱۲) قانون رفع موانع تولید، و تأمین ۵ درصد از برق مصرفی دستگاه‌های دولتی از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه شده است (صابری و همکاران، ۱۴۰۲).

در سال‌های اخیر، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلی سیاست‌گذاری در حوزه انرژی ایران مطرح شده است. با توجه به چالش‌هایی نظیر ناترازی عرضه و تقاضای برق، وابستگی بالا به سوخت‌های فسیلی و محدودیت‌های زیست‌محیطی، برنامه هفتم توسعه کشور تأکید ویژه‌ای بر گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر دارد.

بر اساس گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، برنامه هفتم توسعه ایران تأکید ویژه‌ای بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. با توجه به ناترازی عرضه و تقاضای برق که در سال‌های اخیر به

حدود ۱۲ هزار مگاوات رسیده است، استفاده از منابع تجدیدپذیر به‌عنوان راهکاری برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و افزایش امنیت انرژی مطرح شده است. مطابق برآورد وزارت نیرو، ایران دارای پتانسیل تولید ۱۲۴ هزار مگاوات برق از منابع تجدیدپذیر است که ۷۱ هزار مگاوات آن مربوط به انرژی خورشیدی و ۴۹ هزار مگاوات آن به انرژی بادی اختصاص دارد. با این حال، تا پایان خرداد ۱۴۰۲، ظرفیت نصب‌شده برق تجدیدپذیر کشور تنها ۱۰۵۸ مگاوات بوده که معادل ۱۰۱۳ درصد از کل ظرفیت نصب‌شده کشور است. در راستای تحقق اهداف برنامه هفتم توسعه، پیشنهادهایی از جمله تأسیس صندوق بهینه‌سازی مصرف انرژی برای تضمین بازپرداخت سرمایه‌گذاری‌ها، استفاده از ظرفیت ماده (۱۲) قانون رفع موانع تولید، و تأمین ۵ درصد از برق مصرفی دستگاه‌های دولتی از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر ارائه شده است (صابری و همکاران، ۱۴۰۲).

جدول ۱: برخی از تحقیقات انجام شده بین المللی

موضوع تحقیق	مرجع	دستاورد کلیدی پژوهش
روندهای آینده در انرژی‌های تجدیدپذیر	IRENA (2014)	شناسایی روندهای کلان فناوری و نوآوری‌های نوظهور در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر
تحلیل سیاست انرژی سبز	Qudrat-Ullah (2023)	تحلیل تأثیر سیاست‌های سبز در تسریع توسعه انرژی‌های پاک
ارزیابی فناوری‌های نوین در انرژی‌های تجدیدپذیر	Mohamed & Elsayed (2024)	معرفی و ارزیابی فناوری‌های نوظهور با تمرکز بر بهره‌وری و پایداری
استراتژی‌های سرمایه‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر	Song et al. (2022)	شناسایی بهترین استراتژی‌های جذب سرمایه و مدیریت ریسک پروژه‌های انرژی
نوآوری‌های فناوری در انرژی خورشیدی	Barak et al. (2023)	ارائه فناوری‌های نوین مانند مواد پیشرفته و سیستم‌های بهینه‌سازی انرژی خورشیدی
انرژی باد: روندهای فعلی و چشم‌انداز آینده	Varela-Vázquez & Sánchez Carreira (2017)	تحلیل بهبود کارایی توربین‌ها و روندهای بازار انرژی باد
اثرات اقتصادی سیاست‌های انرژی‌های تجدیدپذیر	Uwaga & Ogunbiyi (2024)	ارزیابی اثر سیاست‌ها بر رشد اقتصادی، اشتغال و بازار انرژی
ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر در مناطق شهری	Oluokun & Pub (2025)	بررسی روش‌ها و چالش‌های یکپارچه‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختارهای شهری
تأثیر تغییر اقلیم بر انرژی‌های تجدیدپذیر	Solaun & Cerdá (2019)	بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع و بهره‌وری انرژی‌های تجدیدپذیر
تأثیر سیاست‌های انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی	Eze et al. (2023)	شناسایی رابطه مثبت سیاست‌های انرژی پاک و رشد اقتصادی پایدار
پذیرش فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر: مزایا و چالش ها	Belrzaeg & Ali Ahmed (2023)	شناسایی عوامل موثر در پذیرش فناوری، فرصت‌ها و موانع آن
چارچوب‌هایی برای رشد انرژی‌های تجدیدپذیر	Agupugo et al. (2024)	توسعه چارچوب‌های تحلیلی برای رشد پایدار و مقیاس‌پذیر انرژی‌های تجدیدپذیر

موضوع تحقیق	مرجع	دستاورد کلیدی پژوهش
نقش ادراک عمومی در پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر	Corsini et al. (2021)	بررسی تأثیر نگرش و آگاهی عمومی در موفقیت پروژه‌های انرژی پاک
انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار	Manso & Behmiri (2020)	نشان دادن ارتباط قوی بین توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و اهداف توسعه پایدار
پیشرفت در فناوری‌های انرژی زیست‌توده	Tshikovhi & Tshwafo (2023)	معرفی فناوری‌های جدید و کاربردی در تولید انرژی زیست‌توده
تحلیل کارایی و عملکرد توربین بادی	Jang et al. (2019)	ارزیابی کارایی انواع توربین‌ها در شرایط مختلف جوی
نقش دولت در پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر	Kilinc-Ata (2015)	بررسی نقش سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی در تسریع پذیرش فناوری‌های پاک
چشم‌انداز آینده انرژی زمین گرمایی	Islam et al. (2022)	شناسایی فرصت‌ها و چالش‌های پیش‌روی توسعه انرژی زمین گرمایی
راهکارهای ذخیره انرژی تجدیدپذیر	Prisca & Extension (2024)	معرفی فناوری‌ها و سیستم‌های نوین ذخیره‌سازی انرژی
تأثیرات سیاست بر نوآوری انرژی‌های تجدیدپذیر	Groba & Breitschopf (2013)	تحلیل اثر سیاست‌ها بر سرعت و جهت نوآوری در انرژی‌های تجدیدپذیر
انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه	Fasesin et al. (2024)	بررسی چالش‌ها و فرصت‌های خاص کشورهای در حال توسعه در انرژی‌های تجدیدپذیر
پیشرفت‌های تکنولوژیک در نیروگاه‌های آبی	Ismail (2025)	معرفی فناوری‌های نوین در بهبود کارایی و کاهش زیان نیروگاه‌های آبی
امکان‌سنجی پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر	Ozdarski et al. (2021)	روش‌ها و مدل‌های ارزیابی فنی و اقتصادی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر
سیاست‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و تأثیرات اجتماعی و اقتصادی جهانی	Okedele et al. (2024)	تحلیل جامع اثرات جهانی سیاست‌های انرژی پاک بر جامعه و اقتصاد
روندهای آینده در فناوری انرژی باد	Falani et al. (2020)	شناسایی فناوری‌های نوین و روند توسعه انرژی باد در آینده
بهره‌وری انرژی و فناوری‌های تجدیدپذیر	Kandpal et al. (2024)	ارائه شاخص‌ها و روش‌های بهبود بهره‌وری انرژی در پروژه‌های تجدیدپذیر
تحلیل مقایسه‌ای هزینه منابع انرژی تجدیدپذیر	Shofiullah et al. (2024)	مقایسه هزینه‌های مختلف منابع انرژی تجدیدپذیر و پیشنهاد راهکارهای بهینه‌سازی
انرژی‌های تجدیدپذیر و اثرات زیست‌محیطی	D. Sani et al. (2019)	بررسی اثرات مثبت و منفی انرژی‌های تجدیدپذیر بر محیط زیست

جدول ۲: برخی از تحقیقات انجام شده داخلی

موضوع تحقیق	مرجع	دستاورد کلیدی پژوهش
بررسی لایحه برنامه هفتم توسعه (۱۷): بخش انرژی	صابری و نیکخواه نسب (۱۴۰۲)	بررسی کلی و جامع سیاست‌ها و برنامه‌های انرژی در لایحه برنامه هفتم توسعه ایران
مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه (۷): توسعه انرژی تجدید پذیر	صابری و همکاران (۱۴۰۲)	شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های راهبردی در حوزه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در برنامه هفتم
طراحی مدل تدوین خط‌مشی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با تکیه بر سیاست‌های کلی نظام	دارابی و فقیهی (۱۴۰۲)	ارائه مدل مفهومی برای تدوین سیاست‌های توسعه انرژی تجدیدپذیر منطبق با سیاست‌های کلی کشور
بررسی و تحلیل تاثیر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بر شاخص‌های کلان اقتصادی	جنگ‌آور و همکاران (۱۳۹۶)	تحلیل اثرات مثبت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی و شاخص‌های کلان کشور
بررسی اثرات سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی تجدیدپذیر بر متغیرهای کلان اقتصادی	گودرزی فراهانی و همکاران (۱۴۰۳)	ارزیابی نقش سرمایه‌گذاری در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تاثیرات آن بر اقتصاد کلان
بررسی تأثیر ریسک‌های کشوری در رابطه بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی	شیدائی حبشی و همکاران (۱۴۰۲)	بررسی تاثیر ریسک‌های سیاسی و اقتصادی کشور بر رابطه مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی
اولویت‌بندی روابط متقابل سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در توسعه پایدار	امینی و عموزاد خلیلی (۱۴۰۰)	اولویت‌بندی و ساختاردهی عوامل مرتبط با سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در توسعه پایدار
بررسی تاثیر انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر آلودگی هوا در ایران با نقش تعدیلی رشد اقتصادی	بافنده ایمان‌دوست و همکاران (۱۳۹۹)	تحلیل اثرات متقابل منابع انرژی و رشد اقتصادی بر آلودگی هوا
تأثیر همزمان نوآوری، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و منابع اولیه انرژی بر انتشار آلودگی	استادزاد (۱۳۹۹)	بررسی نقش نوآوری و مصرف منابع انرژی بر انتشار آلودگی با تاکید بر اقتصاد ایران
تعیین میزان یارانه مناسب جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر با الگوی تعادل عمومی	مجدزاده طباطبایی و همکاران (۱۳۹۴)	تعیین یارانه بهینه برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از مدل تعادل عمومی
طراحی مدل خط‌مشی‌گذاری توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران	منوریان و همکاران (۱۳۹۹)	ارائه مدل سیاست‌گذاری برای توسعه پایدار انرژی‌های تجدیدپذیر با رویکرد بومی‌سازی
رویکرد نظام حقوقی ایران در مورد توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر (مطالعه موردی: انرژی برق)	محمدنژاد سیگ و همکاران (۱۴۰۱)	تحلیل مقررات و چارچوب حقوقی مرتبط با توسعه انرژی تجدیدپذیر در ایران
الگوی حکمرانی مشارکتی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران: رویکرد نهادی	محمدی و دانایی فرد (۱۳۹۸)	معرفی مدل حکمرانی مشارکتی با تاکید بر نهادها و بازیگران مختلف در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر
تحلیل مفاد توسعه فناوری و نوآوری در برنامه ششم توسعه و پیشنهادات سیاستی برای برنامه هفتم	جلیلی و عطارپور (۱۴۰۳)	بررسی و تحلیل توسعه فناوری و نوآوری در برنامه ششم و ارائه راهکارهای سیاستی برای برنامه هفتم
تحلیل گفتمان مدیریت و سیاست‌گذاری حوزه برق کشور	رحیمی راد (۱۴۰۰)	بررسی و تحلیل محتوای گفتمان سیاست‌گذاری و مدیریت بخش برق ایران
تحلیل تطور تاریخی توسعه فناوری سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک در ایران: رویکرد نهادی	خیاطیان یزدی و همکاران (۱۳۹۹)	بررسی روند تاریخی و نهادی توسعه فناوری‌های خورشیدی فتوولتائیک در ایران

با توجه به این پیشینه تحقیقاتی، برنامه هفتم توسعه کشور با هدف بهره‌برداری از پتانسیل‌های موجود و رفع چالش‌های پیش‌رو، بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تأکید دارد. تحقق این اهداف مستلزم همکاری مؤثر بین دولت، بخش خصوصی و نهادهای پژوهشی می‌باشد.

شکاف‌های تحقیقاتی در زمینه آینده‌پژوهی انرژی‌های تجدیدپذیر به چندین حوزه اصلی مرتبط است که به نیاز به تحقیقات بیشتر و توسعه روش‌های نوین اشاره دارند. در اینجا به برخی از مهم‌ترین این شکاف‌ها پرداخته می‌شود:

مدل‌های پیش‌بینی فعلی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر عمدتاً بر اساس داده‌های تاریخی و روندهای موجود توسعه یافته‌اند. با این حال، عدم دقت در پیش‌بینی‌های بلندمدت و تغییرات غیرمنتظره مانند پیشرفت‌های فناوری جدید و تغییرات سریع در سیاست‌های جهانی، نیاز به مدل‌های پیش‌بینی دقیق‌تر و انعطاف‌پذیرتر را نمایان می‌سازد. علاوه بر این، بیشتر مدل‌ها به تحلیل سناریوهای محدود می‌پردازند و به بررسی سناریوهای غیرمعمول و بحران‌های جهانی کمتر توجه دارند (استادزاد ، ۱۳۹۲) بنابراین، نیاز به توسعه مدل‌های پیش‌بینی پیچیده‌تر و جامع‌تر که به تغییرات ناگهانی و عدم قطعیت‌ها پاسخ دهند، احساس می‌شود.

