Innovation Management Journal
Vol 14, No 3 (53), Autumn 2025

https://www.nowavari.ir

The role of standardization in solving the energy imbalance challenge: Interpretive structural modeling in fuzzy mode

Seyyed Mahdi Rouhani poor*[1], Roohallah Aboojafari,[2] & Zainab Eshraghi[3]

Received: 06/06/2025 **PP: 121-164** **Accepted:** 20/09/2025

Abstract

The increasing need for energy and the reduction of some energy sources are a worrying situation for sustainable living. The suboptimal consumption of various energy carriers on the one hand and the lack of production and consumption growth due to limitations on the other hand have faced the country with the growing challenge of energy imbalance. Therefore, the aim of the present study is to conduct structural modeling to analyze the relationships between factors affecting energy imbalance with an emphasis on the role of standardization. This study is applied in terms of its purpose and descriptive-analytical in terms of methodology with a quantitative approach. First, by reviewing the relevant literature, 9 key factors related to solving the energy imbalance challenge were identified. Then, using the fuzzy interpretive structural modeling technique and a survey of 15 experts from academia and industry, the relationships and levels of influence between the factors were analyzed. Next, to measure the dynamics and validity of the model, MICMAC analysis was used. The results of interpretive structural modeling showed that the factors of "policies and laws" and "economic factors" were placed at the lower levels of the model and had the greatest impact among other factors. Also, based on the results of the MICMAC analysis, the factor of "policies and laws" was identified as an independent factor.

Keywords: Energy imbalance، standardization ،energy consumption optimization؛ interpretive structural model.

Reference: Rouhani poor,S.M., Aboojafari, R & Eshraghi, Z. (2025). The role of standardization in solving the energy imbalance challenge: Interpretive structural modeling in fuzzy mode. ***Innovation Management Journal***, 14(3), 121-164.

Doi: https://doi.org/10.22034/imj.2025.539136.2927

1. Instructor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology, University of Qom, Qom, Iran (Corresponding author). m.rouhanipoor@ut.ac.ir
2. Assistant Professor of Science and Technology Policy, Knowledge-Based Economics Department, Institute for Technology Studies, Tehran, Iran.
3. Master's student in Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Qom University of Technology, Qom, Iran.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۳ (۵۳) / پاییز ۱۴۰۴
https://www.nowavari.ir

نوع مقاله: پژوهشی

نقش استانداردسازی در حل چالش ناترازی انرژی: الگوسازی ساختاری تفسیری در حالت فازی

سید مهدی روحانی‌پور*[۱]، روح اله ابوجعفری[۲]، زینب اشراقی[۳]

دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵ صص: ۱۶۴-۱۲۱ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹

چکیده

افزایش نیاز به انرژی و کاهش برخی منابع انرژی، وضعیت نگران‌کننده‌ای برای زندگی پایدار است. مصرف غیربهینه حامل‌های مختلف انرژی از یک سو و عدم‌تکافوی میزان تولید با رشد مصرف به‌دلیل وجود محدودیت‌ها از سوی دیگر، کشور را با چالش رو به گسترش ناترازی انرژی روبه‌رو کرده است. ازاین‌رو، هدف پژوهش کنونی، الگوسازی ساختاری برای تحلیل روابط میان عوامل مؤثر بر ناترازی انرژی با تأکید بر نقش استانداردسازی است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از منظر روش‌شناسی، توصیفی– تحلیلی با رویکرد کمی است. ابتدا با مرور ادبیات موضوعی، ۹ عامل کلیدی مرتبط با حل چالش ناترازی انرژی شناسایی شد. سپس با بهره‌گیری از تکنیک الگوسازی ساختاری تفسیری فازی و نظرسنجی از ۱۵ نفر از خبرگان دانشگاه و صنعت، روابط و سطوح اثرگذاری میان عوامل تحلیل شد. در ادامه، برای سنجش پویایی و اعتبار الگو، از تحلیل میک‌مک استفاده شد. نتایج الگوسازی ساختاری تفسیری نشان داد که عوامل «سیاست‌ها و قوانین»، «عوامل اقتصادی» در سطوح پایین الگو قرارگرفته و بیشترین تأثیرگذاری را در میان سایر عوامل دارند. همچنین بر اساس نتایج تحلیل میک‌مک عامل «سیاست‌ها و قوانین» به‌عنوان عامل مستقل و محرک اصلی نظام انرژی کشور شناسایی شد و «عوامل اقتصادی» و «استانداردسازی معیار مصرف انرژی» به‌عنوان عوامل رابط با نفوذ و وابستگی بالا قرار گرفتند که نیازمند مدیریت تدریجی‌اند. دستاورد اصلی این پژوهش، ارائه الگویی جامع برای درک ساختار علّی و وابستگی متقابل عوامل مؤثر بر ناترازی انرژی بود. این الگو می‌تواند مبنایی علمی برای بازنگری سیاست‌های انرژی، توسعه بازار انرژی، نهادینه‌سازی استانداردهای معیار مصرف و ارتقای حکمرانی انرژی در کشور فراهم سازد.

کلیدواژه‌ها: ناترازی انرژی، استانداردسازی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، الگوی ساختاری تفسیری.

استناددهی(APA): روحانی‌پور، سید مهدی، ابوجعفری، روح اله، و اشراقی، زینب (۱۴۰۴). نقش استانداردسازی در حل چالش ناترازی انرژی: الگوسازی ساختاری تفسیری در حالت فازی، ***نشریه علمی مدیریت نوآوری***، ۱۴(۳)، ۱۶۴-۱۲۱.

Doi: https://doi.org/10.22034/imj.2025.539136.2927

۱. مربی،گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران(نویسنده مسئول).
m.rouhanipoor@ut.ac.ir
۲. استادیار سیاست گذاری علم و فناوری،گروه اقتصاد دانش بنیان، پژوهشکده مطالعات فناوری، تهران، ایران.
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۳ (۵۳) / پاییز ۱۴۰۴

