Industrial Management Studies
Vol. 24, No.81, 2026; P 67-101
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2026.92477.3027

ATU PRESS

Original Research
Accepted: 29/07/2026
Revised: 22/07/2026
Received: 01/05/2026
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

# A Multidimensional Alignment Framework for the Sustainability of Renewable Electrical Energy in the Industrial Sector: Based on Fuzzy Cognitive Map Analysis

**Ali Alam** — Department of Systems Management, Faculty of Management and Accounting, Farabi College, University of Tehran, Qom, Iran

**Mahsa Pishdar** * — Department of Industrial Management and Technology, Faculty of Management and Accounting, Farabi College, University of Tehran, Qom, Iran

**Mohammad Reza Fathi** — Department of Industrial Management and Technology, Faculty of Management and Accounting, Farabi College, University of Tehran, Qom, Iran

**Amir Doudabi Nejad** — Energy Economics Group, Niroo Research Institute, Tehran, Iran

## Abstract

The development of renewable electrical energy in the industrial sector requires multidimensional alignment across economic, social, environmental, and technological dimensions. This study aimed to present a multidimensional alignment framework for sustainability and to analyze indicator interactions using fuzzy cognitive maps. Key indicators were extracted from literature review and expert opinions of 20 energy policymakers, industrial managers, and faculty members, with causal relationships analyzed via specialized software. Findings identified electricity price and demand, production self sufficiency, energy saving, solar system installation, and climate change as main drivers; variables such as working capital and fossil fuel reduction played dual roles, while $CO_2$ reduction emerged as the response variable. The proposed framework supported strategic decision-making and roadmap development. Proposed solutions include smart monitoring and control systems based on IoT and digital twins, integrated energy management with employee self help, non governmental investment,

* Corresponding Author: mahsa.pishdar@ut.ac.ir
**How to Cite:** Alam, A., Pishdar, M., Fathi, M. R., Doudabi Nejad, A. (2026). A Multidimensional Alignment Framework for the Sustainability of Renewable Electrical Energy in the Industrial Sector: Based on Fuzzy Cognitive Map Analysis, *Industrial Management Studies, 24(81)*, 67-101.

public joint stock companies, participatory models for small and medium sized factories, and energy storage methods.

## Introduction

The industrial sector occupies a strategic position in national energy policymaking because of its substantial share of electricity consumption and its essential contribution to production continuity, employment, and economic growth. A reliable electricity supply is therefore fundamental to industrial productivity, competitiveness, and resilience. Nevertheless, electricity imbalances during peak-demand periods often lead to supply restrictions for industrial units, causing reduced production capacity, lower efficiency and profitability, and, in some cases, temporary shutdowns. The existing electricity-generation portfolio remains highly dependent on fossil fuels, particularly natural gas. Constraints in fuel supply, increasing electricity demand, environmental concerns, and climate-change impacts demonstrate that the current energy system cannot adequately support long-term industrial growth. Renewable electrical energy (including solar, wind, and other clean sources) offers an important pathway for diversifying the electricity-generation mix, reducing fossil-fuel dependence, improving energy security, and mitigating environmental pollution and greenhouse-gas emissions.

However, renewable electricity development in the industrial sector is not solely a technological issue. Its sustainability depends on coherent alignment among economic, social, environmental, and technological dimensions. In practice, this alignment is challenged by inconsistent policies, inadequate infrastructure, limited financing mechanisms, insufficient operational coordination, and varying levels of industrial readiness. The absence of an integrated analytical framework for simultaneously examining these dimensions may lead to fragmented policies and ineffective investments.

Accordingly, this study aimed to develop a multidimensional alignment framework for the sustainability of renewable electrical energy in the industrial sector. It also investigated the causal interactions among the effective indicators through the Fuzzy Cognitive Map (FCM) approach. The study addressed four questions: identifying the key indicators, determining causal relationships and influence levels, classifying indicators according to their roles in the system, and explaining their priorities within the proposed multidimensional framework.

## Methodology

This research employed a fuzzy cognitive mapping approach to model the complex causal relationships among the indicators affecting renewable electricity sustainability in the industrial sector. FCM was an appropriate method for analyzing systems characterized by uncertainty, interdependence, feedback mechanisms, and reliance on expert knowledge.

The research process was conducted in four stages. First, relevant indicators were identified through a review of theoretical foundations, previous studies, and energy-sustainability literature. The indicators were classified into four

dimensions: economic, social, environmental, and technological. Second, the preliminary indicators were reviewed and validated by a panel of 20 experts, including energy policymakers, managers from public and private industrial organizations, and university faculty members. All participating experts had more than five years of relevant professional or academic experience.

Third, the experts assessed the existence, direction, and strength of causal relationships among the identified indicators. Data were collected through a structured questionnaire distributed via the Porsa platform of the Iranian Research Institute for Information Science and Technology. The questionnaire was designed to require responses to all items; therefore, no missing data were observed. Expert judgments were aggregated to generate the final weighted adjacency matrix of the fuzzy cognitive map.

## Results and Discussions

The study identified a set of key indicators influencing the alignment and sustainability of renewable electrical energy in the industrial sector across the four economic, social, environmental, and technological dimensions. The FCM analysis revealed that electricity price and demand, self-sufficiency in electricity generation, industrial energy saving, installation of solar-energy systems, and climate change are the principal driving variables in the system. These variables have high outgoing influence and play a decisive role in shaping the development path of renewable electricity in industry.

Electricity price and demand affect investment incentives, consumption behavior, and the economic feasibility of renewable-energy projects. Industrial self-sufficiency in electricity generation reduces dependence on the national grid and improves resilience against supply restrictions. Energy-saving practices decrease industrial electricity demand and complement renewable-energy deployment. Solar-system installation contributes directly to decentralized clean-electricity production, while climate change acts as an important environmental driver that increases the urgency of energy transition and emission-reduction policies.

The findings also indicated that working capital in industries, industrial self-reliance, reduced fossil-fuel consumption, and environmental protection have bidirectional roles. These variables both influence and are influenced by other factors in the system. For example, access to working capital supports investment in renewable technologies, but it is itself affected by electricity costs, industrial performance, and policy incentives. Similarly, reduced fossil-fuel consumption contributes to environmental protection, while environmental policies and concerns can stimulate further reductions in fossil-fuel use.

The reduction of carbon dioxide emissions was identified as the main response variable. This indicated that emission reduction is primarily an outcome of coordinated improvements in electricity self-sufficiency, renewable-energy capacity, energy efficiency, financing, technology adoption, and environmental governance.

The proposed framework provided a structured basis for prioritizing policy interventions and industrial actions. It emphasizes smart consumption-monitoring and control systems, intelligent scheduling of industrial electricity use, Internet of Things (IoT)-based remote control, digital twins, integrated energy-management systems, employee participation in energy-saving initiatives, renewable-energy investment models, small-scale combined power plants for small and medium-sized enterprises, and electricity-storage solutions.

## Conclusion

This study developed a multidimensional alignment framework for renewable electrical energy sustainability in the industrial sector using fuzzy cognitive maps. The findings demonstrated that sustainable renewable-energy development requires coordinated action across economic, social, environmental, and technological dimensions rather than isolated technological investments. The results identified electricity price and demand, electricity self-sufficiency, industrial energy saving, solar-system installation, and climate change as the system's main drivers. Working capital, industrial self-reliance, fossil-fuel reduction, and environmental protection served as bidirectional variables, whereas carbon dioxide emission reduction is the main response variable. These results suggested that policymakers and industrial decision-makers should prioritize interventions that strengthen the system's key drivers and improve coordination among interdependent variables.

The framework supported strategic decision-making and the preparation of a national or sectoral roadmap for renewable electricity development in industry. Practical measures include implementing smart energy-management systems, expanding decentralized renewable generation, promoting collective and public investment models, supporting small and medium-sized industries through participatory projects, deploying energy-storage technologies, and using advanced analytical tools for demand and generation forecasting. Future studies may extend the framework by incorporating additional stakeholders, comparing industrial subsectors, and conducting scenario-based simulations under alternative energy-policy conditions.

**Keywords:** Renewable Electrical Energy, Industrial Energy Sustainability, Strategic Alignment, Fuzzy Cognitive Maps, Sustainability Indicators.

مقاله پژوهشی
تاریخ ارسال: ۱۴۰۵/۰۲/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۷
ISSN: 2251/8029
eISSN: 2476-602X

**مطالعات مدیریت صنعتی**
سال بیست و چهارم، شماره ۸۱، تابستان ۱۴۰۵، ص ۶۷ تا ۱۰۱
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2026.92477.3027

# ارائه چارچوب همترازی چندبعدی برای پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در بخش صنعتی: بر اساس تحلیل نقشه‌های شناختی فازی

**علی عالم** — گروه مدیریت سیستم‌ها، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران

**مهسا پیشدار** * — گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران

**محمدرضا فتحی** — گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران

**امیر دودابی نژاد** — گروه اقتصاد انرژی، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران

## چکیده

توسعه انرژی تجدیدپذیر در بخش صنعت نیازمند هم‌راستایی ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فناورانه است که با چالش‌هایی در سیاست‌گذاری، زیرساخت‌های صنعتی و سازوکارهای عملیاتی روبه‌روست. این پژوهش باهدف ارائه چارچوب هم‌راستایی چندبعدی و تحلیل تعامل شاخص‌ها با نقشه‌های شناختی فازی انجام شد. شاخص‌ها از طریق مرور پیشینه و نظرخواهی از ۲۰ خبره شامل سیاست‌گذاران، مدیران صنعتی و اعضای هیئت‌علمی استخراج و روابط علّی با نرم‌افزار تحلیل گردید. یافته‌ها نشان داد که شاخص‌های قیمت و تقاضای برق، خودکفایی تولید، صرفه‌جویی انرژی، نصب سامانه‌های خورشیدی و تغییر اقلیم به‌عنوان محرک‌های اصلی، متغیرهایی چون سرمایه‌درگردش و کاهش مصرف سوخت فسیلی دوطرفه بوده و کاهش دی‌اکسیدکربن متغیر پاسخ است. چارچوب پیشنهادی بستری برای تصمیم‌گیری راهبردی فراهم می‌کند. راهکارهایی نظیر استقرار سامانه‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و دوقلوی دیجیتال، مدیریت یکپارچه با رویکرد خودیاری، سرمایه‌گذاری غیردولتی، شرکت‌های سهامی عام، مدل‌های مشارکتی برای صنایع کوچک و متوسط و روش‌های ذخیره‌سازی انرژی پیشنهاد شد.

**کلیدواژه‌ها:** انرژی الکتریکی تجدیدپذیر، پایداری انرژی صنعتی، همترازی راهبردی، نقشه‌های شناختی فازی، شاخص‌های پایداری.

## ۱. مقدمه

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته مدیریت صنعتی گرایش مدیریت سیستم‌ها دانشکدگان فارابی دانشگاه تهران است.

* نویسنده مسئول: mahsa.pishdar@ut.ac.ir

تأمین پایدار انرژی یکی از الزامات اساسی توسعه اقتصادی و صنعتی در جهان معاصر به شمار می‌رود. رشد سریع تقاضای انرژی، محدودیت منابع فسیلی و افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، ضرورت گذار به نظام‌های انرژی پایدار را بیش‌ازپیش برجسته کرده است (جهانگرد و همکاران،۲۰۲۰). امروزه انرژی الکتریکی نقش بسیار مهمی در کیفیت زندگی جوامع بشری ایفا می‌کند، نیاز به برق به‌طور مداوم در حال افزایش است (معتضدیان،۲۰۲۴). توسعه این منابع علاوه بر کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، می‌تواند به افزایش امنیت انرژی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و تقویت تاب‌آوری سیستم‌های انرژی کمک کند. انرژی الکتریکی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حامل‌های انرژی، نقش کلیدی در توسعه اقتصادی و به‌ویژه در بخش صنعت ایفا می‌کند (حیرانی و همکاران،۲۰۲۳). پایداری تأمین برق برای واحدهای صنعتی، عاملی حیاتی در تداوم تولید، افزایش بهره‌وری و حفظ رقابت‌پذیری بنگاه‌های اقتصادی محسوب می‌شود، اما ناترازی در دوره‌های اوج مصرف به شکل محدودیت در تأمین برق صنایع نمایان می‌شود و پیامدهایی نظیر کاهش ظرفیت تولید، افت بهره‌وری، کاهش سودآوری و حتی توقف موقت فعالیت برخی واحدهای صنعتی را به دنبال دارد.

در چنین شرایطی به علت عدم تنوع در سبد تولید برق کشور و وابستگی بالای آن به گاز و محدودیت تأمین سوخت گاز، شرایط فعلی نمی‌تواند پاسخگوی برق موردنیاز جهت رشد اقتصادی کشور باشد، لذا تنوع‌بخشی به سبد تولید برق ضروری و از اولویت‌های کشور است (مرکز پژوهش‌های مجلس[۱]، ۱۴۰۲)، توسعه انرژی‌های الکتریکی تجدیدپذیر به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش فشار بر شبکه برق، افزایش امنیت انرژی و حرکت به‌سوی توسعه پایدار مطرح شده است. استفاده از منابعی نظیر انرژی خورشیدی، بادی و سایر منابع تجدیدپذیر می‌تواند علاوه بر کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، به تنوع‌بخشی در منابع تولید برق و افزایش پایداری سیستم انرژی کمک کند. بااین‌حال، تحقق کامل این هدف مستلزم وجود چارچوبی منسجم برای همترازی سیاست‌ها، زیرساخت‌ها، سرمایه‌گذاری‌ها و اقدامات اجرایی در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، فناوری و محیط‌زیستی است. همترازی میان این ابعاد می‌تواند موجب هماهنگی میان بازیگران اصلی حوزه انرژی ازجمله سیاست‌گذاران، نهادهای اجرایی و نظارتی، تولیدکنندگان انرژی تجدیدپذیر و مصرف‌کنندگان صنعتی شده و زمینه تحقق پایداری در نظام تأمین انرژی را فراهم سازد.