پیشرفت‌های فناوری در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، از جمله انرژی خورشیدی و بادی، به سرعت در حال پیشرفت است. اما، شکاف‌های تحقیقاتی در زمینه پذیرش عمومی و پذیرش فناوری‌های جدید وجود دارد. به ویژه، تحقیقاتی که به تأثیرات اجتماعی و روانی این فناوری‌ها بر روی جوامع مختلف و همچنین موانع پذیرش در سطح محلی و جهانی می‌پردازند، کمبود دارند (شوقی آغجه مشهد و همکاران، ۱۴۰۲). بررسی عواملی مانند نگرانی‌های زیست‌محیطی، هزینه‌های اولیه، و نیاز به زیرساخت‌های جدید، می‌تواند به تسهیل پذیرش و توسعه فناوری‌های نوین کمک کند.

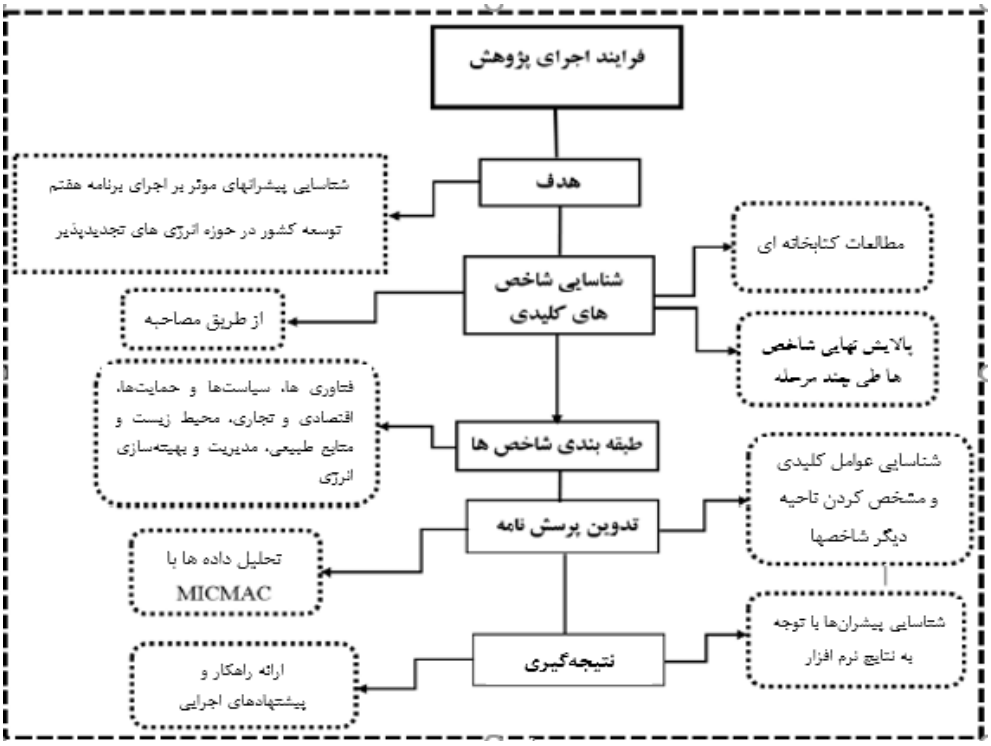
اگرچه تحقیقات زیادی به بررسی اثرات زیست‌محیطی انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند، اما شکاف‌هایی در درک اثرات بلندمدت و تعاملات پیچیده این فناوری‌ها با سیستم‌های زیست‌محیطی وجود دارد. به ویژه، اثرات بالقوه منفی زیست‌محیطی مانند تاثیر بر تنوع زیستی و مصرف منابع اولیه در فرآیند تولید این فناوری‌ها هنوز به طور کامل بررسی نشده‌اند (استادزاد ، ۱۳۹۹). همچنین، تحلیل‌های اقتصادی به بررسی دقیق‌تری از هزینه‌های کل چرخه عمر و مزایای اقتصادی انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با منابع سنتی نیاز دارند.

یکی از چالش‌های اصلی در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، مدیریت نوسانات تولید و تقاضا است. در حالی که سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی به عنوان راهکارهایی برای این مشکل پیشنهاد شده‌اند، شکاف‌هایی در زمینه بهینه‌سازی و کاهش هزینه‌های این سیستم‌ها وجود دارد (مهدی زاده و تقی‌زادگان کلانتری، ۱۳۹۶). تحقیقات بیشتر در زمینه بهبود فناوری‌های ذخیره‌سازی، از جمله باتری‌ها و سیستم‌های ذخیره‌سازی حرارتی، و همچنین بررسی تأثیرات این فناوری‌ها بر شبکه‌های انرژی مورد نیاز است.

تحقیقات در زمینه تأثیر سیاست‌ها و چارچوب‌های قانونی بر توسعه و پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر به طور گسترده‌ای وجود دارد، اما هنوز شکاف‌هایی در زمینه تحلیل تأثیرات دقیق و فرامرزی این سیاست‌ها وجود دارد (محمدی نعیمه و دانایی فرد ، ۱۳۹۸). نیاز به مطالعات بیشتر در زمینه ارزیابی اثرات سیاست‌های مختلف و چگونگی بهینه‌سازی مشوق‌ها و مقررات برای حمایت از انتقال به انرژی‌های تجدیدپذیر احساس می‌شود.

۳- روش‌شناسی

پژوهش حاضر به شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی مؤثر بر اجرای برنامه هفتم توسعه جمهوری اسلامی ایران در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر طی سال‌های ۱۴۰۳ تا ۱۴۰۷ می‌پردازد. این مطالعه از منظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش، ترکیبی از تحلیل کیفی و تحلیل ساختاری با بهره‌گیری از روش MICMAC (ماتریس تأثیرات متقابل) است. در پژوهش حاضر، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، ابتدا پیشران‌های اجرای برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر شناسایی شده و بر این اساس موارد توسط خبرگان بررسی و عوامل استخراج شده مورد تأیید خبرگان قرار گرفتند. روش تحلیل ساختاری اثرات متقابل (CIA)، یکی از ابزارهای مفید در تحلیل سیستم‌های پیچیده است که مزایای فراوانی دارد. از مزایای کلیدی این روش می‌توان به توانایی آن در شفاف‌سازی ارتباطات بین متغیرهای مختلف و فراهم آوردن بستری برای تحلیل سیستم‌های چندرشته‌ای اشاره کرد (رفیعی، ۱۴۰۰). عوامل شناسایی شده توسط خبرگان امتیازدهی می گردد. سپس برای شناسایی پیشران‌ها، عواملی که بیشترین تاثیرگذاری و کمترین اثرپذیری را دارند بعنوان پیشران های کلیدی معرفی می گردند.



شکل ۱- فرآیند اجرای تحقیق

۱. شناسایی اولیه پیشران‌ها

در نخستین گام، با بهره‌گیری از مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی اسناد بالادستی، سیاست‌نامه‌ها، گزارش‌های بین‌المللی (نظیر IEA و IRENA) و مقالات علمی، فهرستی اولیه از پیشران‌های مؤثر بر

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران استخراج شد. این پیشران‌ها در پنج دسته کلی طبقه‌بندی گردیدند: (۱) فناوری‌ها، (۲) سیاست‌ها و حمایت‌ها، (۳) اقتصادی و تجاری، (۴) محیط زیست و منابع طبیعی، و (۵) مدیریت و بهینه‌سازی انرژی.

۲. اعتبارسنجی و تکمیل پیشران‌ها با نظر خبرگان

در گام دوم، برای تأیید و اصلاح فهرست پیشران‌ها، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته اکتشافی با خبرگان انجام گرفت. برای انتخاب مشارکت‌کنندگان، از روش نمونه‌گیری هدفمند از نوع گلوله‌برفی استفاده شد که روشی غیرتصادفی برای شناسایی افراد متخصص از طریق معرفی دیگران است. جامعه هدف پژوهش را پژوهشگران و متخصصان دانشگاهی با سابقه فعالیت علمی و اجرایی در حوزه‌های سیاست‌گذاری انرژی، حکمرانی و اقتصاد تشکیل می‌دادند.

در مجموع، ۷ نفر در این مرحله مشارکت داشتند که همگی مرد و دارای حداقل ۱۰ سال سابقه کاری بودند. از این تعداد، ۵ نفر دارای مدرک دکتری و ۲ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد بودند. روند مصاحبه‌ها تا رسیدن به اشباع نظری ادامه یافت و پس از آن متوقف شد.

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی خبرگان به شرح زیر است:

جدول ۳: ویژگی جمعیت شناختی خبرگان

ردیف	جنسیت	سن	رشتهٔ تحصیلی	سمت	سابقه کار (سال)
۱	مرد	۵۲	دکتری مدیریت فنّاوری	عضو هیئت علمی دانشگاه	۱۸
۲	مرد	۵۶	دکتری سیاست‌گذاری علم و فنّاوری	عضو هیئت علمی دانشگاه	۲۳
۳	مرد	۴۰	دکتری مدیریت فنّاوری	عضو هیئت علمی دانشگاه	۱۳
۴	مرد	۵۱	دکتری مدیریت صنعتی	عضو هیئت علمی دانشگاه	۲۱
۵	مرد	۴۳	دکتری مدیریت فنّاوری	مشاور ارشد و مدیریت فنی	۱۷
۶	مرد	۳۳	کارشناس ارشد انرژی	مشاور ارشد انرژی	۱۲
۷	مرد	۳۲	کارشناس ارشد اقتصاد	مشاور ارشد مطالعات بازار	۱۰

۳. ساخت ماتریس اثرات متقابل و امتیازدهی به پیشران‌ها

پس از نهایی‌سازی فهرست پیشران‌ها، از خبرگان خواسته شد میزان اثرگذاری هر عامل بر سایر عوامل را در قالب یک ماتریس اثرات متقابل مشخص کنند. در این ماتریس خبرگان میزان ارتباط بین متغیرها و حوزه مربوطه را تشخیص داده و میزان اثرگذاری و اثرپذیری هر یک از عوامل را مشخص نمودند. در این مرحله، از مقیاس ۴ درجه‌ای برای امتیازدهی استفاده گردید (زالی و بهشتی، ۱۳۸۷). به‌طوری‌که «صفر» به‌معنای بدون تأثیر، «یک» تأثیر ضعیف، «دو» تأثیر متوسط و «سه» تأثیر زیاد را نشان می‌دهد. در نتیجه، اگر تعداد متغیرهای شناسایی شده x باشد، یک ماتریس x × x به‌دست می‌آید (تقوایی و حسینی خواه، ۱۳۹۶). لازم به ذکر است که مجموع داده‌های سطرها میزان تأثیرگذاری و مجموع داده‌های ستون‌ها میزان تأثیرپذیری را نشان می‌دهند.

۴. تحلیل ساختاری با نرم‌افزار MICMAC

روش تحلیل ساختاری اثرات متقابل (CIA) به‌ویژه در تحلیل مسائل پیچیده و چندبعدی مفید است، زیرا قادر است اثرات غیرمستقیم و تعاملات پیچیده میان عوامل مختلف را شبیه‌سازی کند. این ویژگی موجب می‌شود تحلیل‌های مبتنی بر CIA در بهبود تصمیم‌گیری‌های استراتژیک و تدوین سیاست‌های مؤثر در برنامه‌های توسعه‌ای نقش بسزایی داشته باشند (طالعی فر، ۱۴۰۲). علاوه بر این، CIA به تحلیلگران و تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که به‌طور سیستماتیک اثرات متقابل عوامل را بررسی کنند و به شفافیت و وضوح بیشتری در شناسایی پیشران‌ها و محدودیت‌های سیستم دست یابند (رفیعی، ۱۴۰۰).

برای تحلیل داده‌ها در این پژوهش، از نرم‌افزار تخصصی MICMAC استفاده شد. MICMAC که مخفف عبارت فرانسوی "Matrix of Cross Impact Multiplications Applied to a Classification" است، ابزاری کاربردی در تحلیل ساختاری اثرات متقابل محسوب می‌شود. این نرم‌افزار با پردازش ماتریس اثرات متقابل، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر عامل را محاسبه می‌کند و پیشران‌ها را در نقشه‌ای دو بعدی تحت عنوان «نمودار تأثیر-وابستگی» ترسیم می‌کند. بر اساس این تحلیل، عوامل شناسایی شده در چهار دسته اصلی طبقه‌بندی می‌شوند:

- پیشران‌های کلیدی (عامل‌های با تأثیر بالا و وابستگی کم)
- عوامل وابسته (با تأثیر پایین و وابستگی بالا)
- عوامل پیوندی (با تأثیر و وابستگی بالا)
- عوامل مستقل یا خودمختار (با تأثیر و وابستگی پایین)

این دسته‌بندی به شناسایی عوامل راهبردی و هدایت‌گر در سیستم توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کمک می‌کند.