مقدمه

سیاست‌های انرژی بسیاری از کشورها در جهان، تضمین امنیت ملی و جایگاه جهانی کشورها، افزایش رقابت‌پذیری اقتصاد، بهره‌وری انرژی و به‌حداقل‌رساندن اثرات منفی زیست‌محیطی بخش انرژی است (حیرانی و قمشه، ۱۴۰۳). ناترازی انرژی، به عدم‌تعادل بین تولید و مصرف انرژی در یک کشور یا منطقه اشاره دارد. این ناترازی می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی ازجمله؛ تغییرات فصلی مصرف، وابستگی به منابع انرژی غیرتجدیدپذیر (مانند گاز طبیعی، نفت و ذغال سنگ) باشد که تولید آنها با محدودیت منابع طبیعی، نوسانات قیمت، فناوری‌های خاص، محیط‌زیست و شرایط اقتصادی و اجتماعی است (حافظی و رحیمی‌راد، ۱۴۰۳). سالانه بخش زیادی از منابع انرژی کشور به دلایلی چون ارزان‌بودن انرژی، عدم استانداردسازی مصرف و مناسب‌نبودن فناوری از بین می‌رود. این امر موجب شده که افزون‌بر کاهش منابع انرژی کشور، موجب افزایش آلودگی و صرف هزینه‌های سنگین به‌منظور استحصال، تولید، انتقال و توزیع انرژی شود. در تجارت بین‌الملل، بازتوزیع انرژی در تولید و صنایع، اهمیت مصرف انرژی در اقتصاد کشورها را بیشتر نمایان ساخته است. بنابراین لازم است از طریق آموزش گسترده، عموم مردم برای اتخاذ راه‌حل‌های جدید آماده شوند. با توجه به محدود بودن ذخایر طبیعی و افزایش نیاز جمعیت کشور به منابع انرژی، کشور امروز با بحران انرژی مواجه است. براساس بحث‌های نظری، دولت‌ها می‌توانند نقش مهمی در تغییرات مصرف انرژی داشته باشد (یانگ، داویس، راسل و همکاران، ۲۰۱۵). دولت می‌تواند به صورت مستقیم از طریق وضع قوانین و مقرراتی در زمینه انرژی و نظارت بر اجرای آنها، توازنی میان امنیت انرژی، رشد اقتصادی و حفاظت محیط‌زیست حاکم سازد (شهبازی، صمدحکمتی و رضایی، ۱۳۹۴). شناسایی عوامل ناترازی در مصرف انرژی و داشتن یک پایه علمی برای بهبود بهره‌وری هر دو با تحلیل کارایی انرژی در مناطق و بخش‌های مختلف امکان‌پذیر است (جانسون و همکاران، ۱۴۰۳).

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۳ (۵۳) / پاییز ۱۴۰۴

در حال حاضر، افزایش مصرف غیراستاندارد حامل‌های مختلف انرژی از یک‌سو و عدم‌تکافوی میزان تولید با رشد مصرف به‌دلیل وجود محدودیت‌ها از سوی دیگر، کشور را با چالش رو به گسترش ناترازی انرژی روبه‌رو کرده است. در سال ۲۰۲۲ میزان شاخص شدت مصرف انرژی در ایران ۱/۸ برابر متوسط دنیا و ۲/۸ برابر کشورهای توسعه‌یافته بوده است و نشان از هدررفت بالای انرژی و ظرفیت بالای استانداردسازی مصرف انرژی در ایران دارد (گزارش مرکز آمار انرژی و آب‌وهوای جهان، ۲۰۲۳)[1].

استانداردسازی، به‌معنای شناسایی انحراف در چگونگی مصرف انرژی و تعیین ضرایب شدت مصرف انرژی است که می‌تواند به ارائه راه‌کارهایی برای بهینه‌شدن و شدت مصرف انرژی منجر شود. بنابراین استانداردسازی معیار مصرف انرژی، بررسی و کنترل وضعیت مصرف انرژی نسبت به وضعیت مطلوب است؛ که به‌منظور بهبود بهره‌وری، کاهش مصرف انرژی و دستیابی به تعادل بین عرضه و تقاضا طراحی‌شده‌اند. استانداردسازی انرژی در حوزه‌های مختلفی مانند ساختمان‌های اداری، ساختمان‌های مسکونی، صنایع کوچک، کشاورزی، حمل‌ونقل و صنایع انرژی‌بَر اعمال می‌شود و در مواجه با ناترازی انرژی می‌تواند تا حد زیادی از میزان مصرف انرژی و هزینه‌های بالای ناترازی انرژی بکاهد (زارع‌زاده و خوارزمی، ۱۳۹۲).

اهمیت استانداردسازی معیار مصرف انرژی، به‌عنوان راهی مؤثر برای کاهش ناترازی بین توسعه سریع صنعت و همچنین حفظ منابع در سایه توجه به بهینه‌سازی سطح استفاده از منابع انرژی تبیین می‌شود. برای بهینه‌سازی مصرف انرژی، طیف وسیعی از سیاست‌های نظارتی و اجرایی اتخاذشده است. یکی از سیاست‌های اجرایی، درنظرگرفتن الزامات فنی در مصرف انرژی است که در پی افزایش تقاضا برای انرژی، نیاز به بررسی دقیق و نحوه برآورده‌سازی الزامات دارد (یانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۵).

1. World Energy and Climate Statistics.
2.Young

ضرورت استانداردسازی معیار مصرف انرژی و استفاده بهینه از انرژی، زمانی بیشتر نمایان می‌شود که بدانیم چنانچه چالش ناترازی انرژی برطرف نشود، فصل نهم قانون برنامه هفتم پیشرفت، ذیل مواد ۴۴ و ۴۵ تحقق نخواهد یافت. در کشور ایران، انرژی اغلب از طریق منابع محدود و با هزینه‌های زیاد تأمین می‌شود و لازم است برای مصرف بهینه آن بیشترین تلاش انجام شود. درغیراین‌صورت، با توجه به رشد فزاینده مصرف و محدودیت‌های تأمین انرژی با مشکلات اقتصادی- اجتماعی مواجه خواهیم بود. بهینه‌سازی فرایندهای تولید در صنایع انرژی‌بر، آموزش جامعه با معیار مصرف انرژی، صرفه‌جویی سرانه مصرف انرژی کشور، کاهش اثرات منفی زیست محیطی و ... چه در بخش صنعت، کشاورزی، حمل‌ونقل و خانگی همگی از اولویت برنامه پیشرفت کشور است (صابری و نیکخواه‌نسب، ۱۴۰۲) (سلیمیان، گودرزی‌راد و بداغی، ۱۴۰۰).

تاکنون مطالعات انجام‌شده در زمینه انرژی اغلب پیرامون مفاهیم انرژی‌های تجدیدپذیر، ساختمان‌های سبز، ارتقای بهره‌وری، پذیرش اجتماعی انرژی‌های تجدیدپذیر و تحلیل تطبیقی سیاست‌گذاری انرژی در کشورهای مختلف بوده است، مانند تحقیقاتی که توسط شاه و همکاران (۲۰۲۴)، دوزدار و سنجیز (۲۰۲۴)، ژیانگ و شی (۲۰۲۳)، حافظی و رحیمی (۱۴۰۳)، مرادی و همکاران (۱۴۰۱) انجام شده است. آنچه قابل‌توجه است، وجود شکاف مفهومی و ساختاری در اتخاذ رویکردی نظام‌مند برای مدیریت چالش ناترازی انرژی است؛ به‌ویژه درزمینه تعیین جایگاه استانداردسازی و سازماندهی معیارهای کلیدی مؤثر بر بهینه‌سازی مصرف و ارتقای کارایی انرژی. با وجود تنوع عوامل مؤثر و پیچیدگی‌های اقتصادی و اجتماعی حاکم بر بخش انرژی، تاکنون به صورت جامع و نظام‌مند به تبیین نقش استانداردسازی در سیاست‌گذاری انرژی پرداخته نشده است. از سوی دیگر، در حوزه روش‌شناختی نیز شکاف محسوسی مشاهده می‌شود؛ به این معنا که الگوسازی روابط میان معیارهای

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۳ (۵۳) / پاییز ۱۴۰۴

کلیدی اثرگذار با استفاده از رویکردهای ساختاری همچون الگوسازی ساختاری تفسیری[1] در تحقیقات پیشین موردتوجه قرار نگرفته است.