با توجه به چالش‌های موجود در تأمین پایدار انرژی الکتریکی در بخش صنعت و ضرورت توسعه منابع انرژی تجدیدپذیر، یکی از مسائل اساسی در این حوزه شناسایی و درک روابط میان عوامل مؤثر بر همترازی و پایداری این نوع انرژی در بخش صنعتی کشور است. نبود یک چارچوب تحلیلی یکپارچه

---

۱ مسائل راهبردی بخش انرژی در برنامه هفتم توسعه -۱۹۲۸۷

برای بررسی هم‌زمان ابعاد اقتصادی، اجتماعی، فناوری و محیط‌زیستی و همچنین عدم شناخت دقیق میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری شاخص‌های مختلف، می‌تواند موجب ناکارآمدی سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر شود. ازاین‌رو، تبیین ساختار روابط میان این شاخص‌ها و تعیین نقش هر یک در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در بخش صنعت، به‌عنوان یک مسئله پژوهشی مهم مطرح می‌شود.

ساختار این مقاله به این صورت تنظیم شده است که پس‌ازاین مقدمه، در بخش دوم مروری بر پیشینه پژوهش و مبانی نظری ارائه می‌شود. در بخش سوم روش‌شناسی تحقیق و گام‌های مدل نقشه شناختی فازی تشریح می‌گردد. بخش چهارم به تحلیل یافته‌ها و نتایج پژوهش اختصاص دارد و درنهایت، در بخش پایانی جمع‌بندی نتایج، ارائه پیشنهادها و بیان مسیرهای پیشنهادی برای پژوهش‌های آینده ارائه خواهد شد.

به‌منظور دستیابی به اهداف پژوهش، از رویکرد نقشه‌های شناختی فازی به‌عنوان ابزاری مناسب برای مدل‌سازی روابط علّی میان متغیرهای پیچیده و بهره‌گیری از دانش خبرگان استفاده می‌گردد. این روش امکان تحلیل برهم‌کنش‌ها، تعیین میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری شاخص‌ها و تعیین محرک، پاسخ و خنثی را در نظام توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را فراهم می‌سازد. نوآوری این مقاله در ارائه یک چارچوب تحلیلی یکپارچه برای فهم ساختار علّی شاخص‌ها و تبیین جایگاه آن‌ها در پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر است که رتبه‌بندی شاخص‌ها نیز بخشی از خروجی آن به‌شمار می‌آید. همچنین بر این اساس، پژوهش حاضر در پی پاسخ‌گویی به سؤالات ذیل است:

سؤال اول- شاخص‌های کلیدی مؤثر بر همترازی و پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در بخش صنعت کشور کدام‌اند؟

سؤال دوم- روابط علّی و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری میان این شاخص‌ها چگونه است؟

سؤال سوم- کدام شاخص‌ها نقش محرک، کدام نقش وابسته و کدام نقش دوسویه در نظام توسعه انرژی تجدیدپذیر صنعتی دارند؟

سؤال چهارم- جایگاه، اولویت و نقش هر یک از این شاخص‌ها در چارچوب همترازی چندبعدی پیشنهادی چگونه قابل تبیین است؟

## ۲. پیشینه پژوهش

طبق مطالعه ابان[1] و همکاران (۲۰۲۲)، اهمیت انرژی در عملکرد اقتصاد و جامعه یک ملت قابل اغراق نیست. بااین‌وجود، بخش عمده‌ای از تقاضای جهانی انرژی همچنان توسط سوخت‌های فسیلی

1 Abban, O. J

تجدیدناپذیر مانند نفت، زغال‌سنگ و گاز طبیعی برآورده می‌شود. چن[1] (۲۰۲۲)، فنگ[2] و همکاران (۲۰۲۲) و فرگاهی[3] و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقات خود بیان داشتند که دسترسی به استانداردهای بالای تولید و مصرف انرژی، شاخص کلیدی موفقیت یک کشور در دستیابی به توسعه است. بااین‌حال، تولید و مصرف انرژی، چه فسیلی و چه غیرفسیلی، علیرغم نقشی که در کمک به رشد و توسعه اقتصادی دارد، تهدیدات و چالش‌های مهمی برای محیط‌زیست و توسعه پایدار ایجاد می‌کند.

در محیط‌های صنعتی، کارایی انرژی از طریق بهینه‌سازی ماشین‌آلات، کاهش تلفات انرژی و اجرای فناوری‌های بهره‌وری انرژی حاصل می‌شود که هدف آن کاهش مصرف انرژی در عین حفظ یا بهبود خروجی تولید است (احمدی و همکاران، ۲۰۲۲). این امر شامل ارزیابی میزان کار، خروجی یا خدمات مفید از انرژی مصرف‌شده توسط شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی است. یزدانی و همکاران،۲۰۲۳)، طی مطالعه‌ای بیان داشتند که منافع استفاده از نقشه شناختی فازی اولاً امکان در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین معیارها فراهم می‌نماید و ثانیاً تعریف سیستمی مفاهیم را ممکن می‌نماید به‌طوری‌که اجازه می‌دهد معیارها را با تغییرات بالقوه پیوند داده و درنتیجه تحولات سیستم را یکپارچه کند.

یکی از شکاف‌های عمده، فقدان یک رویکرد ساختاریافته و مبتنی بر داده برای تعیین و اولویت‌بندی مؤثرترین استراتژی‌های انرژی در بخش پتروشیمی است. فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند هوش مصنوعی و نقشه‌های شناختی فازی می‌توانند نقش کلیدی در بهینه‌سازی مصرف انرژی و غلبه بر موانع موجود ایفا کنند. بااین‌حال، این روش‌ها به‌طور گسترده‌ای در چشم‌انداز صنعتی ایران به کار گرفته نشده‌اند (مدیرزاده و همکاران، ۲۰۲۴). (علوی و همکاران،۲۰۲۱) ادغام داده‌ها و یادگیری ماشین را برای به دست آوردن اطلاعات تأمین‌کنندگان و معیارها پیشنهاد می‌کند. (دولگه[4] و همکاران،۲۰۲۴) در طی مطالعه‌ای از روش نقشه شناختی فازی برای تحلیل مدل‌های ذهنی ذینفعان مختلف در رابطه با اهمیت درک شده آن‌ها از عوامل مختلف مؤثر بر اجرای ذخیره‌سازی انرژی در محیط شهری استفاده کردند. بااین‌حال، توسعه و پذیرش راهبردهای بهره‌وری انرژی برق در بخش صنعتی ایران به کندی پیش می‌رود و این کشور در پیاده‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های بهره‌وری انرژی در مقایسه با روندهای جهانی عقب مانده است (جباری[5] و همکاران، ۲۰۲۴). پروژه‌های تجدیدپذیر در سال‌های اخیر رشد کرده‌اند. سیستم‌های خانگی خورشیدی و شبکه‌های کوچک اکنون بخشی از ترکیب انرژی هستند. حدود شش میلیون خانه اکنون با انرژی خورشیدی کار می‌کنند که عمدتاً در مناطق روستایی هستند (المحبوب

1 Chien,F
2 Fang, J
3 Farghali,M
4 Dolge, K
5 Jabari, L

و همکاران، ۲۰۲۳). تولید انرژی الکتریکی با روش فسیلی با چالش‌های زیادی ازجمله فناوری‌های قدیمی، حمایت‌های ناکافی سیاستی، نبود مشوق‌های مالی برای سرمایه‌گذاری در سیستم‌های انرژی نو مواجه هستند (قاسمی و همکاران، ۲۰۲۳). در مطالعه خود اعلام داشتند که نقشه‌های شناختی فازی را می‌توان به‌عنوان پویا تعریف کرد. سیستم‌هایی که از حالت اولیه اجازه می‌دهند تا حالت‌های جدید سیستم‌ها را در هر مرحله زمانی معین با روابط علی استنتاج کنند (شارما[1] و همکاران، ۲۰۲۲). بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند یادگیری ماشین می‌تواند به شناسایی اقدامات مؤثر در جهت پایداری انرژی کمک کرده، مصرف انرژی را بهینه‌سازی کرده و بینش‌های پیش‌بینی‌کننده‌ای برای غلبه بر موانع سنتی ارائه دهد (رنجبر و همکاران، ۲۰۲۲)؛ بنابراین، تمرکز بر تعیین و اولویت‌بندی مؤلفه‌های پایداری انرژی برق به‌ویژه در بخش صنعت، برای رفع چالش‌های انرژی ایران و بهبود امنیت انرژی در بلندمدت حیاتی است. صنعت پنج اصول پایداری را عمیق‌تر می‌کند و استفاده از منابع تجدیدپذیر و کاهش هدررفت انرژی از طریق شیوه‌های اقتصاد چرخشی را ترویج می‌کند. فرآیندهای بهره‌ور انرژی به‌منظور کاهش ضایعات، بازیافت مواد و کاهش ردپای کلی انرژی در تولید طراحی شده‌اند (برک[2] و همکاران، ۲۰۲۱).

در مطالعه‌ای توسط نیکاس[3] و همکاران (۲۰۲۰) چنین مشخص شد که نقشه شناختی فازی می‌تواند به شناسایی موانع مرتبط با چالش‌های موجود در سیاست‌های انرژی و پایداری کمک کند. به‌عنوان‌مثال، با استفاده از یک چارچوب ساختاریافته نقشه شناختی فازی، ذینفعان خطرات مختلف مرتبط با این انتقال انرژی را شناسایی کردند. موانع برجسته‌شده شامل تأثیرات بالقوه پایدار رکود اقتصادی مداوم، پذیرش محدود عمومی از طرح‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، بی‌ثباتی نظارتی، هزینه‌های بالای فناوری و جهت‌گیری سیاست نامطلوب است که می‌تواند منجر به قفل شدن فناوری شود. مدل‌سازی نقشه شناختی فازی در برنامه‌ریزی سیاست مفید است.

گویدن[4] و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که ابزارها و روش‌های زیادی برای توصیف روابط علّی بین عوامل تأثیرگذار و تحلیل تأثیر تغییرات رابطه علّی در یک سیستم تصمیم‌گیری پویا باید مورداستفاده قرار گیرد. نقشه‌های شناختی فازی می‌توانند روابط علی عوامل تأثیر را توسط ساختار شبکه نشان دهند و از نمایش نمادین برای توصیف وضعیت سیستم‌های پیچیده استفاده کنند. تحول صنعتی پنج برخلاف تولید انبوه در تحول صنعتی چهار، ترویج شخصی‌سازی انبوه را در پیش گرفته است. با تولید محصولات بر اساس تقاضا به‌جای تولید انبوه، مصرف انرژی کاهش می‌یابد زیرا محصولات کمتری به‌طور غیرضروری

1 Sharma, A
2 Breque, M
3 Nikas, A
4 Govindan, K

تولید می‌شوند و تولید با تقاضای واقعی بهتر هماهنگ است (نهاوندی، ۲۰۱۹). (سولانگی[1] و همکاران، ۲۰۱۹) بیان داشتند که استراتژی‌های انرژی ایده‌آل چندین هدف کوتاه‌مدت و همچنین بلندمدت را برای بهبود توزیع منابع، بسته به قابلیت‌ها و پتانسیل‌های مناطق مختلف تحت محدودیت‌های مختلف، مانند محدودیت‌های تکنولوژیکی، محدودیت‌های بودجه‌ای، اهداف متضاد (عمدتاً با انگیزه ژئوپلیتیکی) و غیره هدف قرار می‌دهند. بااین‌وجود، توسعه استراتژی‌ها و سیاست‌های انرژی باید برای اجرای مؤثر این سیاست در اولویت قرار گیرد، این یک فرآیند تصمیم‌گیری ترکیبی چندبعدی است که شامل چندین موضوع ازجمله فنی، اقتصادی، اکولوژیکی و اجتماعی است.

گلایکز[2] نقشه‌های شناختی فازی را به‌عنوان یک فرمالیسم مدل‌سازی محاسباتی معرفی می‌کنند که پیچیدگی را برطرف می‌کند و امکان تجزیه‌وتحلیل و شبیه‌سازی معیارها را فراهم می‌کند.

## ۲-۱ شناسایی شاخص‌های مؤثر

مطالعات انجام‌شده در جدول شماره ۱ خلاصه‌نویسی شده است. همچنین به‌منظور افزایش شفافیت شاخص‌های مؤثر در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر و بررسی دقیق مقالات در حوزه پایداری و انرژی الکتریکی تجدیدپذیر، شاخص‌ها و ویژگی‌هایی در حوزه اقتصادی، اجتماعی، محیطی، فناوری و زیرساخت دسته‌بندی گردید. این شاخص‌ها در مرحله اول طبق نظر خبرگان با طیف امتیازی لیکرت موردبررسی قرار گرفت و شاخص‌هایی که بیش از مقدار متوسط بودند به‌عنوان شاخص‌های کلیدی انتخاب شدند که در طراحی پرسشنامه نقشه شناختی فازی مورداستفاده قرار می‌گیرند.