۵. تحلیل و تفسیر نهایی

در پایان، نتایج حاصل از تحلیل ساختاری اثرات متقابل با استفاده از نرم‌افزار MICMAC مورد تفسیر قرار گرفت. تمرکز اصلی پژوهش بر شناسایی پنج دسته اصلی عوامل، به ویژه پیشران‌های کلیدی با بیشترین تأثیرگذاری و کمترین وابستگی بود که نقش راهبردی در موفقیت اجرای برنامه توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. علاوه بر این، برای هر یک از اهداف برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر ، پیشران‌های کلیدی و پیشران‌های اعتماد به‌صورت مجزا تخصیص یافته و مورد بررسی قرار گرفتند. این تحلیل به‌عنوان پایه‌ای برای ارائه پیشنهادهای سیاستی و تدوین نتیجه‌گیری‌های پژوهش به کار گرفته شد.

۴- یافته‌ها

گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر اقتصاد و جامعه داشته باشد. ایجاد فرصت‌های شغلی جدید، کاهش وابستگی به منابع فسیلی و بهبود کیفیت هوا و سلامت عمومی از جمله

مزایای اجتماعی و اقتصادی این روندها هستند. یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر اجرای برنامه هفتم توسعه کشور در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه فناوری‌های نوین و فعالیت‌های تحقیق و توسعه است. پیشرفت‌های مستمر در فناوری‌های خورشیدی، بادی و زیست‌توده باعث افزایش کارایی و کاهش هزینه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر شده است (موسوی درچه و کریمیان ، ۱۴۰۱). به‌طور خاص، فناوری‌های نوظهوری مانند پنل‌های خورشیدی با کارایی بالا و توربین‌های بادی با بهره‌وری بیشتر نقش مهمی در افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی جهانی ایفا می‌کنند (وصفی اسفستانی و ابوترابی ذاتی ، ۱۳۹۳) .

سیاست‌ها و حمایت‌های دولتی نقش کلیدی در توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. بسیاری از کشورها با اعمال سیاست‌های حمایتی مانند تعرفه‌های تضمینی، اعتبارات مالیاتی و برنامه‌های تشویقی برای سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک، رشد این صنعت را تسریع کرده‌اند (اعراب شیبانی و اعراب شیبانی، ۱۳۹۴). این سیاست‌ها نه تنها به کاهش ریسک سرمایه‌گذاری کمک می‌کنند، بلکه ایجاد بازارهای جدید و افزایش تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر را نیز تسهیل می‌کنند (مجدزاده طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۴). این تغییرات اقلیمی و نگرانی‌های محیط‌زیستی یکی دیگر از پیشران‌های اصلی صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. افزایش آگاهی عمومی و علمی درباره تأثیرات منفی استفاده از سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست، تقاضا برای انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر را افزایش داده است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). کشورهای مختلف با تعیین اهداف کاهش گازهای گلخانه‌ای و تعهد به توافق‌نامه‌های بین‌المللی مانند توافق‌نامه پاریس، به دنبال کاهش انتشار کربن و توسعه پایدار هستند (عبدالهی و فریادی، ۱۴۰۳). انرژی‌های تجدیدپذیر علاوه بر مزایای محیط‌زیستی، مزایای اقتصادی و اجتماعی نیز دارند. ایجاد فرصت‌های شغلی جدید، کاهش وابستگی به منابع فسیلی و بهبود امنیت انرژی از جمله تأثیرات مثبت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر هستند (کریم‌پور و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کارایی فناوری‌ها باعث شده است که انرژی‌های تجدیدپذیر رقابتی‌تر شوند و در نتیجه، تقاضا برای این منابع انرژی افزایش یابد (الهی و همکاران، ۱۳۹۴). در ادامه در جدول زیر عوامل موثر بر توسعه انرژی های تجدیدپذیر از طریق مطالعات کتابخانه ای شناسایی شده اند.

جدول ۴: عوامل مؤثر بر اجرای برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی های تجدیدپذیر

شاخص	عوامل	محقق/محققان	کد
فناوری‌ها	توسعه فناوری‌های خورشیدی	(Verma, 2024)	SOLR
	پیشرفت در فناوری باتری‌ها و ذخیره‌سازی انرژی	(Njema et al, 2024)	BATT
	نوآوری در فناوری‌های بادی	(Firoozi et al, 2024)	WIND
	فناوری‌های زمین‌گرمایی	(Kumar et al, 2022)	GEOT
	پیشرفت‌های انرژی جزر و مدی	(Ahmad et al, 2022)	TIDL
	کاربردهای انرژی هیدروژنی	(Pan et al, 2020)	HYDR

شاخص	عوامل	محقق/محققان	کد
	پیشرفت در مواد جدید برای بهینه‌سازی تولید انرژی	(Thakkar et al, 2024)	MATE
	پیشرفت در فناوری‌های کوچک‌مقیاس و محلی	(Yaïci et al, 2022)	SMLL
	پیشرفت در فناوری‌های نانویی برای بهینه‌سازی انرژی	(Gohar et al, 2024)	NANO
	پیشرفت در مواد جدید برای ساخت پنل‌های خورشیدی	(Ogundipe et al, 2024)	PANL
	پیشرفت در فناوری‌های ترکیبی انرژی	(Geweda et al, 2025)	HYBD
	پیشرفت در فناوری‌های جذب و ذخیره کربن	(Osman et al, 2020)	CRBN
	فناوری‌های ساختارهای سبک و مقاوم برای تولید انرژی	(Spanodimitriou et al, 2023)	STRC
	فناوری‌های تصفیه و استفاده مجدد از آب جهت تولید	(Simões et al, 2020)	PURF
	توسعه فناوری‌های کاهش اتلاف انرژی	(Dahihande et al, 2020)	RDUC
	توسعه فناوری‌های بازیافت انرژی	(Kharmawphlang et al, 2024)	CONV
	توسعه فناوری‌های تبدیل انرژی	(Oyedepo SO et al, 2024)	AREA
	توسعه فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر	(Nwokediegwu et al, 2024)	RECY
سیاست‌ها و حمایت‌ها	توسعه سیاست‌های حمایتی و مشوق‌ها	(K V et al, 2025)	POLC
	افزایش سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی	(Ahamed, 2021)	PUBL
	پیشرفت‌های نرم‌افزاری در مدیریت و بهینه‌سازی انرژی	(Segun-Falade et al, 2024)	SOFT
	افزایش همکاری‌های بین‌المللی	(Quitzow et al, 2019)	INTR
	افزایش تعداد دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی فعال	(Huenneke et al, 2017)	UNIV
	توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی	(Omase et al, 2023)	VHCL
اقتصادی و تجاری	کاهش هزینه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر	(Renna et al, 2021)	COST
	افزایش رقابت در بازار انرژی	(Acemoglu et al, 2017)	MRKT
	افزایش تمایل به خودکفایی انرژی	(Aneli et al, 2023)	SUFF
	افزایش تقاضا برای ساختمان‌های پایدار	(e-Prime, 2021)	DMND
	تحولات در سیستم‌های حمل‌ونقل برقی	(Omase, 2023)	TRNS
	افزایش آگاهی و تقاضای عمومی برای انرژی پاک	(Esiri et al, 2024)	AWAR
محیط زیست و منابع طبیعی	استفاده از بیومس و سوخت‌های زیستی	(Fiala et al, 2018)	BIOM
	تغییرات قوانین و مقررات زیست‌محیطی	(Gao, 2025)	ENVR
	تغییرات آب‌وهوایی و اثرات آن بر منابع انرژی	(Gernaat et al, 2021)	CLIM
	تحولات در سیستم‌های انرژی محلی و مستقل	(Deb et al, 2023)	LOCL
	پیشرفت‌های بیوتکنولوژی در تولید سوخت‌های زیستی	(Nath, 2025)	BIOT
	تحولات در انرژی‌های تجدیدپذیر و اقتصاد سبز	(Chou et al, 2023)	RENW
	تحولات در فناوری‌های حمل‌ونقل هوایی و دریایی سبز	(Nelson, 2017)	GREN
مدیریت و بهینه‌سازی انرژی	استفاده از فناوری‌های هوشمند در مصرف انرژی	(Alwadi et al, 2023)	CONS
	افزایش کارایی انرژی در صنایع	(Dolge et al, 2021)	EFFC
	شبکه‌های هوشمند و مدیریت انرژی	(Rangaraju et al, 2021)	SMRT

جدول ۵: درجه تاثیرگذاری و تاثیرپذیری عوامل موثر بر اجرای برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی

	1: SOLR	2: BATT	3: WIND	4: BIOM	5: GEOT	6: TIDL	7: HYDR	8: SMRT	9: MATE	10: COST	11: POLC	12: PUBL	13: SOFT	14: CONV	15: AWAR	16: SMLL	17: INTR	18: UNIV	19: MRKT	20: SUFF	21: TRNS	22: DMND	23: AREA	24: EFFC	25: ENVR	26: CHAN	27: VACL	28: CLIM	29: CONG	30: NANO	31: LOCL	32: WDT	33: PARL	34: PURF	35: RENW	36: STRC	37: RECY	38: COMM	39: RDUC	40: GREN
1: SOLR	0	2	2	1	2	1	2	3	1	1	2	3	1	1	3	2	2	2	1	2	3	3	1	3	3	2	1	1	1	1	3	3	1	2	1	1	3	3	1	2
2: BATT	3	0	2	1	1	3	2	2	2	2	2	3	1	3	1	3	1	3	1	1	3	2	2	2	3	2	2	3	1	3	2	2	2	2	3	2	1	3	1	2
3: WIND	2	1	0	3	1	1	1	3	2	3	1	3	3	2	2	2	3	3	2	1	2	2	3	1	3	2	3	3	2	3	2	2	1	2	3	2	1	3	1	1
4: BIOM	2	2	1	0	3	3	3	1	1	3	1	2	3	3	1	2	3	3	2	2	2	1	1	1	1	3	3	3	3	2	3	2	1	1	2	2	1	3	1	1
5: GEOT	1	3	3	1	0	1	2	1	1	2	1	1	2	2	3	1	2	1	2	2	1	1	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	1	3	1	1	1	2	3
6: TIDL	1	2	2	3	2	0	2	2	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	3	3	1	1	3	2	2	1	1	1	3	3	2	3	1	2	2	2	2	3	3
7: HYDR	2	1	2	3	3	1	0	2	2	3	1	1	1	1	2	1	2	3	1	1	2	2	1	1	3	1	2	3	3	2	3	1	2	1	2	3	3	2	1	
8: SMRT	2	2	3	3	1	1	1	0	3	2	2	3	3	1	1	3	3	1	3	3	1	3	3	3	3	1	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3		
9: MATE	1	1	2	3	3	1	2	1	0	1	1	1	1	2	1	3	2	3	2	1	2	3	1	1	1	2	2	3	1	3	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1
10: COST	2	2	3	3	1	3	1	1	2	0	1	1	1	3	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	3	1	3	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	
11: POLC	2	1	2	2	1	2	1	2	3	1	0	3	2	2	3	2	2	1	3	3	3	3	1	2	3	2	3	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1
12: PUBL	3	1	1	2	1	2	3	3	1	1	3	0	2	1	2	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	3	1	3	1	2	1	2	1	3	1	1	2	3	1	3
13: SOFT	1	1	2	1	2	1	2	1	3	3	2	3	0	1	3	3	2	1	2	3	1	3	1	1	3	2	3	1	2	2	3	2	3	2	2	3	3	2	1	2
14: CONV	1	2	3	3	3	2	3	3	1	2	3	2	1	0	1	3	1	3	2	1	3	2	3	3	1	2	2	1	1	1	3	1	3	3	2	3	2	3	1	
15: AWAR	3	1	3	1	1	2	2	3	3	1	1	2	2	3	0	2	3	3	3	2	1	3	3	1	1	1	1	1	1	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	
16: SMLL	3	1	1	2	1	2	2	3	2	3	2	3	1	2	2	0	3	2	2	1	1	3	3	2	2	3	3	1	1	3	1	3	2	2	1	1	3	2	1	
17: INTR	2	1	3	1	1	3	2	2	1	1	2	1	1	3	1	1	0	3	3	3	1	1	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	1	
18: UNIV	2	2	1	2	1	3	2	3	1	1	1	2	3	2	3	1	0	3	3	3	1	1	3	1	2	1	2	3	1	2	2	2	1	2	3	2	1	1	3	2
19: MRKT	2	3	3	2	1	2	3	1	2	3	1	3	1	3	3	2	3	1	0	3	2	2	3	3	2	1	1	3	1	2	3	2	3	1	3	3	3	1	3	1
20: SUFF	2	3	3	2	2	2	2	3	1	3	2	3	2	1	3	3	1	3	3	0	3	2	3	2	3	1	2	2	3	1	2	2	1	1	1	3	1	2	1	1
21: TRNS	3	1	3	3	1	1	1	3	2	3	2	2	2	1	3	3	1	3	1	1	0	3	3	2	1	2	1	2	2	1	1	3	3	2	2	3	3	3	3	3
22: DMND	3	3	1	3	2	3	3	3	2	2	1	2	1	2	1	3	3	2	2	1	3	0	1	1	2	2	2	3	1	2	3	1	2	1	3	3	1	1	1	3
23: AREA	3	2	2	2	1	2	3	1	1	2	1	1	3	1	1	1	3	3	1	2	1	1	0	2	1	2	2	1	1	2	2	2	3	3	1	3	1	2	3	
24: EFFC	3	2	1	3	2	3	3	2	1	2	3	2	3	3	3	3	2	1	3	1	1	3	2	0	1	3	2	3	2	2	2	1	2	2	3	1	1	3	1	3
25: ENVR	3	2	2	3	1	2	1	3	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	1	1	3	1	1	0	2	2	1	3	2	3	3	2	2	1	3	1	3	1	1
26: CHAN	2	2	1	2	3	1	2	3	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	3	3	3	0	2	2	3	1	2	1	2	1	1	3	1	1	3	2	2	
27: VACL	2	3	1	3	2	3	1	2	3	3	3	2	1	3	2	1	2	3	2	2	2	3	3	3	1	1	0	3	3	1	1	1	3	1	2	3	2	1	2	
28: CLIM	1	2	3	2	2	1	1	1	3	3	1	2	2	1	3	2	1	1	3	2	2	1	3	2	2	2	1	0	2	3	1	2	3	3	2	3	3	3	3	
29: CONG	1	2	3	1	3	2	2	2	1	1	2	1	3	1	1	3	3	2	3	2	3	1	3	1	1	2	3	3	0	2	2	3	1	3	3	3	2	1	1	
30: NANO	3	3	2	2	1	1	2	2	2	3	1	2	1	3	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	3	2	2	3	0	1	2	3	2	3	2	1	1	2	1	
31: LOCL	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	1	3	2	2	3	3	1	2	1	1	2	2	3	2	2	2	3	3	1	2	0	1	3	2	1	2	1	2	2	2
32: WDT	2	3	1	3	2	3	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	1	3	1	2	1	1	2	3	2	2	1	3	2	3	2	0	1	3	2	2	1	2	3	3
33: PARL	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	1	2	1	3	2	3	3	3	1	1	1	3	2	2	1	2	3	2	3	1	2	0	3	3	1	3	2	1	3	
34: PURF	2	1	2	3	2	1	3	1	1	2	1	1	3	2	1	3	2	1	2	3	2	2	1	2	3	2	1	2	2	3	2	1	1	0	1	3	2	3	1	2
35: RENW	2	3	3	1	2	3	2	1	3	1	1	1	2	2	3	2	1	2	1	1	3	1	3	1	2	3	3	1	2	2	3	1	2	0	2	3	1	3	3	
36: STRC	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3	2	2	3	2	1	2	1	3	2	2	1	3	1	2	3	3	3	1	3	3	1	2	3	1	0	1	3	2	2	1
37: RECY	1	2	3	1	2	2	1	3	1	2	2	3	3	2	2	3	1	1	3	2	2	2	2	3	3	3	1	2	2	3	2	1	2	1	3	0	3	2	3	
38: COMM	1	2	2	3	2	3	1	2	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1	3	3	1	2	2	1	1	3	2	3	2	1	1	0	1	2	
39: RDUC	3	3	3	1	2	1	1	1	2	3	3	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	2	3	2	1	2	1	0	1	
40: GREN	1	2	1	3	1	1	1	1	1	3	1	1	2	3	1	1	1	3	3	3	3	2	1	2	2	1	3	3	3	1	1	2	3	1	2	2	1	2	3	0