بنابراین، مسئله اصلی این پژوهش آن است که نقش استانداردسازی معیار مصرف انرژی، در حل چالش ناترازی انرژی چگونه است؟ عوامل مرتبط با استانداردسازی معیار مصرف انرژی در حل ناترازی انرژی کدام‌اند؟ الگوی ساختاری این عوامل و سطح‌بندی آنها با یکدیگر چگونه است؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها شایسته است پژوهش‌های پیشین درزمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و ناترازی انرژی مطالعه شود. در این پژوهش ابتدا با بررسی تحقیقات پیشین در ادبیات موضوع و همچنین بهره‌گیری از نظرات خبرگان دانشگاهی و صنعتی بخش انرژی، معیارهای مرتبط با استانداردسازی انرژی در حل مشکل ناترازی انرژی، شناسایی و سپس با بحث و تبادل‌نظر با خبرگان تأیید و دسته‌بندی شدند. سپس به‌منظور تعیین سطح عوامل و چگونگی ارتباط آنها، از روش الگوسازی ساختاری تفسیری فازی برای تبیین نقش استانداردسازی انرژی استفاده شد. همچنین از تکنیک میک‌مک فازی به‌منظور تعیین قدرت نفوذ و وابستگی عوامل بهره‌گیری شد و از نوآوری‌های این پژوهش می‌باشد.

پیشینه و مبانی نظری

پیشینه

مسئله ناترازی انرژی به‌عنوان یکی از چالش‌های اساسی در نظام اقتصادی کشورها در سال‌های اخیر موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته است. مطالعات انجام‌شده در این حوزه به ابعاد مختلفی ازجمله عوامل اقتصادی، سیاست‌گذاری، اجتماعی، فناورانه، زیست‌محیطی و بهره‌وری انرژی پرداخته‌اند. این تنوع در رویکردها، موجب شکل‌گیری ادبیاتی گسترده و چندبُعدی پیرامون مسئله ناترازی انرژی شده است. برای درک بهتر رویکردهای موجود، در این بخش مجموعه‌ای از پژوهش‌های منتخب داخلی و خارجی که به موضوع

1. Interpretive Structural Modeling (ISM)

ناترازی انرژی یا عوامل مرتبط با آن پرداخته‌اند، مرور و طبقه‌بندی شده‌اند. جدول ۱، با هدف ارائه تصویری سازمان‌یافته از پژوهش‌های پیشین، کمک می‌کند تا زمینه برای تحلیل شکاف‌ها، مقایسه روش‌شناسی‌ها و جایگاه پژوهش کنونی فراهم شود.

جدول ۱. تفکیک مقاله‌های پیشینه پژوهش بر اساس اهداف، عنوان پژوهش، تکنیک کاری و قلمرو مکانی

ردیف	عنوان پژوهش	تکنیک مورداستفاده	معیارهای احصاء شده پژوهش	نویسندگان قلمرو زمانی و مکانی
۱	مشارکت اجتماعی و نقش آن در حل چالش ناترازی انرژی	پدیدارشناسی	۱. سیاست و قانون‌گذاری، ۲. بازار و اقتصاد، ۳. روان‌شناختی، ۴. مقرون به‌صرفه بودن، ۵. پذیرش عمومی، ۶. فناورانه، ۷. جمعیت‌شناختی، ۸. زیست‌محیطی و ۹. وضعیت اجتماعی	حافظی و رحیمی‌راد (۱۴۰۳)- ایران
۲	شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت و بهره‌وری مصرف انرژی	AHP Expert Choice	۱. عوامل انسانی، ۲. ساختمانی و ۳. تأسیسات	مرادی و همکاران (۱۴۰۱)- ایران
۳	بررسی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید با تأکید بر سرمایه انسانی و انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر	GMM اقتصادسنجی	۱. نوع مصرف انرژی (تجدیدپذیر یا فسیلی)، ۲. تورم، ۳. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، ۴. سرمایه انسانی و ۵. توسعه مالی	جعفری و همکاران (۱۳۹۹)- ایران
۴	بررسی تحلیلی ارتباط آلودگی محیط‌زیست و رشد اقتصادی با تأکید بر نقش آموزش	رگرسیون	۱. آلودگی محیط‌زیست، ۲. تولید ناخالص داخلی سرانه، ۳. مصرف سرانه انرژی، ۴. نرخ شهرنشینی، ۵. نرخ بیکاری و ۶. شاخص آموزش	ابوالحسنی و همکاران (۱۳۹۸)- ایران
۵	مطالعه تطبیقی راهبردهای کلان انرژی در ایران و کشورهای منتخب	مطالعه تطبیقی	۱. سیاست‌های کلان انرژی، ۲. امنیت انرژی، ۳. ژئوپلیتیک انرژی و ۴. برنامه‌های زیست محیطی	ضرغامی و ذاکری (۱۳۹۶)- ایران
۶	نقش مصرف انرژی تجدیدپذیر، غیرقابل‌تجدید و انتشار کربن در بهره‌وری	رگرسیون	۱. تغییر فناورانه، ۲. تأثیرات اقتصادی، ۳. تأثیرات زیست‌محیطی، ۴. ارتقاء بهره‌وری کل، ۵. انرژی‌های تجدیدپذیر، ۶. میزان	شاه و همکاران (۲۰۲۴)-

ردیف	عنوان پژوهش	تکنیک مورداستفاده	معیارهای احصاء شده پژوهش	نویسندگان قلمرو زمانی و مکانی
	انرژی: شواهدی از کشورهای گروه G20		مصرف انرژی، ۷. انتشار کربن و ۸. شاخص‌های بهره‌وری و کارایی انرژی	چین
۷	ارزیابی بهره‌وری انرژی در صنعت خودروسازی با استفاده از تصمیم‌گیری AHP و روش بهترین- بدترین	AHP-BWM	۱. توسعه انرژی تجدیدپذیر، ۲. تجهیزات و فناوری‌های هوشمند، ۳. آموزش، ۴. بهسازی تجهیزات، ۵. حمایت از تولیدکنندگان، ۶. ایجاد بازار رقابتی در تولید، ۷. سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی	دوزدار و سنجیز (۲۰۲۴)- ترکیه
۸	تحلیل رابطه عوامل تعیین‌کننده موانع توسعه انرژی تجدیدپذیر در سیستم اقتصاد کلان و توسعه مصرف انرژی تجدیدپذیر در کشورهای اتحادیه اروپا	رگرسیون و تحلیل آماری	۱. عوامل اقتصادی، ۲. عوامل قانونی و اداری، ۳. عوامل اجتماعی و فرهنگی و ۴. عوامل فنی	گادزیک و همکاران (۲۰۲۳)- کشورهای اتحادیه اروپا
۹	بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و اقدامات متقابل صرفه‌جویی در انرژی ساختمان‌های سبز	ISM- DEMATEL	۱. طراحی، ۲. مصالح ساخت‌وساز، ۳. سیستم‌های انرژی، ۴. مدیریت و سیاست‌های انرژی، ۵. رفتار کاربران، ۶. منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و ۷. عایق‌بندی حرارتی	ژیانگ و شی (۲۰۲۳)-- چین
۱۰	تحلیل عوامل مؤثر بر ساختار انرژی بر اساس مدل ISM	ISM	۱. منابع انرژی تجدیدپذیر، ۲. منابع انرژی غیرتجدیدپذیر، ۳. توسعه فناوری‌های انرژی، ۴. سیاست‌های انرژی، ۵. تقاضای انرژی، ۶. تأثیرات زیست‌محیطی و ۷. هزینه‌های انرژی	وو و همکاران (۲۰۲۲)- سنگاپور
۱۱	بررسی تجربی رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی	تحلیل داده‌ها	۱. رشد اقتصادی، ۲. مصرف انرژی، ۳. پیشرفت فناوری، ۴. سیاست‌های انرژی و ۵. شدت انرژی	توپولوسکی (۲۰۲۱)- لهستان
۱۲	بررسی تأثیر توسعه مالی بر مصرف انرژی با درنظرگرفتن ریسک‌های کشوری (۷۹ کشور دنیا)	تحلیل حساسیت	۱. توسعه مالی و مصرف انرژی، ۲. مسائل سیاسی و مالی، ۳. سیاست‌گذاری و ۴. توسعه پایدار	چیو و لی (۲۰۲۰)- چین