**جدول ۱. خلاصه مطالعات پیشین جهت تعیین شاخص‌ها**

| نام نویسنده | سال | شاخص‌ها و معیارها | متد و روش مورداستفاده در تحقیق |
|---|---|---|---|
| آنا یوجواریگل[3] و همکاران | ۲۰۲۵ | قیمت برق، وخامت اقتصادی، تقاضای انرژی الکتریکی، سرمایه‌گذاری خارجی، اقتصاد مبتنی بر سوخت‌های فسیلی، درآمد حاصل از صادرات سوخت‌های فسیلی، قیمت جهانی تجهیزات، سرمایه‌گذاری دولتی، حمایت دولتی، ایجاد شغل، قابلیت اطمینان و توسعه و کارایی فناوری، توسعه انرژی خورشیدی، مقررات محیط زیستی، قوانین انرژی‌های تجدید پذیر | رویکرد نقشه‌های شناختی فازی و تحلیل پایداری شبکه |
| اوسی و فگبولا[4] | ۲۰۲۵ | تقاضای انرژی تجدید پذیر و غیرتجدیدپذیر، تولید ناخالص ملی، نرخ تولید انرژی بر اساس سرمایه‌گذاری، جمعیت، انتشار گاز | پیش‌بینی بر اساس یادگیری ماشین |

1 Solangi, YA
2 Glykas, M.
3 Ujwary –Gil,A
4 Ossai,W, Matthew Fagbola,T

| نام نویسنده | سال | شاخص‌ها و معیارها | متد و روش مورداستفاده در تحقیق |
|---|---|---|---|
| | | دی‌اکسیدکربن، نرخ تورم، قیمت‌گذاری، درصد دسترسی به انرژی الکتریکی | |
| نیکان شاهوردی و همکاران[1] | ۲۰۲۵ | بهینه‌سازی، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی زیست‌توده، سیستم پشتیبان تصمیم، توسعه پایدار، ذخیره انرژی، شبکه عصبی مصنوعی | هوش مصنوعی و یادگیری ماشین – پایداری انرژی تجدید پذیر |
| سرکان[2] و همکاران | ۲۰۲۴ | اثربخشی هزینه‌ها، پایداری سیاسی، قوانین و مقررات بانفوذ، حمایت دولت از تولید انرژی تجدید پذیر، تاب‌آوری حاکمان، کارکنان با صلاحیت، بازارسازی، برآوردسازی انتظارات مشتری | یادگیری ماشین و منطق فازی |
| علیجویو[3] | ۲۰۲۴ | هوش مصنوعی، امنیت سایبری، تحلیل داده‌ها، استفاده از اینترنت اشیا در انرژی تجدیپذیر، تولید جمع‌پذیر انرژی، محاسبات ابری | هوش مصنوعی و یادگیری عمیق |
| سلیم کریمی تکلو[4] و همکاران | ۲۰۲۴ | افزایش انتظارات مشتری، دسترسی تأمین منابع، آموزش و پشتیبانی مستمر، کاهش اثرات محیط زیستی، گزارش دهی از سیستم در جهت پایداری، اطلاع‌رسانی، مشارکت نهادهای مردمی، تنظیم مقررات و قوانین، توجه به ذی‌نفعان، افزایش سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی، مزیت رقابتی، قیمت‌گذاری و فرصت بازار | نقشه شناختی فازی شهودی و تحلیل توسعه انرژی‌های پایدار |
| سایان داس و سودیپتا دی[5] | ۲۰۲۳ | پتانسیل عظیم منابع انرژی تجدیدپذیر، توانایی تقویت تولید ماژول‌های خورشیدی و بادی، سرمایه‌گذاری ماژول‌های خورشیدی، پتانسیل حمایت مالی خارجی، انرژی پایدار با استفاده از سیستم انرژی تجدیدپذیر، گسترش تحقیق و توسعه فناوری، مزیت‌های جغرافیایی | تصمیم‌گیری چند شاخصه – فازی مردد و مدل SWOT |
| یانچون پان و هاشم زاده[6] (۲۰۲۳) | ۲۰۲۳ | مفهوم ضریب ظرفیت، بلوغ فناوری. کارایی، انتشار $CO_2$، ظرفیت منبع، انرژی مصرفی، مواد و ملزومات، زمین موردنیاز، سرمایه اولیه مصرفی، عملیات و نگهداری، دوام منابع، طول عمر تجهیزات | چارچوب ارزیابی مبتنی بر اقتصاد دایره‌ای برای افزایش پایداری در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر با ملاحظات چرخه عمر |

## ۲-۲ تعریف مفاهیم و شاخص‌ها

به‌منظور احصاء مفاهیم و شاخص‌های اصلی مؤثر در پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در بخش صنعت، مقالات اوسی و فگبولا، کریمی تکلو موردتوجه قرار گرفت که مطالعات پایداری انرژی الکتریکی با نگرش اقتصادی و فناوری می‌باشند، همچنین مقالات متعددی با مضامین مرتبط با

1 Shahverdi, N, Saffari, A, Amiri,B
2 Eti,S
3 Franciskus Antonius Alijoyo
4 Salim, K,T
5 Das,S, Sudipta De
6 Pan, Y, Hashemizadeh, A

محیط‌زیست منتشر گردیده است که می‌توان به مقالات یوجواریگل، یانچون پان و شاهوردی اشاره نمود. با مطالعه مقالات مزبور، شاخص‌هایی استخراج گردید که در اختیار خبرگان قرار گرفت و با توجه به امتیازات کسب‌شده، شاخص‌های اقتصادی و شاخص فناوری و زیرساخت در جدول ۲ ثبت گردیده است.

**جدول ۲. شاخص‌های اقتصادی و فناوری مؤثر در پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر**

| مفهوم /شاخص اقتصادی | نماد شاخص | مفهوم /شاخص فناوری و زیرساختی | نماد شاخص |
|---|---|---|---|
| قیمت انرژی الکتریکی | $ECC_1$ | تقویت و کارایی فنی در پایداری انرژی الکتریک | $TEC_1$ |
| تقاضای انرژی الکتریکی | $ECC_2$ | گسترش تحقیق و توسعه در پایداری انرژی الکتریک | $TEC_2$ |
| درآمد و سودآوری صنایع | $ECC_3$ | تجهیزات و امکانات پیشرفته در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_3$ |
| صادرات انرژی الکتریکی | $ECC_4$ | دانش و علم تخصصی در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_4$ |
| مشارکت مالی نهاد مردمی در تولید انرژی الکتریکی | $ECC_5$ | رشد و بلوغ فناوری در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_5$ |
| یارانه دولتی در تولید انرژی الکتریکی | $ECC_6$ | تحول صنعتی چهار و پنج در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_6$ |
| بهره‌وری صنایع با انرژی الکتریکی | $ECC_7$ | ذخیره‌سازی انرژی در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_7$ |
| سرمایه در گردش صنایع در انرژی الکتریکی | $ECC_8$ | قابلیت اطمینان و طول عمر تجهیزات در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_8$ |
| دسترسی به منابع انرژی الکتریکی | $ECC_9$ | نصب پنل‌های انرژی خورشیدی در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_9$ |
| خودکفایی در تولید انرژی الکتریکی | $ECC_{10}$ | استفاده از سایر فناوری‌های نوین در پایداری انرژی الکتریک | $TEC_{10}$ |
| استقرار زنجیره تولید انرژی الکتریکی | $ECC_{11}$ | کارایی و کیفیت تجهیزات در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_{11}$ |
| عرضه انرژی الکتریکی در بورس | $ECC_{12}$ | ایده‌های نو و دانش‌بنیان در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_{12}$ |

همچنین با مطالعات انجام‌شده بر اساس مقالات منتشرشده، شاخص محیطی و شاخص اجتماعی مؤثر در پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در جدول شماره ۳ گنجانده شده است.

**جدول ۳. شاخص‌های محیطی و اجتماعی مؤثر در پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر**

| مفهوم /شاخص محیطی | نماد شاخص | مفهوم /شاخص اجتماعی | نماد شاخص |
|---|---|---|---|
| مقررات محیط زیستی و پایداری | $ENC_1$ | صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی در صنعت | $SOC_1$ |
| حمایت از کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن صنایع و پایداری | $ENC_2$ | آموزش و فرهنگ‌سازی در صنایع و پایداری | $SOC_2$ |

| مفهوم /شاخص محیطی | نماد شاخص | مفهوم /شاخص اجتماعی | نماد شاخص |
|---|---|---|---|
| کاهش مصرف سوخت فسیلی د ر صنعت و پایداری | $ENC_3$ | خوداتکایی و خودیاری در صنعت و پایداری | $SOC_3$ |
| پتانسیل و ظرفیت تولید انرژی تجدید پذیر و پایداری | $ENC_4$ | توجه به سلامت و رفاه کارکنان صنعت | $SOC_4$ |
| مشارکت در تعهدات بین‌المللی و پایداری انرژی الکتریکی | $ENC_5$ | اشتغال در صنایع و پایداری انرژی الکتریکی | $SOC_5$ |
| محافظت از محیط‌زیست در پایداری | $ENC_6$ | حمایت رسانه و تبلیغات در پایداری | $SOC_6$ |
| کاهش آلودگی هوا در پایداری | $ENC_7$ | ثبات سیاسی و حکمرانی در پایداری | $SOC_7$ |
| مزیت جغرافیایی تولید انرژی تجدید پذیر و پایداری | $ENC_8$ | تصمیمات صنفی صنایع مؤثر در محیطی پایداری | $SOC_8$ |
| کمبود آب و منابع مرتبط در پایداری | $ENC_9$ | گسترش هوش مصنوعی در پایداری | $SOC_9$ |
| تغییرات اقلیمی در پایداری | $ENC_{10}$ | قوانین توسعه انرژی پاک در پایداری | $SOC_{10}$ |

## ۳. روش‌شناسی

نقشه‌های شناختی فازی تکنیکی است که کاساکو برای مدل‌سازی کمّی بر پایه دانش و تجربه کارشناسان و متخصصان ایجاد نموده به‌طوری‌که یک گراف کارآمد فازی است که گره‌ها، مفاهیم و کمان‌ها، روابط بین مفاهیم را نشان می‌دهند.

(پِرز[1] و همکاران، ۲۰۱۹) درجه ارتباط از طریق اعداد فازی یا ارزش زبانی، تعریف‌شده در فاصله [-1,1]توصیف می‌شود. نقشه شناختی فازی متشکل از n مفهوم، در یک ماتریس n * n است (ماتریس مجاورت) نمایش داده می‌شود. این ماتریس از مقادیر اختصاص داده‌شده به کمان‌ها به دست می‌آید. همچنین (تیرولاس[2]، ۲۰۲۲) به‌طور خلاصه این سه حالت را به‌صورت ذیل بیان داشته است:

الف- افزایش ارزش مفهوم i ام باعث افزایش ارزش مفهوم j ام می‌شود (به این صورت که اگر ارتباط مثبت بین دو مفهوم وجود داشته باشد):$w_{ij} > 0$

ب- افزایش ارزش مفهوم i ام باعث کاهش ارزش مفهوم j ام می‌شود (یک علّیت منفی وجود داشته باشد): $w_{ij} < 0$

ج- هیچ رابطه‌ای بین مفهوم i ام و مفهوم j ام وجود ندارد. $w_{ij} = 0$

همچنین (سالمِرون، 2019) مقادیر $w_{ij}$ نشان می‌دهد به چه مقدار یا کد مفهوم$(C_i)$ بر مفهوم دیگر$(C_j)$ نفوذ می گذارد.

مرکزیت یک مفهوم$C_j$ در یک نقشه شناختی فازی به‌وسیله مجموع تعداد مفاهیم نفوذی (که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم)$C_j$و تعداد مفاهیم وابسته از $C_j$ معلوم می‌شود، این اعداد به‌وسیله تعداد یال‌ها در

1 Pérez,
2 Tirovolas,

مسیرهای منتهی به $C_j$ و خارج‌شده از آن معلوم می‌شوند. در مورد نقشه شناختی فازی، تعداد و همچنین میزان نفوذ رابطه‌های علّت و معلولی را می‌توان در نظر گرفت تا دیدگاه دقیق‌تر از مفهوم مرکزیت را به‌صورت ذیل تعریف کند:

$$C(C_i) = IN(C_i) + OUT(C_i) \quad (۱)$$

در رابطه بالا $IN(C_i)$ ، مقدار ورودی مجموع وزن رابطه‌های علّی است که شامل تمام‌مسیرهای متصل شونده از گره‌های $C_j$ به گره $C_i$ با فرض $(i \neq j)$می‌شود که به‌صورت رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$IN(C_i) = \sum_{j=1}^{N} w_{ji} \quad (۲)$$

همچنین در رابطه بالا $OUT(C_i)$، مقدار خروجی مجموع وزن رابطه‌های علّی است که شامل تمامی مسیرهای متصل از گره $C_i$ به تمام گره‌های $C_j$ با فرض $(i \neq j)$می‌شود که به‌صورت رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$UT(C_i) = \sum_{j=1}^{N} w_{ij} \quad (۳)$$

همچنین طبق مقاله (تیرولاس،۲۰۲۲) در جمع‌بندی وزن‌های علّی، مقادیر قدرمطلق برای اختصاص اهمیت برابر رابطه‌های مثبت و منفی به کار می‌رود. پس از توسعه نقشه شناختی فازی، اهمیت مفهوم که نشان می‌دهد یک مفهوم چقدر بر سایر مفاهیم در نقشه شناختی فازی تأثیر می‌گذارد، از طریق مرکزیت درجه محاسبه می‌شود و امکان تعیین علل اصلی را فراهم می‌کند. این مشخصه به‌صورت ذیل محاسبه می‌گردد:

$$C(C_i) = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} |w_{ij}| + |w_{ji}| = OUT(C_i) + IN(C_i) \quad (۴)$$

سالمرون[1] در مقاله خود بیان داشته که نقشه‌های شناختی فازی به‌تدریج به‌عنوان یک الگوی قدرتمند برای نمایش دانش ظهور کرده‌اند آن‌ها مکانیسمی انعطاف‌پذیرتر و طبیعی‌تر برای نمایش دانش و استدلال ارائه می‌دهند که برای سیستم‌های هوشمند ضروری هستند، یک نقشه‌های شناختی فازی شامل عواملی (مفاهیم/گره‌ها) است که عناصر مهم سیستم نگاشت شده را نشان می‌دهند و همین‌طور کمان‌های جهت‌دار که روابط علّیتی بین عوامل را نشان می‌دهند.