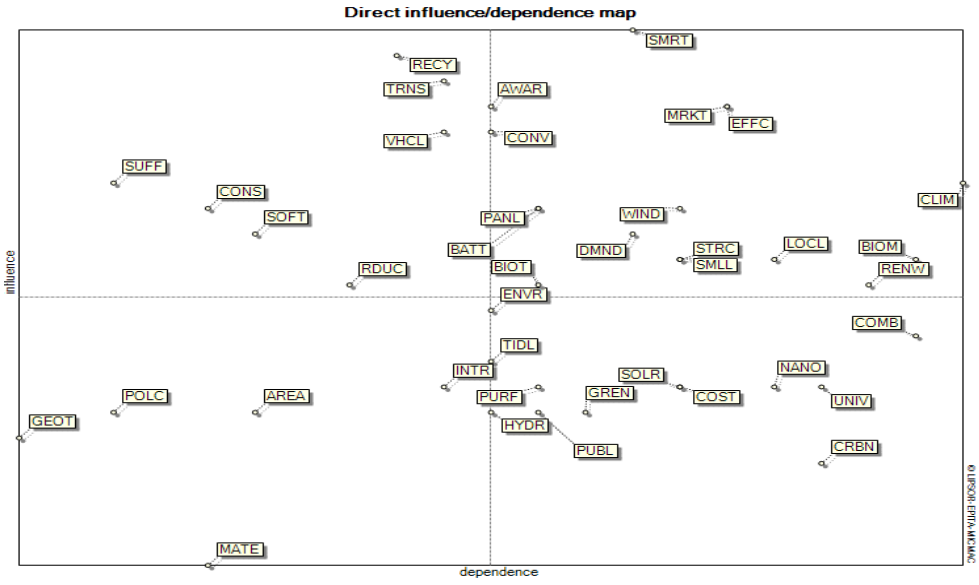
تحلیل MICMAC

در این مرحله پیشران‌های شناسایی شده هر کدام به ۴ گروه طبقه بندی شده است. تحلیل میک مک با توجه به جدول ماتریس سطر و ستون عوامل در نظر گرفته شده است. میزان نفوذ هر عامل در محور عمودی و میزان وابستگی هر عامل در محور افقی مشخص شده است. عواملی که دارای بیشترین قدرت نفوذ باشند متغیرهای مستقل و عواملی که دارای بیشترین وابستگی باشند، متغیر وابسته در نظر گرفته می شود. باتوجه به شکل (۲) مشاهده می شود که ۷ مولفه در خوشه متغیرهای پیشران قرار گرفته است که قدرت نفوذ بالا به همراه قدرت وابستگی پایینی دارند. همچنین شکل (۲) گویای این مطلب است که ۱۲ مولفه در خوشه وابسته قرار دارند. همچنین ۱۶ مولفه نیز در خوشه پیوندی قرار دارد که هم قدرت نفوذ و هم قدرت وابستگی بالایی دارند. شایان ذکر است که ۵ متغیر در خوشهٔ خود مختار جای گرفته اند که نشان دهنده آن است که هم قدرت نفوذ و هم قدرت وابستگی پایینی دارند. در شکل زیر محور افقی میزان وابستگی(تاثیرپذیری) و محور عمودی میزان نفوذ(تاثیرگذاری) مولفه‌ها را نشان می‌دهد.

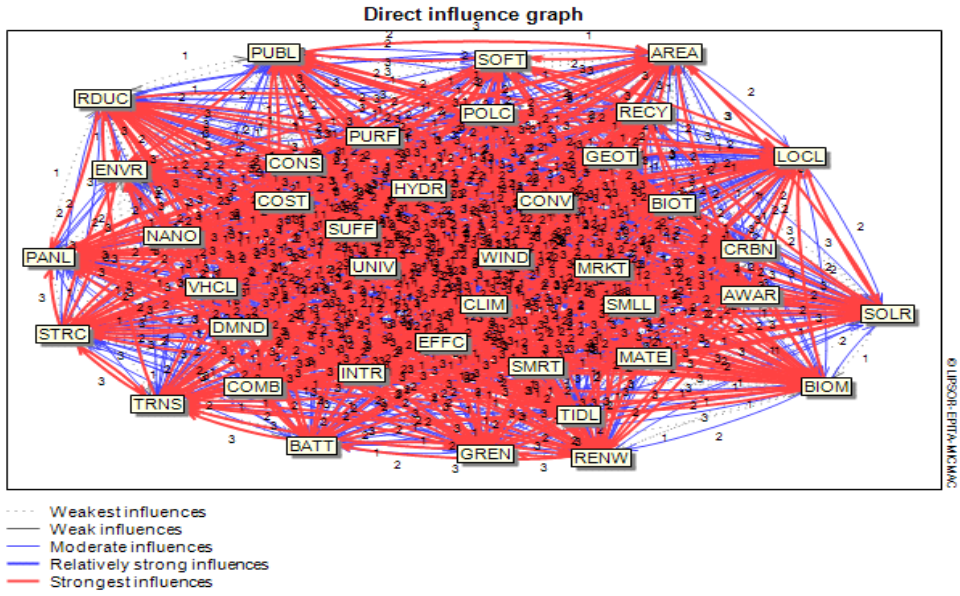
با تجزیه و تحلیل شاخص های کلیدی، ابعاد ماتریس ۴۰ × ۴۰ با نرم افزار میک مک، درجه پرشدگی ماتریس ۹۷٫۵٪، می باشد. مشخصات ماتریس در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۶: مشخصات ماتریس روابط

ابعاد ماتریس	تکرار	بدون تاثیر	تاثیر گذار	تقویت کننده	توانمند ساز	درجه پرشدگی	تعداد روابط
۴۰ × ۴۰	۲	۴۰	۵۴۵	۵۰۱	۵۱۴	٪۹۷٫۵	۱۶۰۰



شکل ۲- عوامل موثر بر اساس تاثیرگذاری و تاثیرپذیری مستقیم

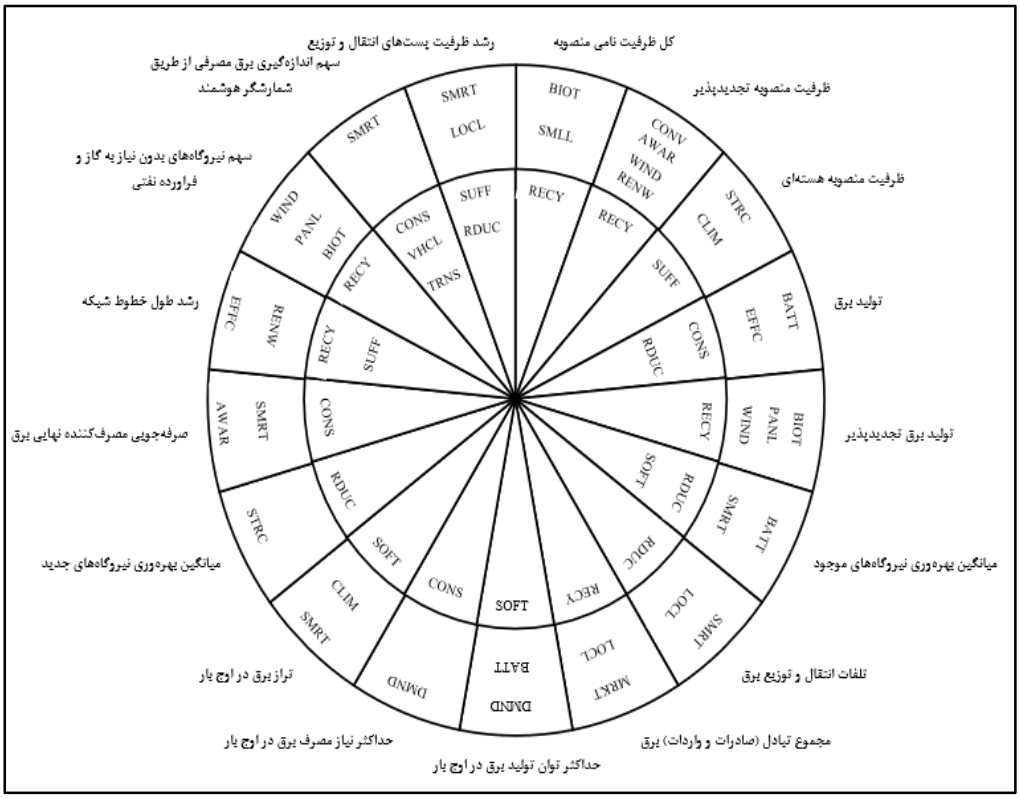


شکل ۳ - تاثیرات مستقیم با پوشش ۱۰۰ درصد

جدول ۷: خوشه‌بندی عوامل

متغیرهای خودمختار	متغیرهای پیشران	متغیرهای اعتماد	متغیرهای وابسته
فناوری‌های زمین‌گرمایی	افزایش تمایل به خودکفایی انرژی	پیشرفت‌های بیوتکنولوژی در تولید سوخت‌های زیستی	تغییرات قوانین و مقررات زیست‌محیطی

متغیرهای خودمختار	متغیرهای پیشران	متغیرهای اعتماد	متغیرهای وابسته
توسعه سیاست‌های حمایتی و مشوق‌ها	استفاده از فناوری‌های هوشمند در مصرف انرژی	پیشرفت در فناوری باتری‌ها و ذخیره‌سازی انرژی	فناوری‌های تصفیه و استفاده مجدد از آب جهت تولید
توسعه فناوری‌های تبدیل انرژی	پیشرفت‌های نرم‌افزاری در مدیریت و بهینه‌سازی انرژی	پیشرفت در مواد جدید برای ساخت پنل‌های خورشیدی	پیشرفت‌های انرژی جزر و مدی
پیشرفت در مواد جدید برای بهینه‌سازی تولید انرژی	توسعه فناوری‌های کاهش اتلاف انرژی	توسعه فناوری‌های بازیافت انرژی	افزایش سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی
افزایش همکاری‌های بین‌المللی	توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی	افزایش آگاهی و تقاضای عمومی برای انرژی پاک	تحولات در فناوری‌های حمل‌ونقل هوایی و دریایی سبز
	تحولات در سیستم‌های حمل‌ونقل برقی	شبکه‌های هوشمند و مدیریت انرژی	توسعه فناوری‌های خورشیدی
	توسعه فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر	افزایش رقابت در بازار انرژی	کاهش هزینه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر
		افزایش کارایی انرژی در صنایع	پیشرفت در فناوری‌های جذب و ذخیره کربن
		نوآوری در فناوری‌های بادی	پیشرفت در فناوری‌های نانویی برای بهینه‌سازی انرژی
		افزایش تقاضا برای ساختمان‌های پایدار	افزایش تعداد دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی فعال
		فناوری‌های ساختارهای سبک و مقاوم برای تولید انرژی	پیشرفت در فناوری‌های جذب و ذخیره کربن
		پیشرفت در فناوری‌های کوچک‌مقیاس و محلی	کاربردهای انرژی هیدروژنی
		تحولات در سیستم‌های انرژی محلی و مستقل	
		استفاده از بیومس و سوخت‌های زیستی	
		تحولات در انرژی‌های تجدیدپذیر و اقتصاد سبز	
		تغییرات آب‌وهوایی و اثرات آن بر منابع انرژی	



شکل ۴ – تخصیص پیشران‌های شناسایی شده به اهداف برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی

۵– بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهداف برنامه هفتم توسعه و ضرورت گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر، نتایج این پژوهش حاکی از آن است که توسعه در این حوزه نیازمند درک عمیق از پیشران‌های اثرگذار و تعاملات بین آن‌هاست. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده و استفاده از روش MICMAC، عوامل شناسایی‌شده در پنج دسته کلیدی شامل فناوری‌ها، سیاست‌ها و حمایت‌ها، اقتصادی و تجاری، محیط زیست و منابع طبیعی، و مدیریت و بهینه‌سازی انرژی طبقه‌بندی شدند. این دسته‌ها، ابعاد اصلی تحول در بخش انرژی تجدیدپذیر را شکل می‌دهند.