بررسی بدنه پژوهشی مرتبط با ناترازی انرژی نشان می‌دهد: تمرکز اصلی

اغلب این مطالعات بر موضوعاتی نظیر بهینه‌سازی مصرف انرژی، ارتقای بهره‌وری، نقش سرمایه اجتماعی، انرژی‌های تجدیدپذیر و تحلیل سیاست‌گذاری انرژی در کشورهای مختلف بوده است. از سوی دیگر، رویکرد پژوهش‌ها بیشتر تجویزی و توصیفی بوده و عمدتاً به ارائه یا تحلیل عوامل منفرد در حوزه انرژی اکتفا شده است. درنتیجه، با وجود تعدد مطالعات، نبود یک چارچوب منسجم برای تحلیل روابط درونی و سطح‌بندی عوامل مؤثر بر ناترازی انرژی با تأکید بر نقش استانداردسازی، همچنان به‌عنوان یک خلأ پژوهشی قابل‌توجه باقی‌مانده است.

از منظر روش‌شناسی نیز، مطالعات پیشین عمدتاً از تکنیک‌های کلاسیک همچون تحلیل آماری، مقایسه تطبیقی یا روش‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی بهره گرفته‌اند و استفاده از رویکردهای ساختاری سیستمی، که بتواند به تحلیل پیوستارهای علی میان متغیرهای کلیدی بپردازد، در آنها کمتر مشاهده می‌شود. بنابراین پژوهش کنونی باهدف پاسخ‌گویی به این نیاز، تلاش دارد با بهره‌گیری از تکنیک الگوی سازی ساختاری تفسیری فازی، مجموعه‌ای از معیارهای کلیدی را به صورت نظام‌مند شناسایی، سطح‌بندی و تحلیل کند. در ادامه، با اتکا به یافته‌های پژوهش‌های پیشین و با درنظرگرفتن ویژگی‌های نظام انرژی کشور، مجموعه معیارهای اصلی مرتبط با ناترازی انرژی معرفی می‌شوند تا مبنایی برای طراحی الگوی مفهومی پژوهش کنونی فراهم شود.

مبانی نظری

سیاست‌ها و قوانین

به‌طور کلی، دو راه برای پاسخگویی به چالش ناترازی انرژی وجود دارد؛ نخست، افزایش تولید برای پُر کردن شکاف بین عرضه و تقاضا و دوم کاهش تقاضا از طریق افزایش بهره‌وری یا اصلاح الگوی مصرف. به‌نظر می‌رسد راه‌حل بهینه، پیگیری هر دو راهبرد به صورت همزمان است. مطالعات زیادی برای پُر کردن شکاف بین عرضه و تقاضا، پیشنهادهایی داده‌اند که غالباً مبتنی‌بر

فناوری بوده‌اند (حیرانی، باقری‌مقدم و مسیبی، ۱۴۰۱) (آزاد[1] و چاکرابورتی[2]، ۲۰۲۰). اما جریان مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهد هم به دلیل افزایش هزینه‌های تأمین پایدار انرژی و هم اهمیت نقش بهینه‌سازی در کاهش فاصله عرضه و تقاضا، توجه دولت‌ها به سیاست‌گذاری و قوانین معیار مصرف متمایل شده است (ضرغامی و ذاکری، ۱۳۹۶).

استانداردسازی

با توجه به یارانه‌ای بودن قیمت حامل‌های انرژی، استانداردسازی معیار مصرف صنایع انرژی‌بر، تأثیر چشمگیری در کاهش مصرف انرژی خواهد داشت و این استانداردسازی‌ها و ممیزی‌ها می‌توانند تا میزان زیادی از میزان مصرف انرژی و هزینه‌های بالای این صنایع انرژی‌بر بکاهد. شرکت‌ها و واحدهای تولیدی که مشمول قوانین تعیین معیار مصرف انرژی باشند، ملزم‌اند با پایش‌های سالانه، فرایندهای پیشگیرانه و اصلاحی برای رعایت معیار مصرف انرژی را اجرا کنند و در صورت عدم رعایت معیار مصرف انرژی، مشمول قوانین و سیاست‌های انرژی ازجمله، محاسبه انرژی با نرخ آزاد، قطع مازاد مصرف، جرائم مالیاتی و غیره شوند (زارع‌زاده و خوارزمی، ۱۳۹۲).

عوامل اجتماعی و نهادهای خصوصی

اجتماع‌های مردم‌نهاد در قالب تعاونی‌ها، انجمن‌ها و کانون‌ها مانند نظام مهندسی، انجمن انبوه‌سازان و سایر تشکل‌های اجتماعی می‌توانند جریان اطلاع‌رسانی و آگاهی‌بخشی عمومی را تسهیل کرده و به صورت همزمان منابع انرژی را به سمت الگوی مصرف جهت‌دهی کنند. هم چنین بهره مندی از خدمات بازرسی و بهینه سازی شرکت‌های بازرسی معیار مصرف انرژی به عنوان یکی از کارکردهای نهادهای خصوصی می باشد که باید سازوکار آن در ارتباط با دولت به‌عنوان بزرگ‌ترین تأمین‌کننده انرژی کشور مشخص شود. شفافیت و پاسخگویی، سرمایه اجتماعی طرح‌های مشارکت را افزایش داده و

1. Azad
2. Chakraborty

درنتیجه به نهادینه‌شدن معیار مصرف انرژی کمک می‌کند (حافظی و رحیمی‌راد، ۱۴۰۳).

فرایندهای سازمان و مدیریت

فرایندهای سازمان و مدیریت، تأثیر مهمی بر جنبه‌های متنوع تولید یک محصول دارد. سبک رهبری و مدیریت در سازمان باعث می‌شود کارکنان مقاصد و اهداف سازمانی را درک کرده و برای دستیابی به آنها از انگیزه کافی برخوردار شوند. افزون‌بر این با به‌کار بستن شیوه مناسب تولید، فعالیت‌های سازمان ارزیابی‌شده و در مسیر دستیابی به کیفیت و بهره‌وری، استقرار می‌یابد. در حوزه سازمان و مدیریت، معیارهای بهبود عملکرد انرژی، کار گروهی و حل مسئله، برنامه‌ریزی راهبردی انرژی، برنامه‌ریزی تولید، طراحی و تکوین محصول و مشارکت سازمانی می‌تواند موردتوجه قرار گیرد (بستر فیلد[1]، ۲۰۲۰).