مقدار $A_i$هر مفهوم $c_i$در لحظه k + 1 با مجموع مقدار قبلی $A_i$ در لحظه مقدم t با حاصل‌ضرب مقدار $A_j$گره علت $c_j$ در لحظه مقدم k و مقدار پیوند علت–معلول $e_{ij}$ محاسبه می‌شود. نمایش ریاضی نقشه‌های شناختی فازی به‌صورت زیر است:

$$A_i^{k+1} = f(A_i^k + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}} w_{ji}.A_i^k) \quad (۵)$$

1 Salmeron, J,L

که در آن $f(0)$ یک تابع آستانه (فعال‌سازی) است. تابع آستانه سیگموئید مقادیر مفاهیم را در محدوده [۱، ۰] ارائه می‌دهد و نوع ریاضی آن به‌صورت زیر است:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-mx}}) \quad (۶)$$

همچنین در این معادله m یک عدد حقیقی مثبت و x مقدار $A_i^{(k)}$ در نقطه تعادل است. براساس نظر بوریرو دومینگز و رودریگز (۲۰۲۳) در مقاله سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری با نگرش نقشه شناختی فازی مراحل به صورت ذیل می‌باشند:

مرحله یک: انتخاب متخصصان و خبرگان.

متخصصان بر اساس دانش و تجربه گسترده خود در زمینه پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر انتخاب شدند. همه متخصصان حاضر در این نظرسنجی بیش از پنج سال تجربه در زمینه پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر داشتند.

مرحله دو: شناسایی عوامل، ویژگی‌ها و مفاهیم

بر اساس این مرحله، هر یک از خبرگان شاخص شناخته‌شده در مورد موضوع پژوهش را هنگام تکمیل پرسشنامه تأیید نموده و اگر شاخص دیگری را که به نظر می‌رسد در پرسشنامه وجود ندارد، معرفی می‌کنند. پس از شناسایی شاخص اصلی مؤثر بر موضوع پایداری و همترازی موردبررسی، خبرگان وجود و نوع روابط علّی بین این شاخص را بر اساس جدول شماره ۶ تعیین نموده و سپس قدرت این روابط علّی را با استفاده از یک مقیاس از پیش تعیین‌شده که قادر به توصیف هر نوع رابطه بین دو شاخص است، ارزیابی کند.

مرحله سه: تخمین قدرت پیوندهای علّی در نقشه شناختی فازی

برای دستیابی به این هدف، تمام روابط قدرت پیشنهادی توسط افراد متخصص با استفاده از روش تجمیع به متغیرهای زبانی تبدیل می‌شوند تا یک وزن کلی زبانی به دست آید. این نقشه شناختی شامل درجه خروجی، درجه ورودی، مرکزیت، چگالی، سلسله‌مراتب و همچنین متغیرهای فرستنده، گیرنده و معمولی شاخص‌ها می‌باشد.

مرحله چهارم: محاسبات نقشه شناختی فازی

در مرحله بعد، تعدادی شبیه‌سازی با استفاده از فرآیند استنتاج ارائه‌شده توسط معادلات اصلی روش نقشه فازی شناختی انجام می‌شود. خروجی محاسبه‌شده مدل نقشه شناختی فازی نشان می‌دهد که چگونه سیستم تحت فرضیات ارائه‌شده توسط خبرگان مرتبط واکنش نشان می‌دهد. طبق مقاله مزبور نیازی به انجام فازی زدایی نمی‌باشد و شبکه ایجادشده از گره‌ها و یال‌ها با کمک نرم‌افزار محاسبات تا رسیدن به ماتریس مجاورت انجام گرفته و نتایج مربوط به مرکزیت و تفاضل و نقشه شناختی فازی

حاصل می‌گردد. به‌منظور اجرای این مراحل جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از پلتفرم پُرسا متعلق به پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)[1] انجام گردیده، به‌طوری‌که تعداد ۲۰ پرسشنامه در مدت دو هفته توسط خبرگان تکمیل گردید. این پرسشنامه به‌گونه‌ای تنظیم شده است که پاسخ‌دهندگان همه سؤالات آن را تکمیل نمایند که در این صورت داده گمشده در پرسشنامه‌ها وجود ندارد. برای دستیابی به اجماع نظر و مدیریت‌پذیرش نظرات، ترکیب نفرات جدول شماره ۴ به‌عنوان تعریف عملیاتی خبرگان قید شده است.

**جدول ٤. تعریف عملیاتی خبرگان**

| شماره | تعریف عملیاتی و معیارهای انتخاب | تحصیلات | وابستگی سازمانی | شماره | تعریف عملیاتی و معیارهای انتخاب | تحصیلات | وابستگی سازمانی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه و نماینده | دکتری مدیریت | سیاست‌گذاری کلان و حکمرانی | ۱۱ | مدیر اجرایی و نماینده | کارشناسی ارشد | سیاست‌گذاری کلان |
| ۲ | عضو هیئت‌علمی پژوهشگاه نیرو | دکتری اقتصاد | | ۱۲ | مدیر ارشد و عضو هیئت‌مدیره | کارشناسی ارشد | |
| ۳ | عضو هیئت‌علمی پژوهشگاه نیرو | دکتری مهندسی | | ۱۳ | مدیر ارشد و مشاور مدیرعامل | کارشناسی ارشد | پژوهشکده و تحقیقاتی |
| ۴ | هیئت‌علمی پژوهشگاه نیرو | دکتری مهندسی | فناوری و مهندسی سیستم‌های قدرت | ۱۴ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه | دکتری مهندسی | |
| ۵ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه | دکتری مدیریت | | ۱۵ | مدیرعامل | دکتری مدیریت | شرکت‌های تولیدی و صنعتی بخش دولتی و بخش خصوصی |
| ۶ | عضو هیئت‌علمی پژوهشگاه نیرو | دکتری تکنولوژی | | ۱۶ | مدیرعامل | کارشناسی ارشد | |
| ۷ | هیئت‌علمی و مدیر ارشد سازمان | دکتری اقتصاد | اقتصاد، مالی و بازار انرژی | ۱۷ | مدیرعامل | کارشناسی ارشد | |

1 IRANDOC

| شماره | تعریف عملیاتی و معیارهای انتخاب | تحصیلات | وابستگی سازمانی | شماره | تعریف عملیاتی و معیارهای انتخاب | تحصیلات | وابستگی سازمانی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۸ | مدیر ارشد | کارشناسی ارشد اقتصاد | | ۱۸ | مدیرعامل | کارشناسی ارشد | |
| ۹ | هیئت‌علمی و مشاور سازمان | دکتری مهندسی | محیط‌زیست و پایداری | ۱۹ | رئیس هیئت‌مدیره | کارشناسی ارشد | |
| ۱۰ | مدیر ارشد و محقق | کارشناسی ارشد | هوش مصنوعی و داده‌کاوی در انرژی | ۲۰ | مدیرعامل | کارشناسی | |

## ٤. یافته‌های پژوهش

پرسشنامه در چهار جنبه اقتصادی، جنبه اجتماعی، جنبه فناوری و زیرساخت، جنبه محیطی پایداری و همترازی بخش انرژی الکتریکی تجدید پذیر صنعتی با رویکرد تحلیل نقشه‌های شناختی فازی به تعداد ۴۴ سؤال تهیه گردید. این پرسشنامه در ابتدا به دو نفر از خبرگان پژوهشگاه نیرو ارسال گردید که طبق نظرات ایشان اصلاحاتی در سؤالات پرسشنامه ایجاد شد و سپس با تأیید تیم تحقیق و با استفاده از پلتفرم پُرسا توسط نفر خبرگان امور دانشگاهی و پژوهشگاهی، نهادهای قانون‌گذاری و مدیران اجرایی شرکت‌های دولتی و خصوصی صنعتی مرتبط با مصرف انرژی الکتریکی تکمیل گردید. انتخاب خبرگان به‌صورت هدفمند بوده و همه آن‌ها به پرسشنامه الکترونیکی دسترسی داشتند. مطابق داده‌های به‌دست‌آمده از پرسشنامه، اطلاعات جمعیت‌شناسی خبرگان به‌صورت خلاصه در جدول شماره ۵ گنجانده شده است.

**جدول ۵. خلاصه اطلاعات جمعیت شناختی خبرگان**

| شرح وضعیت شغلی | درصد | شرح جنسیت | درصد |
|---|---|---|---|
| شاغل در بخش پژوهشی و دانشگاهی | ٪۲۵ | مرد | ۰,۸۵ |
| شاغل در بخش صنعتی دولتی | ٪۲۵ | | |
| شاغل در بخش قانون‌گذاری | ٪۱۰ | زن | ۰,۱۵ |
| شاغل در بخش صنعتی غیردولتی | ٪۴۰ | | |
| شرح وضعیت تجربه | | شرح سن | درصد |
| کمتر از ۵ سال | ٪۰ | سن زیر ۲۵ سال | ۰ |
| ۶ تا ۱۵ سال | ٪۳۰ | ۴۰-۲۵ سن | ٪۲۵ |
| ۱۶ تا ۲۵ سال | ٪۵۵ | ۶۰-۴۱ سن | ٪۷۰ |
| بیشتر از ۲۵ سال | ٪۱۵ | سن بالای ۶۰ | ٪۵ |

در این تحقیق در سامانه پُرسا توسط ۲۰ نفر خبره تکمیل گردید، پایایی پرسشنامه موردسنجش قرار گرفت که مقدار آلفای کرونباخ مطابق جدول ذیل ۰٫۸۳۱ می‌باشد که در محدوده قابل‌قبول قرار دارد و نشان‌دهنده پایایی و قابل‌اعتماد بودن پرسشنامه می‌باشد. روایی پرسشنامه گویای اعتبار پرسشنامه می‌باشد. به‌طورکلی برای تعیین روایی محتوایی پرسشنامه از قضاوت متخصصان و بررسی میزان پوشش و تناسب سؤالات با اهداف موضوع تحقیق استفاده شد به‌طوری‌که پس از استخراج و دسته‌بندی عوامل پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر پرسشنامه طراحی‌شده طبق نظر تیم تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت و اصلاحات محتوایی انجام گردید. در ادامه به‌منظور تهیه نقشه شناختی طبق نظرات خبرگان، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده برای هریک از شاخص‌ها که به‌عنوان یک سؤال در پرسشنامه در نظر گرفته شده است. به‌منظور تهیه نقشه شناختی فازی مربوط به هر جنبه بر اساس جواب‌های کلامی طبق جدول شماره ۶ پرسشنامه توسط خبرگان تکمیل شده است.

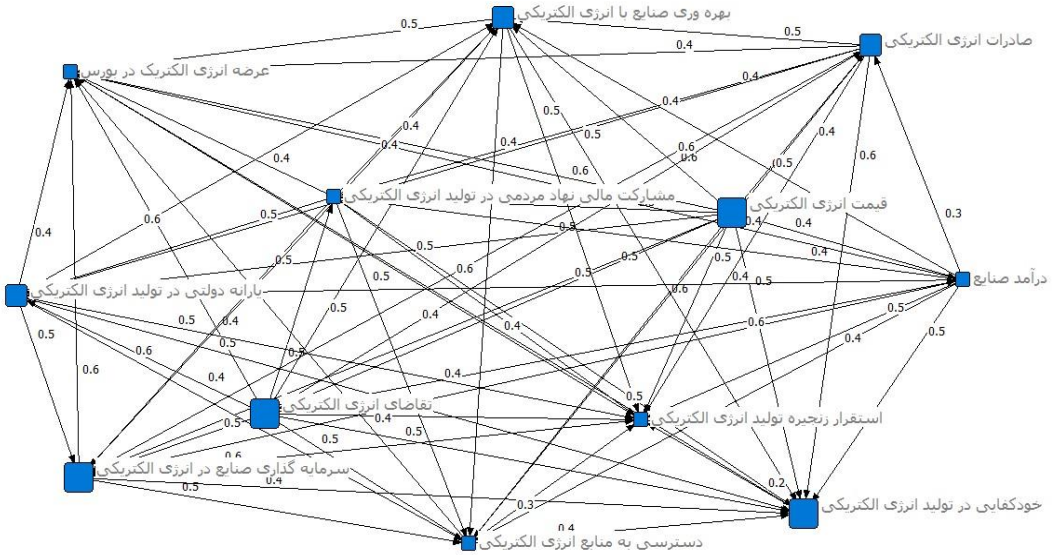
نتایج حاصل به‌منظور ایجاد یک ماتریس مجاورت نهایی مورداستفاده قرار می‌گیرد به‌طوری‌که فاصله هریک از پرسش‌ها با سایر پرسش‌های جنبه موردنظر محاسبه گردیده و حاصل جمع نظرات خبرگان به‌عنوان یک ماتریس مجاورت نهایی جهت انجام محاسبات با نرم‌افزار FCMapper مورداستفاده قرار گرفته است تا مقادیر مربوط به مرکزیت و تفاضل هر شاخص محاسبه گردد.