دسته اول: فناوری‌ها (عامل بنیادین تحول)

فناوری‌ها در مدل MICMAC عمدتاً در دسته متغیرهای خودمختار و پیشران جای دارند. یعنی این متغیرها منشأ اثر هستند و بر سایر متغیرها تأثیرگذارند، اما خودشان کمتر تحت تأثیر سایر عوامل قرار دارند. برای مثال، فناوری‌های زمین‌گرمایی، فناوری‌های تبدیل انرژی، فناوری‌های باتری و ذخیره‌سازی انرژی، و توسعه فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله مؤلفه‌های فناورانه هستند که ساختار سیستم انرژی آینده را شکل می‌دهند. این فناوری‌ها با ایجاد ظرفیت‌های نوین تولید انرژی،

کاهش اتلاف، ذخیره‌سازی و استفاده مجدد از منابع، پایه‌گذار یک سیستم پایدار هستند. پیشرفت در این حوزه‌ها تأثیر دومینویی دارد. یعنی وقتی یک فناوری پیشرفت می‌کند (مثلاً در ذخیره‌سازی انرژی)، زمینه برای رشد بازار، پذیرش مصرف‌کنندگان، تدوین سیاست‌های حمایتی و حتی ایجاد رقابت اقتصادی فراهم می‌شود. به عبارتی، فناوری در اینجا نقطه‌ی آغاز زنجیره توسعه است.

دسته دوم: سیاست‌ها و حمایت‌ها (تسریع‌کننده و تنظیم‌گر)

متغیرهایی مانند توسعه سیاست‌های حمایتی و مشوق‌ها، افزایش همکاری‌های بین‌المللی، توسعه زیرساخت‌ها و تنظیم مقررات زیست‌محیطی اغلب در میان متغیرهای خودمختار و پیشران دیده می‌شوند. سیاست‌های دقیق و حمایت‌گر می‌توانند اکوسیستم نوآوری را فعال کنند. به عنوان نمونه، ارائه یارانه برای تولید انرژی خورشیدی یا تسهیل قوانین برای سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی پاک، شرایطی فراهم می‌آورد که بازیگران اقتصادی وارد میدان شوند. این دسته از مؤلفه‌ها مانند ستون فقرات سیستم عمل می‌کنند. بدون آنها، فناوری‌ها پیشرفت نمی‌کنند، منابع مالی جذب نمی‌شود و جامعه هم به سوی انرژی پاک حرکت نمی‌کند. در واقع سیاست‌گذاری صحیح، یک عامل "تسریع‌کننده تغییر" است.

دسته سوم: اقتصادی و تجاری (محرک و مشوق توسعه بازار)

در این دسته، متغیرهایی مانند افزایش تمایل به خودکفایی انرژی، افزایش سرمایه‌گذاری دولتی و خصوصی، کاهش هزینه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر، و افزایش رقابت در بازار انرژی حضور دارند که در دسته پیشران‌ها و اعتماد قرار گرفته‌اند. این مؤلفه‌ها رابطه مستقیمی با پویایی بازار دارند. اگر هزینه تولید انرژی‌های نو کاهش یابد، رقابت‌پذیری آنها افزایش یافته و بازار به سمت آن‌ها متمایل می‌شود. سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی هم شرط حیاتی برای توسعه زیرساخت‌هاست. این دسته به عنوان «محرک بازار» عمل می‌کند. یعنی وقتی اقتصاد توجیه‌پذیر باشد، پذیرش عمومی افزایش یافته، فناوری‌ها سریع‌تر وارد فاز تجاری می‌شوند و سیاست‌گذاران هم حمایت‌های قوی‌تری ارائه می‌دهند. بنابراین، نقش این دسته در تسهیل چرخه نوآوری و پذیرش حیاتی است.

دسته چهارم: محیط زیست و منابع طبیعی (شاخص عملکرد و پیامد نهایی)

عواملی مانند تغییرات آب‌وهوایی، اثرات بر منابع طبیعی، تغییرات در قوانین زیست‌محیطی، و فناوری‌های تصفیه و استفاده مجدد از آب اغلب در دسته متغیرهای وابسته جای می‌گیرند. یعنی این متغیرها تحت تأثیر سیاست‌ها، فناوری‌ها و اقتصاد قرار دارند و نشان‌دهنده "پیامد نهایی" تلاش‌ها هستند. به عبارتی، اگر تمام تلاش‌های فناورانه و اقتصادی به درستی انجام شود، این متغیرها بهبود می‌یابند. این مؤلفه‌ها به مثابه "آینه توسعه پایدار" هستند. اگر توسعه مبتنی بر فناوری و سیاست‌های صحیح باشد، کاهش آلودگی، بهبود منابع آبی و تعدیل اثرات اقلیمی را خواهیم دید. اما اگر توسعه به شیوه نادرست انجام شود، اولین پیامدها در این بخش آشکار می‌شود.

دسته پنجم: مدیریت و بهینه‌سازی انرژی (عنصر هماهنگ‌کننده و بهره‌ور ساز)

متغیرهایی چون شبکه‌های هوشمند، سیستم‌های مدیریت انرژی، افزایش کارایی در صنایع، فناوری‌های کوچک‌مقیاس و محلی، و توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی اغلب در دسته اعتماد و گاهی وابسته قرار دارند. این دسته از مؤلفه‌ها درواقع ابزارهایی برای افزایش بهره‌وری، کاهش مصرف و مدیریت هوشمند منابع هستند. آنها «چسب سیستم» هستند؛ یعنی آنچه سایر مؤلفه‌ها را به یکدیگر پیوند می‌زند و بازده کلی سیستم را بالا می‌برد. اگر این عوامل تقویت شوند، دیگر بخش‌های سیستم از طریق بهره‌وری بهتر عمل خواهند کرد. اما اگر این عوامل نادیده گرفته شوند، حتی در صورت توسعه فناوری‌های نو، اتلاف انرژی و ناکارآمدی همچنان باقی خواهد ماند.

در مجموع، تحلیل‌ها نشان دادند که موفقیت برنامه هفتم توسعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، نیازمند رویکردی سیستم‌محور است که در آن ابتدا پیشران‌های سیاستی و فناورانه فعال شده و از طریق آن‌ها، زمینه برای بهبود شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و بهره‌وری انرژی فراهم گردد. استفاده هدفمند از فناوری‌های نوظهور نظیر هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و بلاک‌چین در مدیریت انرژی، می‌تواند نقطه عطفی در بهینه‌سازی منابع و تحقق توسعه پایدار در این حوزه باشد.

بنابراین، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران با تمرکز بر دو دسته پیشران اصلی (فناوری‌ها و سیاست‌ها)، و تقویت ارتباط آن‌ها با سایر حوزه‌ها، مسیر تحقق برنامه هفتم توسعه را هموارتر سازند.

۶- راهکارها و پیشنهادها

با توجه به تحلیل‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار میک‌مک و شناسایی پیشران‌ها و متغیرهای کلیدی در حوزه انرژی، می‌توان راهکارها و پیشنهادهای مؤثری برای اجرای موفق برنامه هفتم توسعه در این بخش ارائه داد. این پیشنهادها با تکیه بر پیشران‌های مؤثر و عناصر پایداری نظام، با هدف تقویت روند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های نوآورانه تنظیم شده‌اند:

- تدوین نقشه‌راه جامع تحول انرژی با تمرکز بر پیشران‌ها و فناوری‌های نوظهور.
- تدوین سند ملی توسعه زیرساخت‌های شارژ و پشتیبانی خودروهای برقی.
- طراحی شاخص‌های بومی برای ارزیابی عملکرد فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر.
- تدوین استانداردها و مقررات ملی برای فناوری‌های نوظهور انرژی.
- بازنگری در سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری حوزه انرژی با رویکرد تحول‌آفرین و نوآورانه.
- توسعه زیرساخت‌های دیجیتال، داده‌محور و هوشمند برای مدیریت انرژی
- ایجاد پلتفرم‌های تبادل انرژی همتابه‌همتا (P2P Energy Trading).
- توسعه پایدار انرژی با اولویت مناطق روستایی و کمترتوسعه‌یافته.
- سرمایه‌گذاری هدفمند در توسعه فناوری‌های پایدار، نوظهور و کم‌اتلاف.
- توسعه فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی و ایجاد شبکه ملی مرتبط.

- گسترش فناوری‌های سوخت زیستی و انرژی‌های جایگزین.
- نهادینه‌سازی سیاست‌های افزایش تقاضای عمومی برای انرژی پاک.
- افزایش آگاهی و آموزش همگانی درباره مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر.
- طراحی تعرفه‌های ترجیحی خرید برق تجدیدپذیر (Feed-in Tariff).
- اختصاص یارانه به پروژه‌های خورشیدی و بادی خانوادگی، روستایی و صنعتی.
- ارائه تسهیلات بانکی کم‌بهره برای خرید تجهیزات انرژی‌های پاک.
- اعمال معافیت مالیاتی برای شرکت‌های فعال در زنجیره ارزش انرژی‌های تجدیدپذیر.
- حمایت از تجاری‌سازی فناوری‌های بومی در حوزه انرژی.
- تدوین بسته‌های حمایتی و سیاست‌های تشویقی برای فعالان نوآور.
- ایجاد صندوق ویژه حمایت از نوآوری سبز و تجدیدپذیر با مشارکت بخش خصوصی.
- تدوین بسته‌های مشارکت عمومی-خصوصی (PPP) در پروژه‌های انرژی.
- ایجاد اکوسیستم نوآوری انرژی تجدیدپذیر با محوریت پارک‌های علم و فناوری.
- پشتیبانی از نهادهای واسط نوآوری (شتاب‌دهنده‌ها، مراکز نوآوری انرژی).
- ایجاد مرکز ملی هماهنگی فناوری‌های نوین انرژی.
- توسعه آموزش‌های تخصصی و مهارت‌محور برای نیروی انسانی آینده‌نگر.
- اصلاح نظام آموزش عالی برای تربیت متخصصان حوزه انرژی و فناوری.
- یکپارچه‌سازی نظام آموزش عالی با تحولات فناوری‌های نوین انرژی.
- ایجاد زیرساخت‌های حمل‌ونقل سبز و توسعه ناوگان برقی.
- توسعه زیرساخت ایستگاه‌های شارژ خودروهای برقی در مناطق شهری و بین‌راهی.
- ارتقاء ظرفیت تولید داخل در زنجیره تأمین انرژی‌های تجدیدپذیر.
- ایجاد نظام رصد، پایش و ارزیابی سیاست‌های انرژی نو.
- توسعه انرژی‌های کوچک‌مقیاس و محلی برای تقویت پایداری منطقه‌ای.
- حمایت از صنایع سبز و کاهش شدت انرژی در صنعت با رویکرد فناورانه.
- ارتقاء دیپلماسی انرژی برای جذب سرمایه‌گذاری و انتقال فناوری.
- ارتقاء دیپلماسی فناوری انرژی با کشورهای پیشرو در نوآوری.
- سرمایه‌گذاری در نوآوری‌های بومی باتری، بازیافت انرژی، مواد جدید و پنل‌های خورشیدی.
- توسعه ساختارهای سبک و مقاوم برای استقرار تجهیزات انرژی نو.
- تشویق به استفاده از بیومس و فناوری‌های زیست‌سازگار در مناطق کشاورزی.
- حمایت از توسعه فناوری‌های کوچک‌مقیاس برای پاسخگویی به نیازهای محلی.
- توسعه و ترویج ساختمان‌های پایدار و انرژی‌پایین با تأکید بر معماری اقلیمی، مصالح سبز، سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی، و بهره‌وری بالا.