پایش عملکرد انرژی

فرایند پایش عملکرد انرژی برمبنای فرایند طرح‌ریزی، اجرا، بررسی و بازنگری برای بهبود مداوم عملکرد انرژی سازمان‌ها طراحی‌شده است. معیار مصرف انرژی، مقدار مرجعی است که مبنایی را برای مقایسه عملکرد انرژی فراهم می‌آورد (شهبازی، صمدحکمتی و رضایی، ۱۳۹۴). بنابراین پایش عملکرد انرژی می‌تواند ابزار مناسبی برای معیار مصرف انرژی و هدف‌گذاری در الگوی مصرف انرژی باشد (عرب، ۱۳۹۹).

عوامل زیست‌محیطی

به‌طور کلی سیاست‌گذاری حوزه انرژی هم‌راستا با مفهوم توسعه پایدار است. این سیاست که از آن با عنوان «مثلث انرژی» تعبیر می‌شود، به دنبال سیاست‌گذاری متوازنی در حوزه انرژی است که ضمن هدف قرار دادن رشد و توسعه اقتصادی، امنیت و دسترسی انرژی، پایداری محیط‌زیست را نیز به

1. Besterfield

ارمغان آورد. با توجه به تحولات فناوری در حوزه انرژی، کشورهای مختلف تلاش کرده‌اند سیاست‌گذاری‌های حوزه انرژی خود را به سمت اهداف مثلث انرژی معطوف کنند (مارکارد[1] و هافمن[2]، ۲۰۱۶ و پسندیده و حیدری، ۱۴۰۳).

آموزش و فرهنگ‌سازی

آموزش به‌عنوان فرهنگ‌سازی معیار مصرف انرژی، برای یک صنعت یا زمینه خاص می‌تواند تعریف می‌شود. آموزش می‌تواند به کنترل مدیریت، پیش‌بینی و به حداقل رساندن مصرف انرژی در تولیدات و کاهش انحراف در معیار مصرف منجر شود و ابزاری برای ارتقاء آگاهی و جلب مشارکت عمومی شود. از دیگر مزایای این امر می‌توان به بهبود و اثربخشی اجرا و مصرف، افزایش بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش اعتماد و رضایت مصرف‌کنندگان اشاره کرد. بنابراین آموزش و فرهنگ‌سازی استانداردسازی یا پایش معیار مصرف انرژی برای سنجش عملکرد انرژی مصرف‌شده است که می‌تواند به افزایش کارایی و بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه‌ها منجر شود (دوزدار[3] و سنجیز[4]، ۲۰۲۴).

نوآوری و فناوری‌های هوشمند

تقویت زنجیره ارزش فناوری، شامل تمام فرایندها و فعالیت‌هایی تولید، توزیع و مصرف انرژی در راستای معیار مصرف انرژی ضروری است. این زنجیره در تولید فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر مانند: پانل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی، سیستم‌های مدیریت هوشمند انرژی، کنتورهای هوشمند و سیستم‌های کنترل مصرف، اینترنت اشیاء در ساختمان‌ها و صنعت، مدیریت انرژی در زمان واقعی، نوآوری و تحقیق و توسعه همگام با فناوری روز دنیا و این‌گونه موارد اشاره دارد. تقویت این بخش از زنجیره ارزش کارایی، مقرون‌به‌صرفه بودن و مقیاس‌پذیری تولید و توزیع انرژی‌ها را بهبود

1. Markard
2. Hoffmann
3. Duzdar
4. Cengiz

بخشیده و می‌تواند هزینه‌های فناوری‌های انرژی را برای شهروندان کاهش دهد (کیم[1]، ۲۰۲۴).

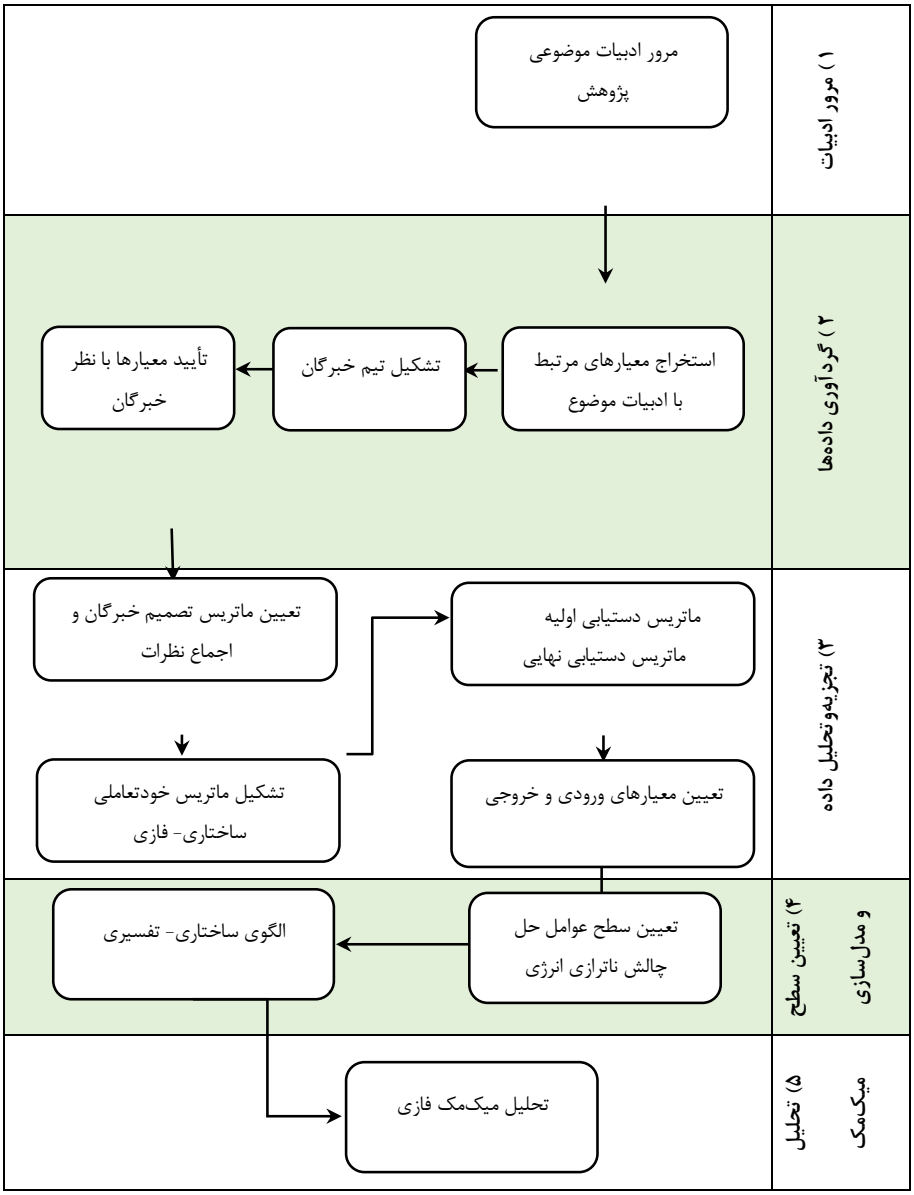
عوامل اقتصادی

انرژی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید و همچنین به‌عنوان یکی از ضروری‌ترین محصولات نهایی، جایگاه ویژه‌ای در رشد اقتصادی کشورها دارد. با توجه به اینکه انرژی در ایران به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در رشد مطرح است، شدت مصرف انرژی می‌تواند موجب تحریک سایر فعالیت‌های اقتصادی شده و به‌عنوان نهاده مهم در کنار سایر نهاده‌های تولیدی موجب رشد فعالیت‌های صنعتی شود. از سوی دیگر، رشد بخش‌ها و فعالیت‌های مختلف به‌ویژه فعالیت‌های صنعتی نیازمند رشد مصرف انرژی است، بنابراین برای افزایش سطح رفاه جامعه و تسریع در رشد اقتصادی، بایستی انرژی موردنیاز بخش‌ها و فعالیت‌های مختلف اقتصادی تأمین شود؛ بنابراین ثابت شده است که رشد اقتصادی و شدت انرژی، لازم و ملزوم یکدیگر هستند (اسدی و همکاران، ۱۳۹۷).