**جدول ٦. راهنمای امتیازدهی پرسشنامه**

| عبارت‌های کلامی (بیانی) | طیف لیکرت | عدد فازی |
|---|---|---|
| کاملاً مرتبط | ۵ | (۰٫۷۵،۱،۱) |
| تا حدود زیادی مرتبط | ۴ | (۰٫۵،۰٫۷۵،۱) |
| مرتبط برابر نامرتبط | ۳ | (۰٫۲۵،۰٫۵،۰٫۷۵) |
| تا حدود زیادی نامرتبط | ۲ | (۰،۰٫۲۵،۰٫۵) |
| کاملاً نامرتبط | ۱ | (۰،۰،۰٫۲۵) |

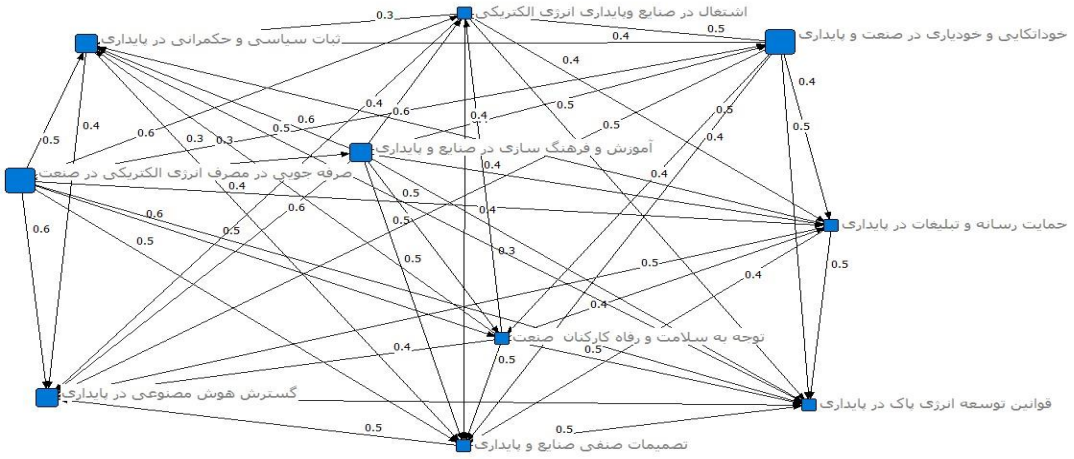
الف- نقشه شناختی جنبه اقتصادی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در صنعت؛ شبکه مربوط به جنبه اقتصادی با در نظر گرفتن ۱۲ شاخص به‌عنوان گره‌ها و ارتباط گره‌ها که به‌صورت یال‌های گراف در نظر گرفته‌شده و نقشه شناختی فازی جنبه اقتصادی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در صنعت در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. این شکل شامل عنوان شاخص‌ها به‌صورت یک گره در شبکه می‌باشد که اندازه هر گره متناسب با مقدار مرکزیت می‌باشد.

**شکل ۱. نقشه شناختی فازی جنبه اقتصادی پایداری و همترازی انرژی الکتریکی**




ب- نقشه شناختی فازی جنبه اجتماعی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در صنعت؛ شبکه مربوط به جنبه اجتماعی با در نظر گرفتن ۱۰ شاخص به‌عنوان گره‌ها و ارتباط گره‌ها که به‌صورت یال‌های گراف در نظر گرفته‌شده و نقشه شناختی فازی جنبه اجتماعی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در صنعت در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.

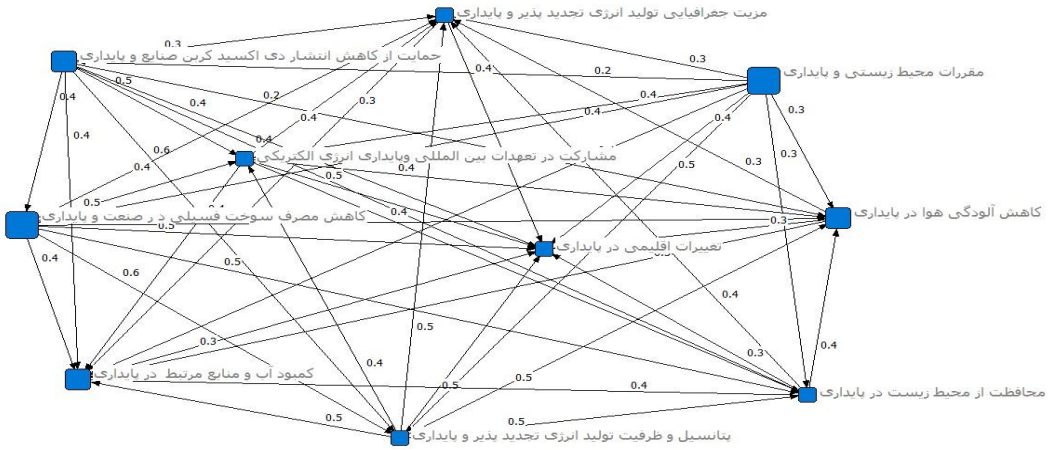
**شکل ۲. نقشه شناختی فازی جنبه اجتماعی پایداری و همترازی انرژی الکتریکی**




ج- نقشه شناختی جنبه محیطی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در صنعت؛ شبکه مربوط به جنبه محیطی با در نظر گرفتن ۱۰ شاخص به‌عنوان گره‌ها و ارتباط گره‌ها که به‌صورت یال‌های

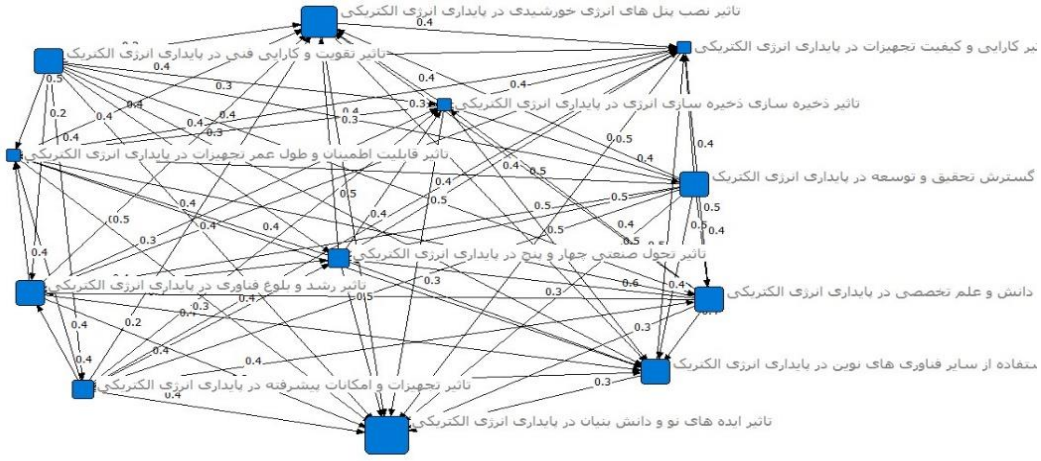
گراف در نظر گرفته‌شده و نقشه شناختی فازی جنبه محیطی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در صنعت در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

**شکل ۳. نقشه شناختی فازی جنبه محیطی پایداری و همترازی انرژی الکتریکی**




د- نقشه شناختی فازی جنبه فناوری و زیرساخت در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در صنعت؛ شبکه مربوط به جنبه فناوری و زیرساختی با در نظر گرفتن ۱۲ شاخص به‌عنوان گره‌ها و ارتباط گره‌ها که به‌صورت یال‌های گراف در نظر گرفته‌شده و نقشه شناختی فازی جنبه فناوری و زیرساختی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در صنعت در شکل ۴ نشان داده شده است.

**شکل ٤. نقشه شناختی فازی جنبه فناوری و زیرساختی پایداری و همترازی انرژی الکتریکی**




در ادامه تحلیل نقشه‌های شناختی فازی مرتبط با چهار جنبه اقتصادی، اجتماعی، محیطی و فناوری بیان گردیده است. مقدار مرکزیت هر گره یا شاخص نشان‌دهنده اهمیت آن شاخص در شبکه موردبررسی

می‌باشد اگر اختلاف درجه خروجی در مقایسه با مقدار درجه ورودی مثبت باشد، نشان‌دهنده فرستنده یا تأثیرگذار (محرک) بودن گره در شبکه موردبررسی می‌باشد، درصورتی‌که اختلاف درجه خروجی در مقایسه با مقدار درجه ورودی منفی باشد، نشان‌دهنده گیرنده یا تأثیرپذیر (پاسخ) بودن گره در شبکه می‌باشد، همچنین با توجه به محاسبات انجام‌شده، شاخص‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر و بدون تأثیر در جدول‌ها و اشکال ذیل مشخص شده است.

**جدول ۷. مقادیر مربوط به شاخص‌های اقتصادی طبق نقشه شناختی فازی**

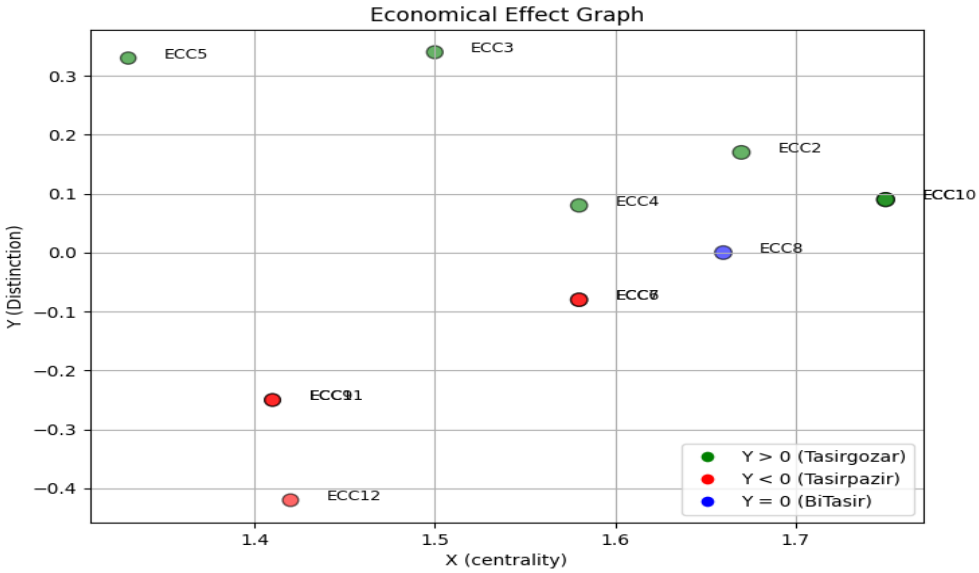
| مفهوم /شاخص اقتصادی | نماد شاخص | مرکزیت | تفاضل | وضعیت اثرشاخص اقتصادی | رتبه شاخص اقتصادی |
|---|---|---|---|---|---|
| قیمت انرژی الکتریکی | $ECC_1$ | ۱/۷۵ | ۰/۰۹ | تأثیرگذار (محرک) | ۱ |
| تقاضای انرژی الکتریکی | $ECC_2$ | ۱/۶۷ | ۰/۱۷ | تأثیرگذار (محرک) | ۲ |
| درآمد و سودآوری صنایع | $ECC_3$ | ۱/۵۰ | ۰/۳۴ | تأثیرگذار (محرک) | ۴ |
| صادرات انرژی الکتریکی | $ECC_4$ | ۱/۵۸ | ۰/۰۸ | تأثیرگذار (محرک) | ۳ |
| مشارکت مالی نهاد مردمی در تولید انرژی الکتریکی | $ECC_5$ | ۱/۳۳ | ۰/۳۳ | تأثیرگذار (محرک) | ۶ |
| یارانه دولتی در تولید انرژی الکتریکی | $ECC_6$ | ۱/۵۸ | -۰/۰۸ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۳ |
| بهره‌وری صنایع با انرژی الکتریکی | $ECC_7$ | ۱/۵۸ | -۰/۰۸ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۳ |
| سرمایه در گردش صنایع در انرژی الکتریکی | $ECC_8$ | ۱/۶۷ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۲ |
| دسترسی به منابع انرژی الکتریکی | $ECC_9$ | ۱/۴۲ | -۰/۲۵ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۵ |
| خودکفایی در تولید انرژی الکتریکی | $ECC_{10}$ | ۱/۷۵ | ۰/۰۹ | تأثیرگذار (محرک) | ۱ |
| استقرار زنجیره تولید انرژی الکتریکی | $ECC_{11}$ | ۱/۴۲ | -۰/۲۵ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۵ |
| عرضه انرژی الکتریکی در بورس | $ECC_{12}$ | ۱/۴۲ | -۰/۴۲ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۵ |

جدول شماره ۷ شاخص‌های اقتصادی را به همراه نماد شاخص و مقادیر مرکزیت، تفاضل، وضعیت اثر و رتبه شاخص‌ها را نشان می‌دهد به‌طوری‌که شاخص‌های قیمت انرژی الکتریکی، تقاضای انرژی الکتریکی، سرمایه در گردش صنایع در انرژی الکتریکی و خودکفایی در تولید انرژی الکتریکی به‌عنوان شاخص‌های بااهمیت بالا شناسایی شده‌اند.

در ادامه به‌منظور نمایش دقیق و واضح‌تر شاخص‌ها با استفاده از مصورسازی پایتون، شکل شماره ۵ وضعیت تأثیر شاخص‌های اقتصادی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی را نمایش می‌دهد. شاخص‌های قیمت انرژی الکتریکی، تقاضای انرژی الکتریکی، درآمد و سودآوری صنایع، صادرات انرژی الکتریکی، مشارکت مالی نهاد مردمی در تولید انرژی الکتریکی، خودکفایی در تولید انرژی الکتریکی به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار اقتصادی می‌باشند. شاخص‌های یارانه دولتی در تولید انرژی

الکتریکی، بهره‌وری صنایع با انرژی الکتریکی، دسترسی به منابع انرژی الکتریکی، استقرار زنجیره تولید انرژی الکتریکی، عرضه انرژی الکتریکی در بورس به‌عنوان شاخص‌های تأثیرپذیر اقتصادی شناسایی شده‌اند.

**شکل ۵. وضعیت تأثیر شاخص‌های اقتصادی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی**




جدول شماره ۸ شاخص‌های اجتماعی را به همراه نماد شاخص و مقادیر مرکزیت، تفاضل، وضعیت اثر و رتبه شاخص‌ها را نشان می‌دهد به‌طوری‌که شاخص‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی، خوداتکایی و خودیاری در صنعت، به‌عنوان شاخص‌های بااهمیت بالا شناسایی شده‌اند.