منابع

ابوفاضلی, نیما , هاشمی طاری, پویان , گوگ‌ساز قوچانی, رقیه و زندی, مجید . (۱۴۰۰). بررسی پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد توربین‌های بادی محور عمودی به صورت تجربی. نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر, ۵۳(۵), ۲۷۹۰-۲۷۷۱. doi: 10.22060/mej.2020.17414.6590

اردو، سارا، رضا ارجمندی، عبدالرضا کرباسی، علی محمدی، و جمال قدوسی. «تحلیل مدیریتی راهکارهای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ایران در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و ارتقاء سلامت.» سلامت و محیط زیست ۱۴، شماره ۴ (۱۴۰۰): ۶۴۳–۶۶۴.

استادزاد علی‌حسین. پیش بینی بلندمدت سهم بهینه انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی در قالب یک الگوی رشد پایدار: مورد ایران (۱۴۲۰-۱۳۸۷) . فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری وبرنامه ریزی انرژی. ۱۳۹۲; ۰ (۱) :۲۸-۲

استادزاد, علی حسین . (۱۳۹۹). تأثیر همزمان نوآوری، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و منابع اولیه انرژی بر انتشار آلودگی (مطالعه موردی: اقتصاد ایران). پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ۹(۳۴), ۳۵-۱. doi: 10.22054/jiee.2021.55245.1782

اعراب شیبانی، علی و اعراب شیبانی، محمد،۱۳۹۴،نقش حمایتی دولت در توسعه انرژی های تجدیدپذیر با در نظر گرفتن شرایط منطقه،پنجمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی،تهران،https://civilica.com/doc/458640

الهی، شعبان و غریبی، جلیل و مجیدپور، مهدی و انور رستمی، علی اصغر،۱۳۹۴،مسیر اشاعه فناوری های انرژی های تجدیدپذیر: رویکرد نظریه سازی بنیادی،https://civilica.com/doc/1896250

امینی, امراله و عموزاد خلیلی, حسن . (۱۴۰۰). الویت‌بندی روابط متقابل سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در توسعه پایدار. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ۱۰(۳۸), ۹۵-۶۵. doi: 10.22054/jiee.2022.65768.1883

بافنده ایماندوست, صادق , لشکری, محمد و سیاح زاده کاخکی, احسان . (۱۳۹۹). بررسی تاثیر انرژی‌های تجدید پذیر و تجدیدناپذیر بر آلودگی هوا در ایران با توجه به نقش تعدیلی رشد اقتصادی. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ۹(۳۵), ۳۹-۱۱. doi: 10.22054/jiee.2021.59318.1831

پسندیده، اشرف‌السادات، و غلامرضا حیدری. «تحلیل پارادایمی حکمرانی و سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران.» فصلنامه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، ۱۴۰۲. https://www.jrenew.ir/article_187737.html.

تقوایی, مسعود و حسینی خواه, حسین, (۱۳۹۶)، برنامه‌ریزی توسعه صنعت گردشگری مبتنی بر روش آینده‌پژوهی و سناریونویسی (مطالعه موردی: شهر یاسوج)، ۱۶۱۵۷۵۱./https://civilica.com/doc.

جلیلی, مجید و عطارپور, محمدرضا . (۱۴۰۳). تحلیل مفاد توسعه فناوری و نوآوری در برنامه ششم توسعه و پیشنهادات سیاستی جهت درج در برنامه هفتم. بهبود مدیریت, ۱۸(۱), ۱۴۴-۱۰۷. doi: 10.22034/jmi.2024.422915.3036

جنگ آور, حسن , امامی میبدی, علی , نوراللهی, یونس , ستاری فر, محمد و خورسندی, مرتضی . (۱۳۹۶). بررسی و تحلیل تاثیر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بر شاخص های کلان اقتصادی. مطالعات راهبردی سیاستگذاری عمومی, ۷(۲۴), ۱۵۸-۱۳۷.

حسین‌پور سرکش، بهزاد و عادلی، امیرمحمد. «بررسی به‌کارگیری سیستم ذخیره‌سازی انرژی با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر.» مطالعات علوم کاربردی در مهندسی، زمستان ۱۴۰۰، دوره ۷، شماره ۴، صفحات ۵۳–۷۱.

خیاطیان یزدی, محمدصادق , فرتاش, کیارش و قربانی, امیر . (۱۳۹۹). تحلیل تطور تاریخی توسعه فناوری سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک در ایران: رویکردی نهادی. بهبود مدیریت, ۱۴(۱), ۳۰-۱. doi: 10.22034/jmi.2020.107105

دارابی, مریم و فقیهی, ابوالحسن . (۱۴۰۲). طراحی مدل تدوین خط مشی توسعه انرژی های تجدیدپذیر در ایران با تکیه بر سیاست های کلی نظام در بخش انرژی. سیاست‌های راهبردی و کلان, ۱۱(۴۴), ۸۱۸-۷۸۹. doi: 10.30507/jmsp.2023.383586.2535

دفتر برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست‌جمهوری. (۱۴۰۲). برنامه هفتم توسعه و نقش آن در تحول اقتصادی و علمی کشور. برگرفته از https://www.mporg.ir.

رحیمی راد, زهره . (۱۴۰۰). تحلیل گفتمان مدیریت و سیاستگذاری حوزه برق کشور. بهبود مدیریت, ۱۵(۲), ۹۵-۶۷. doi: 10.22034/jmi.2021.251674.2371

رفیعی، م. (۱۴۰۰). تحلیل توازن تأثیرات متقابل: شناسایی تعاملات بین مؤلفه‌ها در نگارش سناریو. برگرفته از https://modireamari.org.

زالی، ن.، و بهشتی، م. ب. (۱۳۸۷). شناسایی عوامل کلیدی توسعه منطقه‌ای با رویکرد برنامه‌ریزی سناریومحور (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی). فصلنامه آمایش فضا، ۱۵(۱)، ۴۱-۶۳.

زواری، سعیده و صاحب، وحید،۱۴۰۱،افزایش بازده سلولهای خورشیدی پروسکایتی با بهینه سازی موقعیت نانوذرات نقره در لایه های مختلف،دومین کنفرانس ملی پیشرفت های فناورانه در فیزیک کاربردی،https://civilica.com/doc/1666484

شاهسوندی، محمدجواد،۱۴۰۲،بررسی آخرین پیشرفت های حاصل در توسعه سلول های خورشیدی پروسکایت،دومین کنفرانس بین المللی دانشجویان و مهندسان برق و انرژی های پاک،تهران،https://civilica.com/doc/1848671

شوقی آغجه مشهد, فاطمه, علیرضا فرخ بخت فومنی, و علی قلی‌پور سلیمانی. «ارائه الگویی جهت پذیرش تکنولوژی و نوآوری‌های جدید در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر توسط مصرف‌کنندگان ایرانی با رویکرد اقتصادی و مالی و اجتماعی مبتنی بر نظریه داده‌بنیاد.» نشریه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی ۱۷، شماره ۶۲ (۱۴۰۲): ۱۲۳–۱۴۶. https://journals.iau.ir/article_700128.html.

شیدائی حبشی, اکبر , صادقی, سید کمال و بهبودی, داود . (۱۴۰۲). بررسی تأثیر ریسک‌های کشوری در رابطه بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ۱۲(۴۷), ۱۰۰-۷۹. doi: 10.22054/jiee.2023.74029.2014

صابری, علی , شریفی, رضا و رمضانی, ایمان . (۱۴۰۲). مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه (۷): توسعه انرژی تجدید پذیر. (۱۹۲۸۷). ماهنامه گزارش های کارشناسی مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی, ۳۱(۶), ۱۹۲۸۷

صابری, علی و نیکخواه نسب, مرتضی . (۱۴۰۲). بررسی لایحه برنامه هفتم توسعه (۱۷): بخش انرژی .(19069) .ماهنامه گزارش های کارشناسی مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی19069 ,31(4) ,

صالحی شبستری، علی و خاکزاد شاهاندشتی، آرش و پیرمحمدی، محسن،۱۴۰۲،بررسی فرصت ها، فناوری های آینده و لزوم توسعه انرژی خورشیدی در ایران،سی و یکمین همایش سالانه بین- المللی مهندسی مکانیک ایران و نهمین همایش صنعت نیروگاهی ایران،تهران،https://civilica.com/doc/1668542

طاهری فرد هنجنی, علی و میرهاشمی دهنوی, سید محمد . (۱۴۰۰). آینده‌پژوهی مصرف انرژی متأثر از تغییرات آب و هوایی در ایران و تحلیل پیامدهای اقتصادی امنیتی آن برای جمهوری اسلامی ایران. فصلنامه اقتصاد دفاع و توسعه پایدار, ۶(۲۱), ۱۱۳-۸۹.

طالعی فر، ر. (۱۴۰۲). تحلیل ساختاری تأثیرات متقابل چیست؟ برگرفته از https://drtfaca.ir.

عادل نیا نجف آبادی، حکیمه، نیرومند، مرجان، زمستان ۱۴۰۲ . موانع توسعه فناوری انرژی های تجدید پذیر در صنایع کوچک و متوسط . مدیریت کارآفرینی، ۴(۴) ، صص. ۲۳۰-۲۳۶.

عبدالهی، محسن و فریادی، مسعود،۱۴۰۳،همراستایی اقدامات ایران با تعهدات کاهشی و تعدیلی توافقنامه اقلیمی پاریس،https://civilica.com/doc/2116655

کریم پور, ساناز , شاکری بستان آباد, رضا و قاسمی, عبدالرسول . (۱۳۹۸). تأثیر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب منطقه منا: کاربرد مدل خود رگرسیون برداری پانل .(Panel VAR) پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ۸(۳۲), ۱۲۹-۱۶۶۹۹. doi: 10.22054/jiee.2021.43747 .

کریمی، پگاه و اصلی زاده، احمد و عسگری، محمدرضا،۱۳۹۸،نقش آگاهی شهروندان و سودمندی ادراک شده از انرژی های تجدید پذیر برشکل گیری تمایلات رفتاری در استفاده از سیستم های انرژی خورشیدی،سومین کنفرانس بین المللی تحولات نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری،تهران،https://civilica.com/doc/949174

کریمی، سعید، احمدرضا یاوری، و رویا رمضانی کیاسج محله. «ارزیابی اثرات محیط زیستی منابع انرژی تجدیدپذیر با هدف دستیابی به توسعه پایدار.» ارائه‌شده در سومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب، تبریز، ۱۴۰۲. https://civilica.com/doc/1960020/

گروه فنی مهندسی ماه صنعت انرژی. «مدل‌های پیش‌بینی در سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر.» ماهنامه صنعت انرژی، ۲۱ تیر ۱۴۰۱. دسترسی در ۱۱ آوریل ۲۰۲۵. https://mahsanat.com/مدل‌های-پیش‌بینی-در-سیستم-انرژی-تجدید/

گودرزی فراهانی, یزدان , مرسلی ارزنق, زلیخا و مهر ارا, محسن . (۱۴۰۳). بررسی اثرات سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی تجدیدپذیر بر متغیرهای کلان اقتصادی. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ۱۳(۵۰), ۱۳۹-۱۱۱. doi: 10.22054/jiee.2024.76804.2049

مرکز پژوهش سیاست‌های علمی کشور. (۱۴۰۲). پژوهش، فناوری و نوآوری در برنامه هفتم توسعه. برگرفته از https://irphe.ac.ir/files/site1/files/News/پژوهش،_فناوری_و_نوآوری_در_برنامه_هفتم_توسعه..pdf

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. (۱۴۰۳). ارتقای کیفیت فصل محیط زیست در برنامه هفتم توسعه / استقرار نظام حکمرانی محیط زیست. کد خبر: ۱۸۰۱۹۱۸. برگرفته از: https://rc.majlis.ir/fa/news/show/1801918.

مجدزاده طباطبایی, شراره , هادیان, ابراهیم و زیبایی, منصور . (۱۳۹۴). تعیین میزان یارانه مناسب جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه با رهیافت تلفیقی. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران, ۵(۱۷), ۱۶۷-۱۲۹. doi: 10.22054/jiee.2016.7172

محمدنژاد سیگ جعفر، مولایی یوسف، شیرازیان شیرین، حاجی سیدمیرزاحسینی سیدعلیرضا. رویکرد نظام حقوقی ایران در مورد توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر (مطالعه موردی: انرژی برق). فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری وبرنامه ریزی انرژی. ۱۴۰۱; ۸ (۲) :۱۳۱-۹۲

محمدی نعیمه، دانایی فرد حسن. الگوی حکمرانی مشارکتی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران: رویکرد نهادی. فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری وبرنامه ریزی انرژی. ۱۳۹۸; ۵ (۳) :۹۵-۶۷

ملا، مبین و قاسمی، اشرف السادات و هادی زاده، فاطمه،۱۴۰۳،بررسی مشوق ها و موانع توسعه انرژی های تجدیدپذیر،سومین رویداد انرژی ایده پردازی و فرهنگ سازی مدیریت مصرف برق و توسعه انرژی های تجدیدپذیر،مشهد،https://civilica.com/doc/2183694

ملکی، محمدحسن، منیژه رامشه، سمانه اقدمی، و ابراهیم جواهری‌زاده. «آینده‌پژوهی سرمایه‌گذاری در پروژه‌های انرژی پاک در ایران.» نشریه علمی پژوهشی علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۴۰۱. https://www.sid.ir/paper/1155575/fa.