روش پژوهش

پژوهش کنونی از لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ رویکرد کمی است، زیرا از ابزار کمی پرسش‌نامه، برای الگوسازی ساختاری تفسیری فازی و تحلیل میک‌مک فازی استفاده‌شده است. از لحاظ روش نیز، پژوهش جنبه تحلیلی-توصیفی دارد. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، تبیین نقش استانداردسازی در حل چالش ناترازی انرژی در کنار سایر عوامل است. الگوی پژوهش کنونی بر اساس مراحل شکل ۱ است.

1. Kim



شکل ۱. الگوریتم روش پژوهش

در این پژوهش، خبرگان به دو دسته تقسیم می‌شوند. خبرگان نظری شامل استادان دانشگاهی که در زمینه مهندسی، مدیریت یا انرژی تحصیلات دارند و عضو هیئت‌علمی دانشگاه می‌باشند و خبرگان تجربی شامل همه کارشناسان و

متخصصان حوزه انرژی و بهینه‌سازی با مدرک تحصیلی حداقل کارشناسی‌ارشد و دارای حداقل ۱۵ سال سابقه کاری باشند. درنهایت خبرگان واجدالشرایط که حائز حداقل ۵ معیار «کلیدی بودن»، «شناخته‌شده توسط سایرین»، «فهم نظری موضوع»، «تنوع» و «موافقت با مشارکت» باشند، به‌عنوان مشارکت‌کننده انتخاب می‌شوند (محقر و همکاران، ۱۴۰۱). هر یک از این معیارها به صورت زیر عملیاتی شد:

کلیدی بودن: خبرگانی انتخاب شدند که به‌طور مستقیم در سیاست‌گذاری، طراحی یا اجرای استانداردهای مرتبط با انرژی در سازمان‌های دولتی یا صنعتی نقش داشته‌اند (مانند مدیران بهینه‌سازی شرکت گاز، کارشناسان استاندارد در حوزه انرژی، اعضاء هیئت‌علمی دانشکده مکانیک و تبدیل انرژی دانشگاه‌ها).

شناخته‌شده بودن توسط سایرین: با استفاده از روش گلوله‌برفی[1]، افرادی که چندین بار به‌عنوان مرجع یا فرد صاحب‌نظر در حوزه انرژی معرفی شدند، در فهرست نهایی قرار گرفتند.

فهم نظری از موضوع: خبرگانی که دارای تحصیلات علمی مرتبط و سابقه علمی یا حرفه‌ای حداقل ۱۵ سال درزمینه سیاست‌گذاری، استانداردسازی، بهینه‌سازی و اقتصاد انرژی بودند، انتخاب شدند.

تنوع: ترکیبی از خبرگان دانشگاهی، مدیران دولتی، کارشناسان رسمی استاندارد و نمایندگان بخش خصوصی مانند مدیران بهینه‌سازی شرکت گاز و نفت، مدیران پژوهشکده سیاست‌گذاری و فناوری ریاست جمهوری، مدیران فنی شرکت‌های بازرسی و استادان دانشگاهی مرتبط انتخاب شد تا دیدگاه‌های مختلف پوشش داده شود.

موافقت با مشارکت: از طریق تماس مستقیم و اخذ رضایت‌نامه کتبی/ شفاهی، موافقت داوطلبانه افراد برای حضور در مصاحبه ها یا جلسات دلفی اخذ شد.

1. snowball sampling

نتایج مطالعه ادبیات موضوعی در مدت ۱۲ هفته جمع‌آوری شد و به‌منظور تعیین روایی شاخص‌ها از تکنیک دلفی و ابزار پرسش‌نامه با ۹ گویه و ۵۴ پرسش استفاده شد. اجرای تکنیک دلفی در سه مرحله و طی ۴ هفته به پایان رسید. اطلاعات دموگرافیک خبرگان شرکت‌کننده در این پژوهش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. خبرگان شرکت‌کننده در فرایند انجام پژوهش

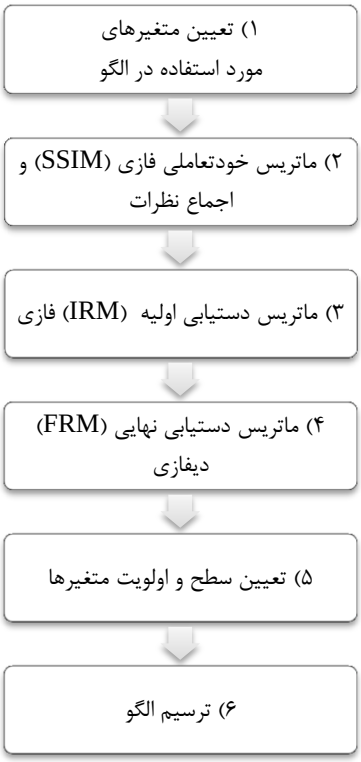
ردیف	تحصیلات	سابقه	زمینه کاری	جنسیت
۱	دکتری مدیریت صنعتی	۱۵ سال	کارشناس رسمی استاندارد	آقا
۲	کارشناسی‌ارشد مهندسی برق	۱۵ سال	مدیرفنی شرکت بازرسی انرژی	خانم
۳	دکتری مهندسی شیمی	۲۰ سال	بهینه‌سازی انرژی شرکت گاز	آقا
۴	دکتری شیمی	۱۵ سال	بهینه‌سازی انرژی شرکت گاز	خانم
۵	دکتری سیاست‌گذاری فناوری	۲۰ سال	اقتصاد دانش بنیان	آقا
۶	دکتری مهندسی صنایع	۲۰ سال	هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی	آقا
۷	دکتری مدیریت صنعتی	۲۰ سال	هیئت‌علمی دانشگاه شهید بهشتی	آقا
۸	دکتری مهندسی صنایع	۱۵ سال	هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی	خانم
۹	کارشناسی‌ارشد مهندسی صنایع	۱۵ سال	مدیر کیفی شرکت بازرسی انرژی	خانم
۱۰	دکتری مهندسی صنایع	۲۵ سال	هیئت‌علمی دانشگاه قم	آقا
۱۱	دکتری نفت و گاز	۱۵ سال	اقتصاد قراردادهای نفت و گاز	آقا
۱۲	دکتری مدیریت تکنولوژی	۲۰ سال	دفتر بررسی‌های استراتژیک	آقا
۱۳	کارشناسی‌ارشد تبدیل انرژی	۱۵ سال	پژوهشگر دانش بنیان	خانم
۱۴	دکتری مهندسی صنایع	۲۰ سال	هیئت‌علمی دانشگاه قم	آقا
۱۵	دکتری اقتصاد	۲۰ سال	دفتر بررسی‌های استراتژیک	آقا