**جدول ۸. مقادیر مربوط به شاخص‌های اجتماعی طبق نقشه شناختی فازی**

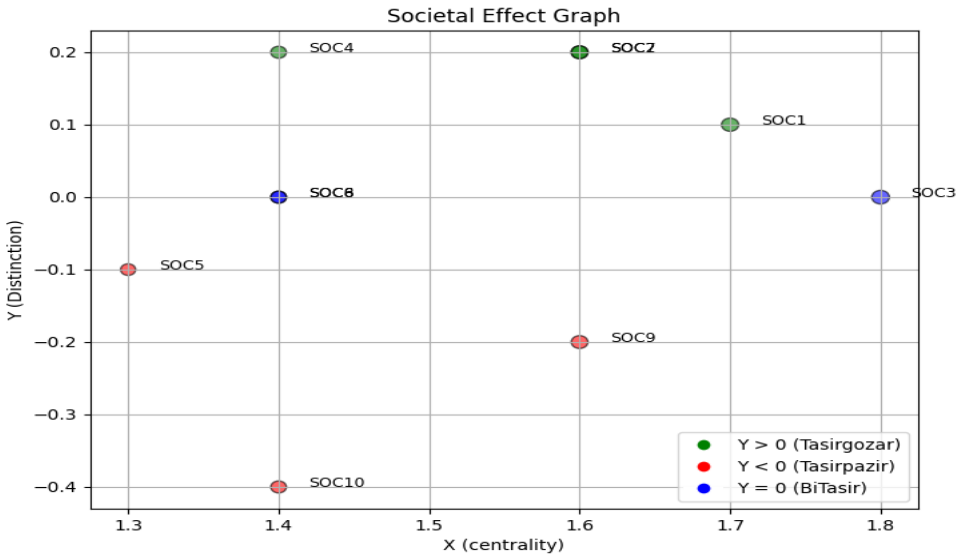
| مفهوم /شاخص اجتماعی | نماد شاخص | مرکزیت | تفاضل | وضعیت اثرشاخص اجتماعی | رتبه شاخص اجتماعی |
|---|---|---|---|---|---|
| صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی در صنعت | $SOC_1$ | ۱/۷۰ | ۰/۱ | تأثیرگذار (محرک) | ۲ |
| آموزش و فرهنگ‌سازی در صنایع و پایداری | $SOC_2$ | ۱/۶۰ | ۰/۲ | تأثیرگذار (محرک) | ۳ |
| خوداتکایی و خودیاری در صنعت و پایداری | $SOC_3$ | ۱/۸۰ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۱ |
| توجه به سلامت و رفاه کارکنان صنعت | $SOC_4$ | ۱/۴۰ | ۰/۲ | تأثیرگذار (محرک) | ۴ |
| اشتغال در صنایع و پایداری انرژی الکتریکی | $SOC_5$ | ۱/۳۰ | -۰/۱ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۵ |
| حمایت رسانه و تبلیغات در پایداری | $SOC_6$ | ۱/۴۰ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۴ |

| مفهوم /شاخص اجتماعی | نماد شاخص | مرکزیت | تفاضل | وضعیت اثرشاخص اجتماعی | رتبه شاخص اجتماعی |
|---|---|---|---|---|---|
| ثبات سیاسی و حکمرانی در پایداری | $SOC_7$ | ۱/۶۰ | ۰/۲ | تأثیرگذار (محرک) | ۳ |
| تصمیمات صنفی صنایع و پایداری | $SOC_8$ | ۱/۴۰ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۴ |
| گسترش هوش مصنوعی در پایداری | $SOC_9$ | ۱/۶۰ | -۰/۲ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۳ |
| قوانین توسعه انرژی پاک در پایداری | $SOC_{10}$ | ۱/۴۰ | -۰/۴ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۴ |

در ادامه به‌منظور نمایش دقیق و واضح‌تر شاخص‌ها با استفاده از مصورسازی پایتون، شکل شماره ۶ وضعیت تأثیر شاخص‌های اجتماعی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی را نمایش می‌دهد.

شاخص‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی در صنعت، آموزش و فرهنگ‌سازی در صنایع و پایداری، توجه به سلامت و رفاه کارکنان صنعت، ثبات سیاسی و حکمرانی در پایداری به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار اجتماعی شناسایی شده‌اند و شاخص‌های اشتغال در صنایع و پایداری انرژی الکتریکی، گسترش هوش مصنوعی در پایداری و قوانین توسعه انرژی پاک در پایداری به‌عنوان شاخص‌های تأثیرپذیر تعیین شده است.

**شکل ٦. وضعیت تأثیر شاخص‌های اجتماعی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی**




جدول شماره ۹ شاخص‌های محیطی را به همراه نماد شاخص و مقادیر مرکزیت، تفاضل، وضعیت اثر و رتبه شاخص‌ها را نشان می‌دهد به‌طوری‌که شاخص‌های کاهش مصرف سوخت فسیلی، حمایت از کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن، محافظت از محیط‌زیست، کمبود آب و منابع، تغییرات اقلیمی به‌عنوان شاخص‌های

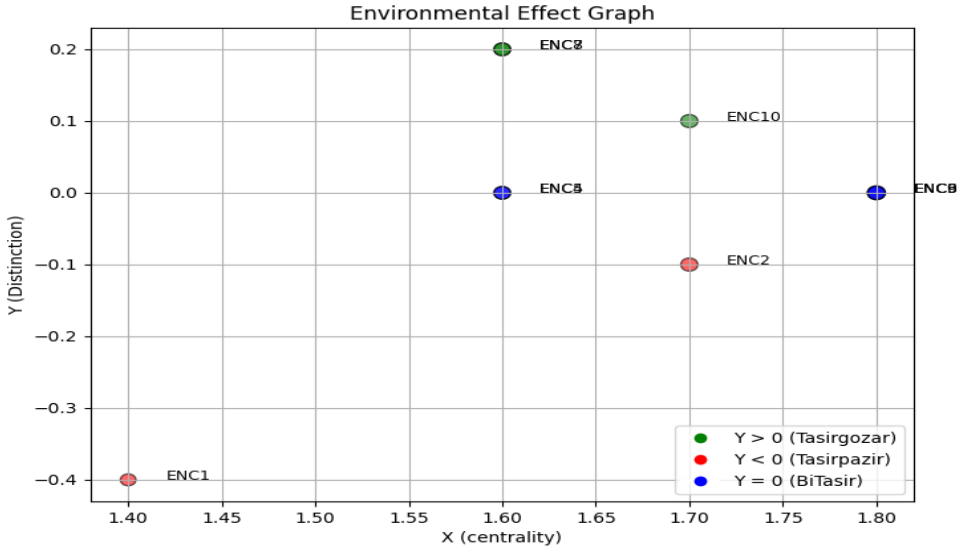
بااهمیت بالا شناسایی شده‌اند. در ادامه به‌منظور نمایش دقیق و واضح‌تر شاخص‌ها با استفاده از مصورسازی پایتون، شکل شماره ۷ وضعیت تأثیر شاخص‌های محیطی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی را نمایش می‌دهد.

**جدول ۹. مقادیر مربوط به شاخص‌های محیطی طبق نقشه شناختی فازی**

| مفهوم /شاخص محیطی | نماد شاخص | مرکزیت | تفاضل | وضعیت اثر شاخص محیطی | رتبه شاخص محیطی |
|---|---|---|---|---|---|
| مقررات محیط زیستی و پایداری | $ENC_1$ | ۱/۴۰ | -۰/۴۰ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۴ |
| حمایت از کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن صنایع و پایداری | $ENC_2$ | ۱/۷۰ | -۰/۱۰ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۲ |
| کاهش مصرف سوخت فسیلی د ر صنعت و پایداری | $ENC_3$ | ۱/۸۰ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۱ |
| پتانسیل و ظرفیت تولید انرژی تجدید پذیر و پایداری | $ENC_4$ | ۱/۶۰ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۳ |
| مشارکت در تعهدات بین‌المللی و پایداری انرژی الکتریکی | $ENC_5$ | ۱/۶۰ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۳ |
| محافظت از محیط‌زیست در پایداری | $ENC_6$ | ۱/۸۰ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۱ |
| کاهش آلودگی هوا در پایداری | $ENC_7$ | ۱/۶۰ | ۰/۲ | تأثیرگذار (محرک) | ۳ |
| مزیت جغرافیایی تولید انرژی تجدید پذیر و پایداری | $ENC_8$ | ۱/۶۰ | ۰/۲ | تأثیرگذار (محرک) | ۳ |
| کمبود آب و منابع مرتبط در پایداری | $ENC_9$ | ۱/۸۰ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۱ |
| تغییرات اقلیمی در پایداری | $ENC_{10}$ | ۱/۷۰ | ۰/۱۰ | تأثیرگذار (محرک) | ۲ |

در حوزه محیطی شاخص‌های کاهش آلودگی هوا در پایداری، مزیت جغرافیایی تولید انرژی تجدید پذیر و پایداری و تغییرات اقلیمی در پایداری به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار معرفی شده‌اند درحالی‌که شاخص‌های مقررات محیط زیستی و پایداری و حمایت از کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن صنایع و پایداری به‌عنوان شاخص‌های تأثیرپذیر محیطی تعیین شده‌اند. وضعیت شاخص‌های محیطی در شکل شماره ۷ به تصویر کشیده شده است.

**شکل ۷. وضعیت تأثیر شاخص‌های محیطی در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی**




جدول شماره ۱۰ شاخص‌های فناوری را به همراه نماد شاخص و مقادیر مرکزیت، تفاضل، وضعیت اثر و رتبه شاخص‌ها را نشان می‌دهد به‌طوری‌که شاخص‌های ایده‌های نو و دانش‌بنیان، نصب پنل‌های انرژی خورشیدی در پایداری انرژی، رشد و بلوغ فناوری در پایداری انرژی الکتریکی، گسترش تحقیق و توسعه در پایداری انرژی الکتریکی، دانش و علم تخصصی در پایداری انرژی الکتریکی به‌عنوان شاخص‌های بااهمیت بالا شناسایی شده‌اند.

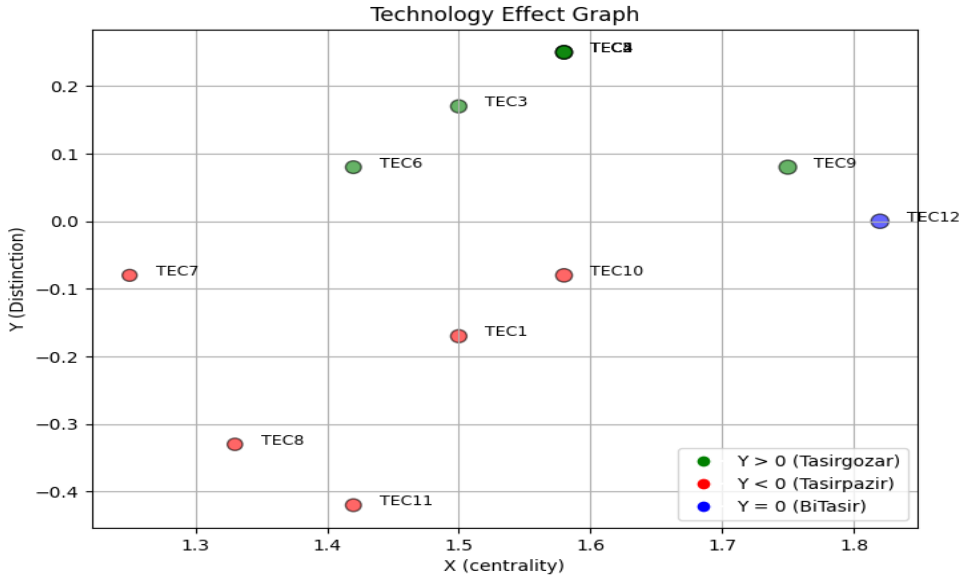
**جدول ۱۰. مقادیر مربوط به شاخص‌های فناوری و زیرساخت طبق نقشه شناختی فازی**

| مفهوم /شاخص فناوری و زیرساختی | نماد شاخص | مرکزیت | تفاضل | وضعیت اثر شاخص فناوری و زیرساختی | رتبه شاخص فناوری و زیرساختی |
|---|---|---|---|---|---|
| تقویت و کارایی فنی در پایداری انرژی الکتریک | $TEC_1$ | ۱/۵ | -۰/۱۷ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۴ |
| گسترش تحقیق و توسعه در پایداری انرژی الکتریک | $TEC_2$ | ۱/۵۸ | ۰/۲۵ | تأثیرگذار (محرک) | ۳ |
| تجهیزات و امکانات پیشرفته در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_3$ | ۱/۵ | ۰/۱۷ | تأثیرگذار (محرک) | ۴ |
| دانش و علم تخصصی در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_4$ | ۱/۵۸ | ۰/۲۵ | تأثیرگذار (محرک) | ۳ |
| رشد و بلوغ فناوری در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_5$ | ۱/۵۸ | ۰/۲۵ | تأثیرگذار (محرک) | ۳ |

| مفهوم /شاخص فناوری و زیرساختی | نماد شاخص | مرکزیت | تفاضل | وضعیت اثر شاخص فناوری و زیرساختی | رتبه شاخص فناوری و زیرساختی |
|---|---|---|---|---|---|
| تحول صنعتی چهار و پنج در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_6$ | ۱/۴۲ | ۰/۰۸ | تأثیرگذار (محرک) | ۵ |
| ذخیره‌سازی انرژی در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_7$ | ۱/۲۵ | -۰/۰۸ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۷ |
| قابلیت اطمینان و طول عمر تجهیزات در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_8$ | ۱/۳۳ | -۰/۳۳ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۶ |
| نصب پنل‌های انرژی خورشیدی در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_9$ | ۱/۷۵ | ۰/۰۸ | تأثیرگذار (محرک) | ۲ |
| استفاده از سایر فناوری‌های نوین در پایداری انرژی الکتریک | $TEC_{10}$ | ۱/۵۸ | -۰/۰۸ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۳ |
| کارایی و کیفیت تجهیزات در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_{11}$ | ۱/۴۲ | -۰/۴۲ | تأثیرپذیر (پاسخ) | ۵ |
| ایده‌های نو و دانش‌بنیان در پایداری انرژی الکتریکی | $TEC_{12}$ | ۱/۸۳ | ۰ | بی‌تأثیر (معمولی) | ۱ |

همچنین به‌منظور نمایش دقیق و واضح‌تر شاخص‌ها با استفاده از مصورسازی پایتون، شکل شماره ۸ وضعیت تأثیر شاخص‌های فناوری در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی را نمایش می‌دهد. درنهایت در حوزه فناوری و زیرساختی نیز شاخص‌های گسترش تحقیق و توسعه در پایداری انرژی الکتریکی، تجهیزات و امکانات پیشرفته در پایداری انرژی الکتریکی، دانش و علم تخصصی در پایداری انرژی الکتریکی، رشد و بلوغ فناوری در پایداری انرژی الکتریکی، تحول صنعتی چهار و پنج در پایداری انرژی الکتریکی، نصب پنل‌های انرژی خورشیدی در پایداری انرژی الکتریکی به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار شناسایی شدند درحالی‌که شاخص‌های تقویت و کارایی فنی در پایداری انرژی الکتریکی، ذخیره‌سازی انرژی در پایداری انرژی الکتریکی، قابلیت اطمینان و طول عمر تجهیزات در پایداری انرژی الکتریکی، استفاده از سایر فناوری‌های نوین در پایداری انرژی الکتریکی، کارایی و کیفیت تجهیزات در پایداری انرژی الکتریکی به‌عنوان شاخص‌های تأثیرپذیر شناخته شده‌اند.