منصوری، علی و احمدی، ابولفضل و دشتی، رضا و قربانی، محسن،۱۴۰۳،تشخیص و شناسایی خطای توربین بادی با استفاده از یادگیری ماشین،هشتمین کنفرانس بین المللی مدیریت، بهینه سازی و توسعه زیرساخت های انرژی،تهران،https://civilica.com/doc/2187556

منوریان, عباس , وطنخواه مقدم, سیروس , شاه حسینی, محمدعلی , واعظی, سید کمال و نوراللهی, یونس . (۱۳۹۹). طراحی مدل خط‌مشی‌گذاری توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران. سیاستگذاری عمومی, ۶(۲), ۱۳۴-۱۱۵. doi: 10.22059/jppolicy.2020.77616

موسوی درچه, مسلم و کریمیان, حسن . (۱۴۰۱). تحلیل و ارزیابی آمیزه سیاست‌های توسعه فناوری نیروگاه‌های تجدیدپذیر در ایران. سیاست علم و فناوری, (), -. doi: 10.22034/jstp.2022.11064.1514

مهدی زاده، علی، و تقی زادگان کلانتری، نوید. (۱۳۹۶). برنامه ریزی بهینه اقتصادی یک ریزشبکه در حالت جزیره ای با در نظر گرفتن منابع تجدیدپذیر بادی و خورشیدی, باتری و سیستم ذخیره ساز هیدروژنی در حضور برنامه پاسخگویی بار. مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران - الف مهندسی برق، ۱۵(۱)، ۱۱-۱. SID. https://sid.ir/paper/228173/fa

وصفی اسفستانی، شهرام و ابوترابی ذاتی، حسین،۱۳۹۳،مقایسه مزیتهای فنی و اقتصادی انرژی خورشیدی و انرژی بادی،اولین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی انرژی خورشیدی،تهران،https://civilica.com/doc/254565

Acemoglu, Daron & Kakhbod, Ali & Ozdaglar, Asuman. (2017). Competition in Electricity Markets with Renewable Energy Sources. The Energy Journal. 38. 10.5547/01956574.38.SI1.dace.

Agupugo, Chijioke & Ajayi, Abidemi & Nwanevu, Chinonso & Oladipo, Segun. (2024). Policy and regulatory framework supporting renewable energy microgrids and energy storage systems. Engineering Science & Technology Journal. 5. 2589-2615. 10.51594/estj. v5i8.1460.

Ahamed, Faruque. (2021). Impact of Public and Private Investments on Economic Growth of Developing Countries. 10.48550/arXiv.2105.14199.

Ahmad, Md & Kumar, Amit & Ranjan, Raushan. (2022). Recent Developments of Tidal Energy as Renewable Energy: An Overview. 10.1007/978-3-031-05057-2_29.

Alwadi, Belal & Aravamudhan, Varadaraj & Karunanithi, Mohanasundaram & Abdul Jawad, Mohammad. (2023). The Role of Smart Technologies in Reducing Energy Consumption and Promoting Sustainable Practices in Households and Businesses. 10.1109/ICIT58056.2023.10225813.

Aneli, S., Arena, R., Tina, G. M., & Gagliano, A. (2023). Improvement of energy self-sufficiency in residential buildings by using solar-assisted heat pumps and thermal and electrical storage. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 60, 103446. https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103446

Barak, Ashish & Rathee, Ankit & Rathee, Manoj & Solanki, Poonam. (2023). Solar Energy Trends and Innovations: A Review. International Journal of Research Publication and Reviews. 4. 2421-2429. 10.5281/zenodo.10058251.

Belrzaeg, Mohamed & Ali Ahmed, Abdussalam. (2023). A The Adoption of Renewable Energy Technologies, Benefits, and Challenges: Mini-Review. 1. 20-23.

BloombergNEF. (2022). New Energy Outlook 2022. Retrieved from BloombergNEF.

Chou C-H, Ngo SL, Tran PP. Renewable Energy Integration for Sustainable Economic Growth: Insights and Challenges via Bibliometric Analysis. Sustainability. 2023; 15(20):15030. https://doi.org/10.3390/su152015030.

Corsini, Filippo & Certomà, Chiara & Frey, Marco. (2021). Public acceptance of renewable energies: different factors of opposition against different technologies?

D. Sani, Garba & Ibrahim, Abubakar & Sahabi, Suleiman & Lailaba, Bashar. (2019). Renewable Energy: Environmental Impacts and Economic Benefits for Sustainable Development. International Journal of Engineering Research and. V8. 10.17577/IJERTV8IS080224.

Dahihande, Janhavi & Jaiswal, Akshay & Pagar, Akshay & Thakare, Ajinkya & Eirinaki, Magdalini & Varlamis, Iraklis. (2020). Reducing energy waste in households through real-time recommendations. 545-550. 10.1145/3383313.3412212.

Deb, Sanchari & Sachan, Sulabh & Malik, Prashant. (2023). Local energy systems development in India and United Kingdom: A comprehensive review of latest developments and way forward. WIREs Energy and Environment. 13. 10.1002/wene.496.

Dolge, Kristiana & Āzis, Reinis & Lund, P. & Blumberga, Dagnija. (2021). Importance of Energy Efficiency in Manufacturing Industries for Climate and Competitiveness. Environmental and Climate Technologies. 25. 306-317. 10.2478/rtuect-2021-0022.

Energy Information Administration. (2022). Annual Energy Outlook 2022. U.S. Department of Energy. Retrieved from EIA.

e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Volume 1, 2021, 100002, ISSN 2772-6711, https://doi.org/10.1016/j.prime.2021.100002.

Esiri, Andrew & Kwakye Mensah, Jephta & Ekechukwu, Darlington & Ogundipe, Olorunshogo & Ikevuje, Augusta. (2024). Public perception and policy development in the transition to renewable energy. Magna Scientia Advanced Research and Reviews. 8. 228-237. 10.30574/msarr.2023.8.2.0101.

Eze, Val & Edozie, Enerst & Okafor, Wisdom & Uche, Chikadibia Kalu & Uche, Awa & Extension, Kiu Publication. (2023). A Comparative Analysis of Renewable Energy Policies and its Impact on Economic Growth: A Review. International Journal of Education Science Technology and Engineering (IJESTE). 6. 41-46. 10.36079/lamintang.ijeste-0602.555.

Falani, Samira & González, Mario & Barreto, Fernanda & Toledo, José & Torkomian, Ana. (2020). Trends in the technological development of wind energy generation. International Journal of Technology Management & Sustainable Development. 19. 43-68. 10.1386/tmsd_00015_1.

Fasesin, Kunle & Oladinni, Adedotun & Emezirinwune, Michael & Oba-Sulaiman, Zainab & Abdulsalam, Khadeejah. (2024). Renewable Energy in Developing Countries: Challenges, Opportunities, and Policy Recommendations for Innovative Funding.

Fiala, Marco & Nonini, Luca. (2018). Biomass and biofuels. EPJ Web of Conferences. 189. 00006. 10.1051/epjconf/201818900006.

Firoozi, Ali Akbar & Firoozi, Ali Asghar & Hejazi, Farzad. (2024). Innovations in Wind Turbine Blade Engineering: Exploring Materials, Sustainability, and Market Dynamics. Sustainability. 16. 1-35. 10.3390/su16198564.

Gao, Yu. (2025). The Role and Challenges of Environmental and Resource Protection Law in Addressing Climate Change. Scientific and Social Research. 7. 42-49. 10.26689/ssr. v7i3.10011.

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. Research Policy, 31(8-9), 1257–1274. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8

Gernaat, D.E.H.J., de Boer, H.S., Daioglou, V. et al. Climate change impacts on renewable energy supply. Nat. Clim. Chang. 11, 119–125 (2021). https://doi.org/10.1038/s41558-020-00949-9.

Geweda, A.E. & Gaber H. Saif, Ahmed & Zayed, Mohamed & Kabeel, Abd Elnaby & Zafar, Sohaib & Khalid, Muhammad. (2025). Recent advances in hybrid compressed air energy storage systems: Technology categorization, integration potentials with renewable energy systems, and retrofitting improvement strategies. Alexandria Engineering Journal. 115. 12-29. 10.1016/j.aej.2024.11.062.

Gohar, Osama & Khan, Muhammad Zubair & Bibi, Iram & Bashir, Nadia & Tariq, Urooj & Bakhtiar, Manahil & Abdul Karim, Muhammad Ramzan & Ali, Farman & Hanif, Muhammad & Motola, Martin. (2024). Nanomaterials for advanced energy applications: Recent advancements and future trends. Materials & Design. 241. 112930. 10.1016/j.matdes.2024.112930.

Groba, Felix & Breitschopf, Barbara. (2013). Impact of Renewable Energy Policy and Use on Innovation: A Literature Review. SSRN Electronic Journal. 10.2139/ssrn.2327428.

Howlett, M., & Ramesh, M. (2003). Studying Public Policy: Policy Cycles and Policy Subsystems. Oxford University Press.

Huenneke, Laura & Stearns, Diane & Martinez, Jesse & Laurila, Kelly. (2017). Key Strategies for Building Research Capacity of University Faculty Members. Innovative Higher Education. 42. 10.1007/s10755-017-9394-y.

International Energy Agency. (2022). World Energy Outlook 2022. Retrieved from IEA.

IRENA (International Renewable Energy Agency), A Renewable Energy Roadmap (REmap 2030), Cost Methodology,2014. http://www.irena.org.

Islam, Mohammad & Nabi Phd, Nurun & Arefin, Md. Arman & Mostakim, Khodadad & Rashid, Fazlur & Hassan, N. & Rahman, S.M.A. & McIntosh, S. & Mullins, B.J. & Muyeen, S.M.. (2022). Trends and prospects of geothermal energy as an alternative source of power: A comprehensive review. Heliyon. 8. e11836. 10.1016/j.heliyon.2022.e11836.

Ismail, Basel. (2025). Advances in Hydropower Technologies. 10.5772/intechopen.111224.

Jang, Hyeonmu & Kim, Dongmyeong & Hwang, Yechan & Paek, Insu & Kim, Seungjoo & Baek, Joonho. (2019). Analysis of Archimedes Spiral Wind Turbine Performance by Simulation and Field Test. Energies. 12. 4624. 10.3390/en12244624.

K V, Murali & Rathod, Chetan & K C, Karthik. (2025). POLICY AND FINANCIAL SUPPORT FOR AGROFORESTRY DEVELOPMENT: INCENTIVES, PROGRAMS, AND MARKET OPPORTUNITIES.

Kandpal, Vinay & Jaswal, Anshuman & Santibanez Gonzalez, Ernesto & Agarwal, Naveen. (2024). Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies. 10.1007/978-3-031-52943-6_3.

Kharmawphlang, Inrikynti & Paul, Jinty & Doloi, Sagarika & Hussain, Nazneen. (2024). Waste to Energy Technologies: A Sustainable Key Approach Towards Circular Economy and Energy Recycling. 10.1007/978-3-031-55131-4_6.

Kilinc-Ata, Nurcan. (2015). The Impact of Government Policies in the Renewable Energy Investment: Developing a Conceptual Framework and Qualitative Analysis. Global Journal of Management and Business Research. 4. 067-081.

Kumar, Laveet & Hossain, Md & El Haj Assad, Mamdouh & Urf Manoo, Mansoor. (2022). Technological Advancements and Challenges of Geothermal Energy Systems: A Comprehensive Review. Energies. 15. 9058. 10.3390/en15239058.

Manso, Jose & Behmiri, Niaz. (2020). Renewable Energy and Sustainable Development. Studies of Applied Economics. 31. 7. 10.25115/eea. v31i1.3259.

Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. Research Policy, 41(6), 955–967. https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013

Mohamed, Mai & Elsayed, Asmaa. (2024). Evaluation of Renewable Energy Sources for a Sustainable Future: A Multi-Criteria Decision-Making Approach. Neutrosophic Systems with Applications. 22. 58-77. 10.61356/j.nswa.2024.22388.

Nath, Soumitra. (2024). Biotechnology and biofuels: paving the way towards a sustainable and equitable energy for the future. Discover Energy. 4. 10.1007/s43937-024-00032-w.

Nelson, Emily. (2017). Green Aviation Reduction of Environmental Impact Through Aircraft Technology and Alternative Fuels SAVE 20%. 10.1201/b20287.

Njema, George & Ouma, Russel & Kibet, Joshua. (2024). A Review on the Recent Advances in Battery Development and Energy Storage Technologies. Journal of Renewable Energy. 2024. 1-35. 10.1155/2024/2329261.

Nwokediegwu, Zamathula & Ibekwe, Kenneth & Ilojianya, Valentine & Etukudoh, Emmanuel & Ayorinde, Olushola. (2024). RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES IN ENGINEERING: A REVIEW OF CURRENT DEVELOPMENTS AND FUTURE PROSPECTS. Engineering Science & Technology Journal. 5. 367-384. 10.51594/estj.v5i2.800.

Ogundipe, Olorunshogo & Okwandu, Azubuike & Abdulwaheed, Sanni. (2024). Recent advances in solar photovoltaic technologies: Efficiency, materials, and applications. GSC Advanced Research and Reviews. 20. 159-175. 10.30574/gscarr.2024.20.1.0259.