یافته‌های تحقیق

الگوسازی ساختاری تفسیری[1] اولین بار توسط وارفیلد در سال ۱۹۷۴ ارائه شد و توسط اندرو سیج در سال ۱۹۷۷ توسعه پیدا کرد. بیشتر پژوهش‌های کنونی براساس رویکرد سیج، استوار هستند (وارفیلد[2]، ۲۰۰۵ و صفایی شکیب و قنبری، ۱۳۹۶). در این پژوهش مراحل به‌کارگیری رویکرد الگوسازی ساختاری

1. Interpretive Structural Modeling(ISM)
2. Warfield

تفسیری فازی منطبق با رویکرد ختوانی و همکاران[1] (۲۰۱۵) برابر شکل ۲ بهره‌گیری خواهد شد (یاداو و سینگ[2]، ۲۰۲۱) که برای مطالعه بیشتر می‌توان به آن مراجعه کرد.



شکل ۲. مراحل اجرای تکنیک F-ISM

مرحله ۱. شناسایی معیارها و زیرمعیارهای مواجهه با چالش ناترازی انرژی

روش دلفی فازی برای تأیید یا غربالگری شاخص‌های پژوهش در محیط عدم‌قطعیت انجام می‌شود که مراحل آن در ادامه ارائه شده است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۴).

1. Khatwani et al.
2. Yadav, S., & Singh, S. P.

۱- شناسایی شاخص‌های پژوهش با استفاده از مرور جامع مبانی نظری پژوهش

۲- جمع‌آوری نظرهای متخصصان تصمیم‌گیرنده: تعیین اهمیت هر شاخص بر اساس طیف جدول ۵ توسط خبرگان.

۳- تأیید و غربالگری شاخص‌ها: برای هر عدد فازی که بر اساس رابطه ۱ باشد، ابتدا میانگین هر کدام از کران‌های فازی بر اساس رابطه ۲ محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از رابطه ۳، اعداد فازی نهایی به عدد غیرفازی تبدیل می‌شود.

$$\tilde{\tau}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), i = 1,2, \dots, n \; j = 1,2, \dots, m \qquad (۱)$$

$$a_j = \sum \frac{a_{ij}}{n}, \; b_j = \sum \frac{b_{ij}}{n} \; , \; c_j = \sum \frac{c_{ij}}{n} \qquad (۲)$$

$$Crisp = \frac{a + b + c}{3} \qquad (۳)$$

جدول ۳. عبارات زبانی و اعداد دلفی فازی (میرسپاسی و همکاران، ۱۳۹۵)

عبارات زبانی	اعداد فازی مثلثی
خیلی کم	(۰،۰،۰.۲۵)
کم	(۰،۰.۲۵،۰.۵)
متوسط	(۰.۲۵،۰.۵،۰.۷۵)
زیاد	(۰.۵،۰.۷۵،۱)
خیلی زیاد	(۰.۷۵،۱،۱)

نتایج دلفی فازی

در مرحله اول پرسش‌نامه‌ای شامل ۹ دسته معیار اصلی شامل ۵۴ زیرمعیار مواجهه با چالش ناترازی انرژی در اختیار اعضای گروه خبرگان قرار گرفت و از آنها درخواست شد نظرشان را دربارهٔ هر معیار و زیرمعیار در قالب متغیرهای کلامی مندرج در جدول ۳ بیان کنند (میرسپاسی و همکاران، ۱۳۹۵). سپس با استفاده از روابط ۱ تا ۳، میانگین فازی و غیرفازی معیارها محاسبه شد که در

جدول ۴ ارائه شده است. مقدار آستانه درروش دلفی فازی برابر با ۰.۷ در نظر گرفته‌شده است (راهداری و نصر، ۱۳۹۶). در مرحله اول دلفی فازی، معیارهای اصلی مورد اجماع قرار گرفت، اما در مورد زیرمعیار، ۱۶ زیرمعیار که میانگین غیرفازی آنها کمتر از ۰.۷ بود، حذف شدند. در مرحله دوم پرسش‌نامه عوامل تأییدشده مرحله اول دلفی فازی، در پرسش‌نامه‌ای جدید طراحی و در اختیار خبرگان قرار داده شد. همچنین در این دور، میانگین قطعی دور اول نیز قرار داده‌شد تا خبرگان از میزان میانگین هر شاخص در مرحله پیش نیز مطلع شوند و از خبرگان خواسته شد تا نظر خود را تبیین کنند. براساس نظر چنگ و جین (۲۰۲۴)، چنانچه اختلاف غیرفازی بین دو مرحلهٔ نظرسنجی، کمتر از حد آستانه خیلی کم (۰.۱) باشد، فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود، یعنی به اجماع رسیده شده است. بر این اساس در ۲۶ زیرمعیار در دور دوم اجماع صورت گرفت، اما در ۱۲ زیرمعیار اجماع صورت نگرفت که این ۱۲ زیرمعیار وارد مرحله سوم دلفی فازی شدند. در مرحله سوم دلفی فازی، پرسش‌نامه‌ای از زیرمعیارهایی که به اجماع نرسیده‌اند، تشکیل شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت. در این دور نیز میانگین دور دوم زیرمعیارها در پرسش‌نامه قرار داده شد تا خبرگان از میانگین دور قبل شاخص‌ها نیز مطلع شوند. نتایج نهایی نشان از به‌اجماع‌رسیدن تمامی زیرمعیارها داشت. خلاصه نتایج هر سه مرحله دلفی فازی در قالب جدول ۴ ارائه شده است. بنابراین عوامل مؤثر بر چالش ناترازی انرژی با استفاده از مرور ادبیات موضوعی در قالب ۹ معیار اصلی و ۳۸ زیرمعیار طبقه‌بندی شدند.

جدول ۴. نتایج مرحله اول تا سوم دلفی فازی

معیار اصلی	زیرمعیار	میانگین غیرفازی دور اول	میانگین غیرفازی دور دوم	میانگین غیرفازی دور سوم	وضعیت نهایی
C1 سیاست‌ها و قوانین (ماکی و موسلی، ۲۰۲۰) (کاراسماناکی و	۱) مقررات و سیاست‌های مناسب	۰.۸۳۳	۰.۸۱۸	-	تأیید
	۲) یارانه‌ها و مشوق‌ها	۰.۷۵۰	۰.۸۱۱	-	تأیید
	۳) پشتیبانی قانونی	۰.۶۸۲	-	-	رد
	۴) هماهنگی و انسجام نهادی	۰.۷۹۵	۰.۸۲۶	-	تأیید