شکل ۸. وضعیت تأثیر شاخص‌های فناوری و زیرساخت در پایداری و همترازی انرژی الکتریکی




## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

تعداد ۴۴ شاخص در چهار حوزه چندبعدی همترازی و پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر موردبررسی قرار گرفتند و با توجه به محاسبات انجام‌شده، نمودار تحلیل تأثیر شاخص‌های چارچوب پایداری و همترازی انرژی الکتریکی در صنعت بر اساس سه وضعیت تأثیرگذار، تأثیرپذیر و بی‌تأثیر دسته شدند. با توجه به اینکه شاخص‌های احصا شده طبق نظر خبرگان و بر اساس پرسشنامه چهاربعدی اقتصادی، اجتماعی، محیطی و فناوری در رتبه‌های یکم تا هفتم قرار گرفته‌اند، میزان اهمیت شاخص‌های رتبه یکم و دوم دارای اهمیت بیشتر و شاخص‌های دارای رتبه سوم و چهارم دارای اهمیت متوسط و شاخص‌های که در رتبه پنجم، ششم و هفتم قرارگرفته دارای اهمیت کمتر می‌باشند. به‌طور جامع‌تر و با در نظر گرفتن همه جنبه‌های مؤثر در پایداری انرژی الکتریکی، تعداد ۱۳ شاخص دارای اهمیت بیشتری هستند که این شاخص‌ها در مدل چارچوب همترازی و پایداری انرژی الکتریکی تجدید پذیر مورد استناد قرار می‌گیرند.

الف- با عنایت به رتبه‌بندی شاخص‌های اقتصادی شاخص‌های ECC1، ECC2، ECC8 و ECC10 دارای اهمیت بیشتری می‌باشند. شاخص‌های ECC3,ECC4,ECC6,ECC7 دارای اهمیت متوسط و شاخص‌های ECC5,ECC9, ECC11 ECC12 دارای اهمیت کمتری می‌باشند.

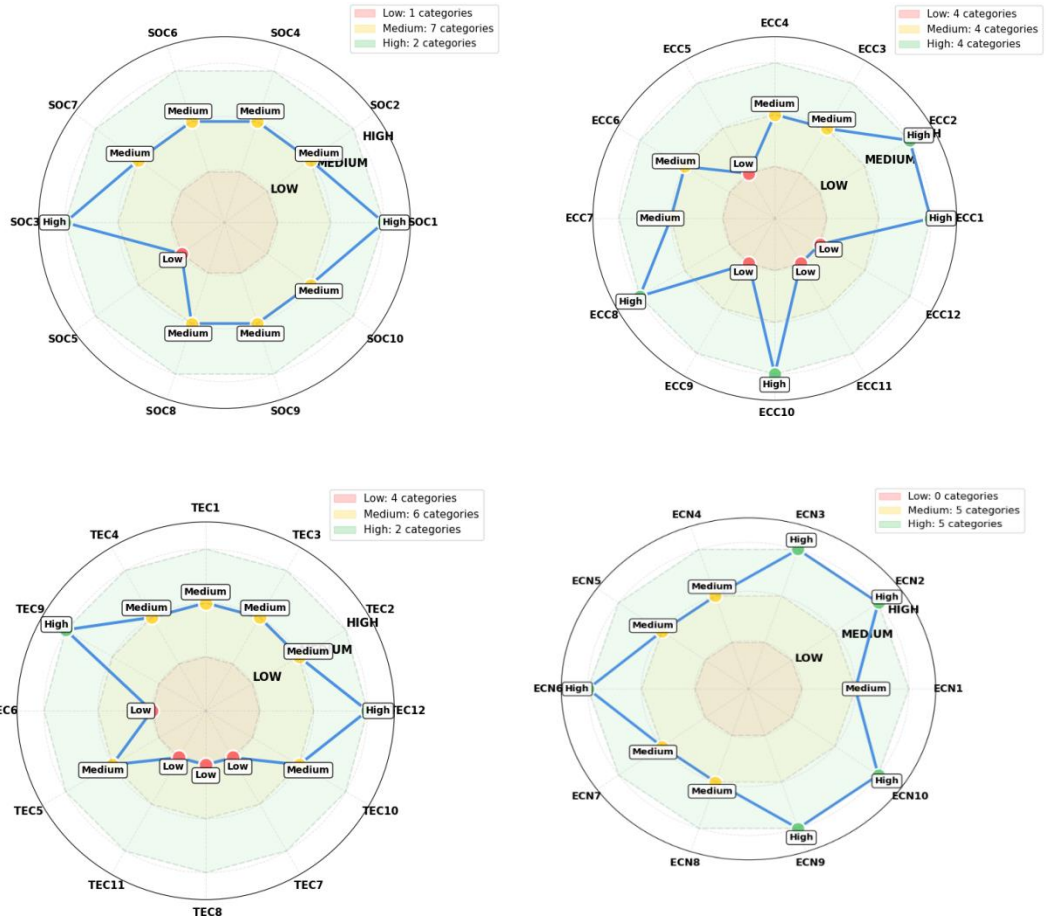
ب- بر اساس رتبه‌بندی انجام‌شده شاخص‌های اجتماعی SOC1، SOC3 دارای اهمیت بیشتر می‌باشند. در ادامه شاخص‌های SOC10,SOC9,SOC8,SOC7,SOC6,SOC4,SOC2 دارای اهمیت

متوسط و شاخص SOC5 دارای اهمیت کمتری می‌باشد.

ج- همچنین شاخص‌های محیطی ECN10,ECN9,ECN6,ECN3,ECN2 دارای اهمیت بیشتر می‌باشند. شاخص‌های ECN8,ECN7,ECN5,ECN4,ECN1 دارای اهمیت متوسط می‌باشند.

د- شاخص‌های فناوری و زیرساختی TEC12,TEC9 دارای اهمیت بیشتر می‌باشند. شاخص‌های TEC10 ,TEC5,TEC4,TEC3,TEC2,TEC1 دارای اهمیت متوسط می‌باشند و شاخص‌های TEC11,TEC8,TEC7,TEC6 دارای اهمیت کمتری می‌باشند، به‌طوری‌که در شکل شماره ۹ نشان داده شده است اهمیت شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی، محیطی و شاخص‌های فناوری و زیرساخت در چارچوب همترازی و پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر مشخص می‌باشد.

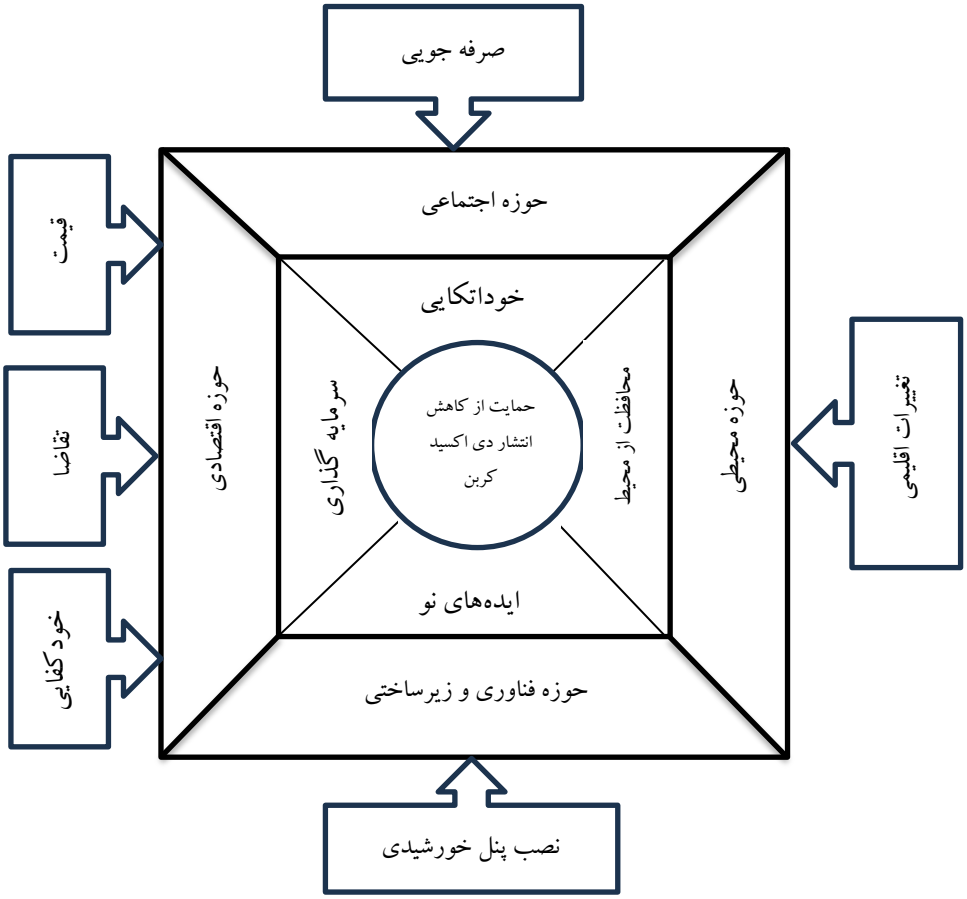
**شکل ۹. اهمیت شاخص‌ها در چارچوب پایداری و همترازی انرژی الکتریکی**




با بررسی و تحلیل شاخص‌های رتبه‌بندی شده، مطابق شکل شماره ۱۰ مشخص می‌گردد، شاخص‌های تأثیرگذار به‌عنوان موتور پیشران در ایجاد همترازی و پایداری عمل می‌نمایند، تمرکز بر شاخصه‌هایی

مانند قیمت انرژی الکتریکی، تقاضای انرژی الکتریکی، خودکفایی در تولید انرژی الکتریکی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی در صنعت، نصب پنل‌های انرژی خورشیدی در پایداری انرژی الکتریکی و تغییرات اقلیمی بر اساس نقشه شناختی فازی به‌عنوان موارد تأثیرگذار در ایجاد چارچوب همترازی و پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر می‌باشد. بدیهی است شاخصه‌های تأثیرگذار نقش اصلی در ارائه راهکارها به‌منظور رسیدن به همترازی و پایداری انرژی الکتریکی تجدید پذیر در بخش صنعتی برعهده دارند، این راهکارها در سطح اول به شاخص‌های تأثیرگذار معطوف می‌باشند. نتایج این مطالعه پاسخ‌های مربوط به سؤالات تحقیق را به‌طور شفاف و کاملی بیان نموده و با دسته‌بندی تأثیر و اهمیت شاخص‌ها با استفاده از روش نقشه شناختی فازی جایگاه آن‌ها را در چارچوب همترازی و پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر مشخص نموده است.

**شکل ۱۰. چارچوب پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدید پذیر (ESIT-SU)**




همچنین شایان‌ذکر است در سطح دوم چارچوب، شاخص‌های سرمایه در گردش صنایع در انرژی الکتریکی، خوداتکایی و خودیاری در صنعت و پایداری، کاهش مصرف سوخت فسیلی در صنعت و

پایداری، محافظت از محیط‌زیست در پایداری، کمبود آب و منابع مرتبط در پایداری و ایده‌های نو و دانش‌بنیان در پایداری انرژی الکتریکی به‌عنوان شاخصه‌های معمولی یا بی‌تأثیر هستند به‌طوری‌که اثرات تأثیرپذیر گذاری و تأثیرپذیری آن‌ها یکسان می‌باشد، فلذا به‌عنوان شاخصه‌های دوسویه موردتوجه قرار می‌گیرند که نقش متعادل‌کننده در این چارچوب را خواهند داشت.

در پایان در سطح سوم چارچوب، شاخص حمایت از کاهش انتشار دی‌اکسید کربن صنایع و پایداری به‌عنوان شاخص تأثیرپذیر موردتوجه قرار می‌گیرد که می‌تواند مفاهیم اصلی مانند کربن‌زدایی، مالیات کربن را نیز پوشش دهد. این چارچوب مسیر را برای تدوین راهکارهای پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در بخش صنعتی هموار می‌سازد، با در نظر گرفتن لایه‌های شناسایی‌شده در چارچوب مذکور، امعان نظر در خصوص راهکارهای ایجاد محرک‌های پایداری و همترازی فراهم می‌گردد، تمرکز بر سطح دوم باعث حفظ پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر می‌گردد و با در اهتمام بر سطح سوم چارچوب، تداوم پایداری و همترازی انرژی الکتریکی تجدیدپذیر امکان‌پذیر می‌گردد.