Okedele, Precious & Aziza, Reginald & Oduro, Portia & Ishola, Akinwale. (2024). Renewable Energy Policies and Global Socioeconomic Impacts: A Comparative Study of Policy Implementation and Outcomes.

Oluokun, Odunayo & Pub, Anfo. (2025). Integrating Renewable Energy Solutions in Urban Infrastructure: A Policy Framework for Sustainable Development. 05. 1035-1048.

Omase, Nikita & Mittal, Shailendra & Palaniraja, Shenbagalakshmi & Guchhait, Pabitra & Patil, Manjusha & Mundra, Prateek. (2023). A comprehensive review of electric vehicle charging infrastructure and associated challenges. International Journal of Science and Research Archive. 10. 834-840. 10.30574/ijsra.2023.10.1.0832.

Osman, Ahmed & Hefny, Mahmoud & Maksoud, M.I.A. & Elgarahy, Ahmed & Rooney, David. (2020). Recent advances in carbon capture storage and utilisation technologies: a review. Environmental Chemistry Letters. 19. 10.1007/s10311-020-01133-3.

Oyedepo SO, Abam FI, Ajayi OO, Samuel OD, Borca-Tasciuc D-A and Popoola API (2024) Editorial: Recent development in energy conversion systems. Front. Energy Res. 12:1385470. doi: 10.3389/fenrg.2024.1385470.

Ozdarski, Wojciech & Witkowska-Dąbrowska, Mirosława & Jesus, Ilisio. (2021). Feasibility Study of the Use of Renewable Energy Sources in Households. Olsztyn Economic Journal. 16. 251-262. 10.31648/oej.8153.

Pan, Aiqiang & Liu, Jing & Liu, Zhipeng & Yang, Yunwei & Yang, Xiu & Zhang, Meixia. (2020). Application of Hydrogen Energy and Review of Current Conditions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 526. 012124. 10.1088/1755-1315/526/1/012124.

Popper, R. (2008). How are foresight methods selected? Foresight, 10(6), 62–89. https://doi.org/10.1108/14636680810918586

Present and future energy consumption of buildings: Challenges and opportunities towards decarbonisation,

Prisca, Nampiima & Extension, Kiu Publication. (2024). Renewable Energy Storage Solutions: Innovations and Challenges. 3. 45-48.

Qudrat-Ullah, Hassan. (2023). A Review and Analysis of Green Energy and the Environmental Policies in South Asia. Energies. 16. 7486. 10.3390/en16227486.

Quitzow, Rainer & Thielges, Sonja & Goldthau, Andreas & Helgenberger, Sebastian & Mbungu, Grace. (2019). Advancing a global transition to clean energy – the role of international cooperation. Economics E-Journal. 10.5018/economics-ejournal.ja.2019-48.

Rangaraju, Surender & Isaac, Osama & Vo, Phu & Kumaravel, Shakthi & Ghosh, Abhijit. (2021). Review on Smart Grid -A Future Energy Management System. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS). 8. 21-25.

Renna, Paolo & Materi, Sergio & D'angola, Antonio & Enescu, Diana. (2021). Reducing energy costs and CO 2 emissions by production system energy flexibility through the integration of renewable energy. Production Engineering. 15. 10.1007/s11740-021-01051-5.

S Data. (2023). The Future of Artificial Intelligence and Data Analysis: Trends, Challenges, and Opportunities. Retrieved from https://sdata.ir/articles/بررسی-آینده-هوش-مصنوعی-و-تحلیل-داده. (Persian)

Sabatier, P. A. (2007). Theories of the Policy Process. Westview Press.

Segun-Falade, & Osundare, Olajide & Kedi, & Okeleke, & Ijomah, Tochukwu & Abdul-Azeez, P. (2024). Developing innovative software solutions for effective energy management systems in industry. Engineering Science & Technology Journal. 5. 2649-2669. 10.51594/estj. v5i8.1517.

Seventh Development Program of the Islamic Republic of Iran. (2024). (Persian)

Sharma, Sumit & Mortazavi, Mehdi. (2023). Pumped thermal energy storage: A review. International Journal of Heat and Mass Transfer. 213. 124286. 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124286.

Shofiullah, Shaikh & Shamim, C M Ariful Haque & Islam, Muhammad Mohiul & Sumi, Sayeda Sufia. (2024). COMPARATIVE ANALYSIS OF COST AND BENEFITS BETWEEN RENEWABLE AND NON-RENEWABLE ENERGY PROJECTS: CAPITALIZING ENGINEERING MANAGEMENT FOR STRATEGIC OPTIMIZATION. ACADEMIC JOURNAL ON SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING & MATHEMATICS EDUCATION. 4. 103-112. 10.69593/ajsteme. v4i03.100.

Simões, Andressa & Macêdo-Júnior, Roberto & Santos, Brenda & Silva, Lucas & Silva, Daniel & Ruzene, Denise. (2020). Produced Water: An overview of treatment technologies. International Journal for Innovation Education and Research. 8. 207-224. 10.31686/ijier.vol8.iss4.2283.

Solaun, Kepa & Cerdá, Emilio. (2019). Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 116. 109415. 10.1016/j.rser.2019.109415.

Song, Min & Wang, Yu & Long, Yong. (2022). Investment and Production Strategies of Renewable Energy Power under the Quota and Green Power Certificate System. Energies. 15. 4110. 10.3390/en15114110.

Spanodimitriou, Yorgos & Ciampi, Giovanni & Tufano, Luigi & Scorpio, Michelangelo. (2023). Flexible and Lightweight Solutions for Energy Improvement in Construction: A Literature Review. Energies. 16. 6637. 10.3390/en16186637.

Tairo. (2023). The Impact of Emerging Technologies such as Artificial Intelligence, Internet of Things. Retrieved from https://tairo.ir/the-impact-of-emerging-technologies-such-as-artificial-intelligence-internet-of-things-etc

Thakkar, Prit & Khatri, Sachi & Dobariya, Drashti & Patel, Darpan & Dey, Bishwajit & Singh, Alok. (2024). Advances in materials and machine learning techniques for energy storage devices: A comprehensive review. Journal of Energy Storage. 81. 10.1016/j.est.2024.110452.

Tshikovhi, Azwifunimunwe & Tshwafo, Motaung. (2023). Technologies and Innovations for Biomass Energy Production. Sustainability. 15. 12121. 10.3390/su151612121.

United Nations. (2021). The Sustainable Development Goals Report 2021. Retrieved from UN.

Uwaga, Monica & Ogunbiyi, Emmanuel. (2024). Assessing the economic and environmental impacts of renewable energy adoption across different global regions. Engineering Science & Technology Journal. 5. 1767-1793. 10.51594/estj. v5i5.1154.

Varela-Vázquez, Pedro & Sánchez Carreira, María Carmen. (2017). Evolution, recent trends and future prospects of the global wind sector.

Verma, Vinay. (2024). Advancement in Solar Technology: Evolution, Generation, Future Prospective, and Challenges - A Review. 10.20944/preprints202407. 0003.v1.

World Economic Forum. (2021). Fostering Effective Energy Transition 2021. Retrieved from WEF.

World Energy Council. (2023). World Energy Issues Monitor 2023. Retrieved from World Energy Council.

Yaïci, Wahiba & Entchev, E. & Longo, Michela. (2022). Recent Advances in Small-Scale Carbon Capture Systems for Micro-Combined Heat and Power Applications. Energies. 15. 2938. 10.3390/en15082938.

Young, E., & Quinn, L. (2002). Writing Effective Public Policy Papers: A Guide for Policy Advisers in Central and Eastern Europe. Open Society Institute.

پیوست‌ها

پیوست (۱): اهداف کمّی سنجه‌های عملکردی انرژی (برق)

سنجه عملکردی	واحد متعارف	هدف کمّی در پایان برنامه
کل ظرفیت نامی منصوبه	مگاوات	۱۲۴/۴۸۵
ظرفیت منصوبه تجدیدپذیر	مگاوات	۱۲۰۰۰
ظرفیت منصوبه هسته ای	مگاوات	۳۰۰۰
تولید برق	میلیون کیلووات ساعت	۴۸۹/۲۹۵
تولید برق تجدیدپذیر	میلیون کیلووات ساعت	۲۱۰۰۰
میانگین بهره‌وری (راندمان) نیروگاه‌های موجود	درصد	۴۴
تلفات انتقال و توزیع برق	درصد	۱۰
مجموع تبادل (صادرات و واردات) برق	میلیون کیلووات ساعت	۲۰/۰۰۰
حداکثر توان تولید برق در اوج بار	مگاوات	۸۷/۱۴۰
حداکثر نیاز مصرف برق در اوج بار	مگاوات	۸۵/۵۰۸
تراز برق در اوج بار	مگاوات	۱/۶۳۲
میانگین بهره‌وری نیروگاه‌های جدید	درصد	۵۵ درحد استاندارد
صرفه‌جویی مصرف‌کننده نهائی برق	میلیون کیلووات ساعت	۳/۰۰۰
رشد طول خطوط شبکه	درصد	۲۵ (سالانه ۵)
سهم نیروگاه‌های جدیدالاحداث بدون نیاز به سوخت گاز و فراورده نفتی	درصد از کل ظرفیت تولید	۴۰
سهم اندازه‌گیری برق مصرفی مشترکان از طریق شمارشگرهای هوشمند	درصد	۹۰ (سال اول ۶۰)
رشد ظرفیت پست‌های انتقال و توزیع	درصد	۲۵

پیوست (۲): جمع ردیف‌ها و ستون‌های هر یک از عوامل در ماتریس‌های (MPDI) و (MDI)

N	VARIABLE	ردیف	ستون
1	Development of solar technologies	73	80
2	Advances in battery and energy storage technology	80	77
3	Innovation in wind technologies	80	80
4	Using biomass and biofuels	78	85
5	Geothermal technologies	71	66
6	Advances in tidal energy	74	76
7	Applications of hydrogen energy	72	76
8	Smart networks and energy management	87	79
9	Advances in new materials to optimize energy production	66	70
10	Reducing the cost of renewable energy production	73	80
11	Development of support policies and incentives	72	68
12	Increasing public and private investments	72	77
13	Software advances in energy management and optimization	79	71
14	Development of energy conversion technologies	83	76
15	Increasing public awareness and demand for clean energy	84	76
16	Development of small-scale and local technologies	78	80
17	Increasing international cooperation	73	75
18	Increasing the number of active universities and research institutes	73	83
19	Increasing competition in the energy market	84	81
20	Increasing desire for energy self-sufficiency	81	68
21	Developments in electric transportation systems	85	75
22	Increasing demand for sustainable buildings	79	79
23	Development of technologies related to renewable energy in remote areas	72	71
24	Increasing energy efficiency in industries	84	81
25	Changes in environmental laws and regulations	76	76
26	Advances in carbon capture and storage technologies	70	83
27	Development of electric vehicle charging infrastructure	83	75
28	Climate change and its effects on energy sources	81	86
29	Using smart technologies in energy consumption management	80	70
30	Advances in nanotechnology for energy optimization	73	82
31	Developments in local and independent energy systems	78	82
32	Advances in biotechnology in the production of biofuels	77	77
33	Advances in new materials for making solar panels	80	77
34	Development of water purification and reuse technologies in energy production	73	77
35	Developments in renewable energy and green economy	77	84
36	Advancement in the technologies of light and resistant structures for energy production	78	80
37	Development of energy recycling technologies	86	74
38	Advances in hybrid energy technologies	75	85
39	Development of technologies to reduce energy loss	77	73
40	Developments in green sea and air transportation technologies	72	78
	Totals	3089	3089

پیوست (۳): رتبه‌بندی تاثیرگذاری و تاثیرپذیری مستقیم عوامل

RANK	LABEL	DIRECT INFLUENCE	LABEL	DIRECT DEPENDENCE
1	SMRT	281	CLIM	278
2	RECY	278	BIOM	275
3	TRNS	275	COMB	275
4	AWAR	271	RENW	271
5	MRKT	271	UNIV	268
6	EFFC	271	CRBN	268
7	CONV	268	NANO	265
8	VHCL	268	LOCL	265
9	SUFF	262	MRKT	262
10	CLIM	262	EFFC	262
11	BATT	258	SOLR	258
12	WIND	258	WIND	258
13	CONS	258	COST	258
14	PANL	258	SMLL	258
15	SOFT	255	STRC	258
16	DMND	255	SMRT	255
17	BIOM	252	DMND	255
18	SMLL	252	GREN	252
19	LOCL	252	BATT	249
20	STRC	252	PUBL	249
21	BIOT	249	BIOT	249
22	RENW	249	PANL	249
23	RDUC	249	PURF	249
24	ENVR	246	TIDL	246
25	COMB	242	HYDR	246
26	TIDL	239	CONV	246
27	SOLR	236	AWAR	246
28	COST	236	ENVR	246
29	INTR	236	INTR	242
30	UNIV	236	TRNS	242
31	NANO	236	VHCL	242
32	PURF	236	RECY	239
33	HYDR	233	RDUC	236
34	POLC	233	SOFT	229
35	PUBL	233	AREA	229
36	AREA	233	MATE	226
37	GREN	233	CONS	226
38	GEOT	229	POLC	220
39	CRBN	226	SUFF	220
40	MATE	213	GEOT	213