یافته‌های این پژوهش همسویی با نظرات داشته و شاخص صرفه‌جویی و الگوی مصرف با مطالعات انجام‌شده توسط شاهوردی و همکاران هم‌راستا و منطبق می‌باشد. نتایج این پژوهش نظرات علیپور و همکاران را تأیید می‌نماید که بیان داشتند استفاده گسترده از انرژی خورشیدی نویدبخش، ویژگی جدایی‌ناپذیر دولت‌ها در راستای تلاش‌های جهانی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده و کاهش مسیر مصرف سوخت‌های فسیلی است. تدوین چارچوب هم‌راستا با کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن در محیط‌زیست می‌باشد و بر پایداری و همترازی انرژی الکتریکی در بخش صنعتی تأکید دارد، همچنین مطالعه علیپور و همکاران باهدف شناسایی، توصیف و تجزیه‌وتحلیل عوامل مؤثر پستل[1] که پویایی فتوولتائیک خورشیدی را در یک محیط نامشخص شکل می‌دهند، انجام شد. برای این منظور، از روش نگاشت شناختی فازی برای مورد ایران استفاده شد تا بررسی شود که چگونه عوامل درگیر به‌صورت پویا تعامل دارند، به‌طور جمعی در سیستم رفتار می‌کنند که عوامل اقتصادی مانند قیمت، تقاضا، درآمد صادرات نفتی، سرمایه‌گذاری خارجی نیز در این مطالعه موردتوجه قرار گرفته است. مطالعه علیپور و همکاران بر پایه نقشه شناختی فازی بوده است به‌طوری‌که عواملی مانند قیمت نفت، کاهش قیمت جهانی تجهیزات را عوامل تأثیرگذار (محرّک) معرفی شده بود.

خروجی‌های مطالعات کیفی بر پایه نقشه شناختی فازی با ترسیم شبکه ارتباطی در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، محیطی، زیرساخت و فناوری با آموزه‌های بیان‌شده و نتایج حاصل از پژوهش‌های

1 PESTEL

کیفی با متد نقشه‌های شناختی فازی که توسط محققانی مانند علیپور و همکاران انجام شده است، مطابقت کامل دارد .مطالعاتی با استفاده از روش‌هایی مانند دیمتل نیز انجام گرفته است اما به سبب ماهیت روش دیمتل برای شناسایی ساختار و عوامل یا معیارها در حالت ایستا به کارگرفته شده است، درحالی‌که نقشه شناختی فازی بیشتر به‌عنوان پویاسازی ساختار شاخص‌ها یا مفاهیم به‌کارگرفته شده است. همچنین هدف این تحقیق رسیدن به مقادیر وزنی شاخص‌ها نمی‌باشد بلکه مقایسه جایگاه و تعیین اولویت شاخص‌ها در راستای ارائه چارچوب چندبعدی پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در بخش صنعتی غایت اصلی بوده است. همچنین به دلیل پیچیدگی در ابعاد مسئله و نظرات متنوع خبرگان استفاده از روش نقشه شناختی فازی به روش‌های مشابه مانند دیمتل ارجحیت یافته است.

## ۵-۱ جمع‌بندی

با بهره‌گیری از مقالات منتشرشده مفاهیم و شاخص‌ها در چهاربعد اقتصادی، اجتماعی، محیطی و فناوری شناسایی گردید و با اخذ نظرات خبرگان در خصوص لزوم قرارگیری شاخص در پرسشنامه، شاخص‌های کلیدی مؤثر بر همترازی و پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در بخش صنعت شناسایی گردیدند. همچنین روابط علّی و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری میان این شاخص‌ها با روش نقشه شناختی فازی بر اساس نظرات خبرگان و با نرم‌افزار[1] تعیین گردید، مقادیر مربوط به مرکزیت و تفاضل ابعاد اقتصادی، اجتماعی، محیطی و فناوری در جداول ۷ الی ۱۰ درج شده است. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده از محاسبات مربوط به شبکه شاخص‌ها، شاخص‌های تأثیرگذار (محرک)، شاخص تأثیرپذیر (پاسخ) و شاخص‌های عادی (بی‌اثر) در نظام توسعه انرژی تجدیدپذیر تعیین شدند و به‌صورت مصورسازی شده نشان داده شد. اولویت شاخص‌ها و نقش هر یک از این شاخص‌ها در چارچوب همترازی چندبعدی پیشنهادی بر اساس امتیاز مرکزیت و ترتیب شاخص در هر بعد شناسایی گردیده است.

## ۵-۲ پیشنهادهای کاربردی

پیشنهادهای کاربردی و راهکارهای عملیاتی برونداد اصلی پژوهش مسئله محور می‌باشند. در این بخش پیشنهادهای کاربردی به‌صورت اجرایی و عملیاتی معرفی می‌گردند. استقرار سامانه‌های پایش و کنترل مصرف هوشمند در بخش‌های صنعتی، زمان‌بندی هوشمند در جهت افزایش خودکفایی انرژی در بخش صنعتی، هوشمند سازی سامانه مصرف و کنترل از راه دور با استفاده از اینترنت اشیا و دوقلوهای دیجیتال، استقرار نظام یکپارچه مدیریت انرژی در واحد صنعتی بر پایه خودیاری توسط کارکنان و ترویج الگوی صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی، توسعه مدل‌های سرمایه‌گذاری مردم‌نهاد در جهت راه‌اندازی

1 FCMapper

مزارع تولید انرژی تجدیدپذیر در کنار صنایع پایه و اصلی، ایجاد شرکت‌های سهامی عام عرضه‌کننده انرژی تجدید پذیر به بخش صنعتی، ترویج مدل‌های مشارکتی کارخانه‌های کوچک و متوسط در راه‌اندازی نیروگاه‌های ترکیبی مقیاس کوچک و روش‌های تبادلی بین ذی‌نفعان، تدوین استراتژی‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی، به‌کارگیری مدل‌های تحلیل و پیش‌بینی قیمت، تقاضا و مقدار تولید انرژی بر اساس یادگیری ماشین و یادگیری تقویتی و تحلیل شبکه‌های هوشمند مربوط به توزیع انرژی الکتریکی می‌باشد.

## تعارض منافع

نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

**ORCID**

Ali Alam **https://orcid.org/0009-0008-6947-979X**
Mahsa Pishdar **https://orcid.org/0000-0003-4517-8796**
Mohammad Reza Fathi **https://orcid.org/0000-0002-7973-9814**
Amir Doudabi Nejhad **https://orcid.org/0009-0007-6117-6818**

**References**


1. Abban, O. J., Hongxing, Y., Nuta, A. C., Dankyi, A. B., Ofori, C., & Cobbinah, J. (2022). Renewable energy, economic growth, and $CO_2$ emissions contained comovement in African oil-producing countries: A wavelet-based analysis. *Energy Strategy Reviews, 44*, 100977. https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100977
2. Alavi, B., Tavana, M., & Mina, H. (2021). A dynamic decision support system for sustainable supplier selection in circular economy. *Sustainable Production and Consumption, 27*, 905–920.
3. Alipour, M., Hafezi, R., Papageorgiou, E., Hafezi, M., & Alipour, M. (2019). Characteristics and scenarios of solar energy development in Iran: Fuzzy cognitive map-based approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 116*, 109410. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109410
4. Borrero-Domínguez, C., & Escobar-Rodríguez, T. (2023). Decision support systems in crowdfunding: A fuzzy cognitive maps (FCM) approach. *Decision Support Systems, 173*, 114000. https://doi.org/10.1016/j.dss.2023.114000
5. Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. European Commission. https://doi.org/10.2760/48103
6. Chien, F. (2022). How renewable energy and non-renewable energy affect environmental excellence in N-11 economies? *Renewable Energy, 196*, 526–534. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.07.013
7. Das, S., & D., S. (2024). Multi-criteria decision-making for techno-economic and environmentally sustainable decentralized hybrid power and green hydrogen cogeneration system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 191*, 114135. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114135
8. Dolge, K., Gravelsins, A., Vicmane, L. K., Blumberga, A., & Blumberga, D. (2024). What drives energy storage deployment in local energy transitions? Stakeholders' perspective. *Smart Energy, 15*, 100146. https://doi.org/10.1016/j.segy.2024.100146
9. Fang, J., Gozgor, G., Mahalik, M. K., Mallick, H., & Padhan, H. (2022). Does urbanisation induce renewable energy consumption in emerging economies? The role of education in energy switching policies. *Energy Economics, 111*, 106081. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106081
10. Farghali, M., Osman, A. I., Mohamed, I. M., Chen, Z., Chen, L., Ihara, I., et al. (2023). Strategies to save energy in the context of the energy crisis: A review. *Environmental Chemistry Letters, 21*, 2003–2039. https://doi.org/10.1007/s10311-023-01591-5
11. Franciskus, A. A. (2025). Smart grids and AI innovations for efficient energy distribution and consumption. In *2025 Global Conference in Emerging Technology (GINOTECH)*. https://doi.org/10.1109/GINOTECH63460.2025.11076799
12. Ghasemi, A., Soroush, A., & Hosseini, Z. (2023). Application of artificial intelligence in energy management of Iran's industrial sector. *International Journal of Energy Research, 47*(2), 982–995. https://doi.org/10.1002/er.8001
13. Glykas, M. (Ed.). (2010). *Fuzzy cognitive maps: Theories, methodologies, tools and applications*. Springer.

14. Govindan, K., Pereira, I. P. C., Ferreira, F. A. F., Pereira, L. F., Meidutė-Kavaliauskienė, I., & Correia, R. J. C. (2020). A fuzzy cognitive mapping-system dynamics approach to energy change impacts on the sustainability of small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production, 256*, 120154. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120154
15. Hirani, H., Dudabinejad, A., & Shabiri, S. M. (2023). Planning the development of thermal power plants in Iran in the Seventh Development Plan, based on gas fuel limitations. *Journal of Planning and Development Research, 4*(1), 179–217. [In Persian]
16. Jabari, L., Salem, A. A., Zamani, & Farzanegan, M. R. (2024). Economic sanctions and energy efficiency: Evidence from Iranian industrial sub-sectors. *Energy Economics, 139*, 107920. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107920
17. Jahangarde, A., Banouei, A., Barkhordari, S., Amadeh, H., & Doudabinejad, A. (2020). Comparing the economic effects of applying a carbon emission tax and an energy price tax in the Iranian economy: A computable general equilibrium approach. *Iranian Energy Economics Research Journal, 8*(30), 61–92. [In Persian]
18. Modirzadeh, S. A., Khazaei, A., GhasemiKafrudi, E., Sobhani, Z., Kashefi, K., Moradi, M. A., & Moradzadeh, M. (2024). Potentials of greenhouse gas emission reduction through energy efficiency improvement in Iran's petrochemical sector. *Energy, 311*, 133297. https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133297
19. Nikas, A., et al. (2020). Barriers to and consequences of a solar-based energy transition in Greece. *Environmental Innovation and Societal Transitions, 35*, 383–399. https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.12.004
20. Pérez, Y. F., Corona, C. C., & Estrada, A. F. (2019). Fuzzy cognitive maps for evaluating software usability. In *Uncertainty management with fuzzy and rough sets* (pp. 141–155). Springer.
21. Ranjbar, F., Rafiei, A., & Khorshidi, M. (2022). Leveraging artificial intelligence for optimizing energy efficiency strategies in Iranian industries. *Journal of Cleaner Production, 324*, 129123. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.129123
22. Salim, K. T., Hamid, H. E., & Ehsan, B. K. B. (2024). Analyzing the drivers of the smart sustainable circular supply chain using the combined methods of DEMATEL and adversarial interpretative structural modeling. *Industrial Management Studies, 22*(73), 241–285. https://doi.org/10.22054/jims.2024.77945.2899
23. Salmeron, J. L., Mansouri, T., Moghadam, M. R. S., & Mardani, A. (2019). Learning fuzzy cognitive maps with modified asexual reproduction optimization algorithm. *Knowledge-Based Systems, 163*, 723–735.
24. Serkan, E., Fikret, O., Serhat, Y., & Hasan, D. (2024). A novel fuzzy decision-making methodology for ranking energy storage investments in emerging economies. *Decision Analytics Journal*, 100345. https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100345
25. Shahverdi, N., Saffari, A., & Amiri, B. (2025). A systematic review of artificial intelligence and machine learning in energy sustainability: Research topics and trends. *Energy Reports, 13*, 5551–5578. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.05.021
26. Sharma, A., Tselykh, A., Podoplelova, E., & Tselykh, A. (2022). Knowledge-oriented methodologies for causal inference relations using fuzzy cognitive maps: A systematic review. *Computers & Industrial Engineering, 171*, 108500.

27. Solangi, Y. A., Tan, Q., Mirjat, N. H., & Ali, S. (2019). Evaluating the strategies for sustainable energy planning in Pakistan: An integrated SWOT-AHP and Fuzzy-TOPSIS approach. *Journal of Cleaner Production, 236*, 117655.
28. Ujwary Gil, A., & Florek-Paszkowska, A. (2025). Introduction to the Innovability Index: Beyond the fusion of innovation and sustainability. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation, 21*(2).
29. Williams, O., & Temitayo, M. F. (2025). Machine learning-based predictive modelling of renewable energy adoption in developing countries. *Energy Reports, 14*, 66–84. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.05.066
30. Yanchun, P., & Hashemizadeh, A. (2023). Circular economy-based assessment framework for enhancing sustainability in renewable energy development with life cycle considerations. *Environmental Impact Assessment Review, 103*, 107289. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107289

**استناد به این مقاله:** عالم، علی.، پیشدار، مهسا.، فتحی، محمدرضا.، دودابی نژاد، امیر. (۱۴۰۵). ارائه چارچوب همترازی چندبعدی برای پایداری انرژی الکتریکی تجدیدپذیر در بخش صنعتی: بر اساس تحلیل نقشه‌های شناختی فازی، *مدیریت صنعتی، ۲۴(۸۱)*، ۶۷-۱۰۱.
DOI: 10.22054/jims.2026.92477.3027

Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.