معیار اصلی	زیرمعیار	میانگین غیرفازی دور اول	میانگین غیرفازی دور دوم	میانگین غیرفازی دور سوم	وضعیت نهایی
دیگران، ۲۰۲۳) (کاریتزاس و تئودوروپولو، ۲۰۲۲) (شکیل و دیگران، ۲۰۲۳)	۵) اثربخشی سیاست‌ها	۰.۶۰۶	۰.۶۰۶	-	رد
C2 استانداردسازی (زارع‌زاده، مجید؛ خوارزمی، سمیه، ۱۳۹۲) (سیمیونسکو، بیلان و همکاران، ۲۰۱۹)	۶) بازرسی معیار مصرف انرژی	۰.۷۸۸	۰.۸۳۳	-	تأیید
	۷) تدوین استانداردهای مصرف و تولید	۰.۷۶۵	۰.۸۱۸	-	تأیید
	۸) اجرای استاندارد	۰.۸۴۱	۰.۷۵۸	-	تأیید
	۹) هم‌راستایی با استاندارد بین‌المللی	۰.۵۴۵	-	-	رد
C3 عوامل اجتماعی و نهادهای خصوصی (حافظی و رحیمی‌راد، ۱۴۰۳) (کیلی، کوماتسوبارا و ماناگی، ۲۰۲۲) (شکیل و دیگران، ۲۰۲۳) (کاریتساس و تئودوروپولو، ۲۰۲۲) (راتنر و دیگران، ۲۰۲۲)	۱۰) آگاهی، نگرش، باورها و انگیزه‌ها	۰.۷۵۸	۰.۸۷۱	۰.۹۰۲	تأیید
	۱۱) اعتماد عمومی	۰.۷۷۳	۰.۸۸۶	۰.۹۰۲	تأیید
	۱۲) ظرفیت و کارآمدی نهادی	۰.۶۲۹	۰.۶۲۹	-	رد
	۱۳) آموزش و اطلاع‌رسانی	۰.۵۶۸	۰.۵۶۸	-	رد
	۱۴) الگوی رفتاری مصرف	۰.۸۳۳	۰.۸۴۸	-	تأیید
	۱۵) جمعیت‌شناختی و جغرافیایی	۰.۷۲۷	۰.۸۳۳	۰.۸۵۶	تأیید
	۱۶) همکاری بین‌بخشی	۰.۵۹۸	۰.۵۹۸	-	رد
	۱۷) مشارکت ذی‌نفعان ازجمله نظام مهندسی، تعاونی‌ها، شرکت بازرسی	۰.۷۳۵	۰.۸۴۱	۰.۸۵۶	تأیید
C4 پایش عملکرد انرژی (شهبازی، کیومرث؛ صمدحکمتی، فرید؛ رضایی، هادی، ۱۳۹۴) (عرب، قاسم،۱۳۹۹)	۱۸) زیرساخت‌های پایش و اندازه‌گیری	۰.۷۵۸	۰.۷۷۳	-	تأیید
	۱۹) پوشش کامل عملکرد	۰.۷۴۲	۰.۸۲۶	-	تأیید
	۲۰) دقت و صحت داده‌ها	۰.۷۲۷	۰.۸۴۱	۰.۸۵۶	تأیید
	۲۱) تدوین شاخص‌های کلیدی عملکرد	۰.۶۸۲	۰.۶۸۲	-	رد
	۲۲) یکپارچگی داده‌ها و	۰.۴۸۵	۰.۴۸۵	-	رد

معیار اصلی	زیرمعیار	میانگین غیرفازی دور اول	میانگین غیرفازی دور دوم	میانگین غیرفازی دور سوم	وضعیت نهایی
(مجاتی و همکاران، ۲۰۲۳)	اطلاعات				
	۲۳) بازخورد سریع عملکرد	۰.۷۵۸	۰.۸۲۶	-	تأیید
C5 آموزش و فرهنگ‌سازی (سینگ و دوزدار، ۲۰۲۴) (ادیب، مولا و دیگران، ۱۳۹۷) (ترکاشوندی، رنجدوست و دیگران، ۱۴۰۲) (سمیرا بهرامی، ۱۳۹۸)	۲۴) آموزش گسترده عمومی مردم	۰.۷۰۵	۰.۸۴۸	۰.۸۵۶	تأیید
	۲۵) آموزش رسانه‌ها، مدارس و ...	۰.۵۹۱	۰.۵۹۱	-	رد
	۲۶) محتوا و پیام‌های آموزشی	۰.۷۱۲	۰.۸۵۶	۰.۸۸۶	تأیید
	۲۷) روش‌ها و ابزارهای آموزشی	۰.۷۱۲	۰.۸۴۱	۰.۸۵۶	تأیید
	۲۸) اثربخشی آموزش	۰.۷۳۵	۰.۷۵۸	-	تأیید
	۲۹) سطح دسترسی و فراگیری	۰.۷۲۷	۰.۷۶۵	-	تأیید
	۳۰) گسترش رشته‌های تخصصی	۰.۵۳۸	۰.۵۳۸	-	رد
	۳۱) ترویج الگوی مصرف	۰.۴۰۹	۰.۴۰۹	-	رد
C6 عوامل زیست‌محیطی (کالکبرنر و روزن، ۲۰۱۶) (کاریتزاس و تئودوروپولو، ۲۰۲۲) (کاراسماناکی و تسانتوپولوس، ۲۰۲۳) (کیلی، کوماتسوبارا و ماناگی، ۲۰۲۲)	۳۲) قوانین زیست‌محیطی	۰.۷۲۰	۰.۸۵۶	۰.۸۸۶	تأیید
	۳۳) اثرات زیست‌محیطی	۰.۷۴۲	۰.۷۵۸	-	تأیید
	۳۴) کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰.۳۴۱	۰.۳۴۱	-	رد
	۳۵) ظرفیت بوم‌شناختی منابع تجدیدپذیر	۰.۷۵۸	۰.۸۲۶	-	تأیید
C7 فرایندهای سازمان و مدیریت (آلاسری و دیگران، ۲۰۱۷) (یدال سانتو و همکاران، ۲۰۲۳)	۳۶) تعهد مدیر ارشد به الگوی مصرف	۰.۷۸۸	۰.۸۴۱	-	تأیید
	۳۷) برنامه‌ریزی و خط‌مشی‌گذاری	۰.۷۹۵	۰.۷۸۸	-	تأیید
	۳۸) مشارکت همه کارکنان	۰.۷۳۵	۰.۷۵۰	-	تأیید
	۳۹) ساختار سازمان و تفویض	۰.۵۳۸	۰.۵۳۸	-	رد

معیار اصلی	زیرمعیار	میانگین غیرفازی دور اول	میانگین غیرفازی دور دوم	میانگین غیرفازی دور سوم	وضعیت نهایی
	اختیار				
	۴۰) پشتیبانی نهادی و ابزارها	۰.۷۸۸	۰.۸۵۶	-	تأیید
	۴۱) نظام مدیریت انرژی	۰.۸۵۶	۰.۷۸۸	-	تأیید
C8 نوآوری و فناوری‌های هوشمند (مکی و موسلی، ۲۰۲۰، شکیل و دیگران، ۲۰۲۳) (کاردونی، یوسف و کاری، ۲۰۱۶)	۴۲) بومی‌سازی صنعت تولید	۰.۷۷۳	۰.۷۸۸	-	تأیید
	۴۳) در دسترس بودن فناوری	۰.۷۲۷	۰.۸۷۱	۰.۸۷۱	تأیید
	۴۴) بهینه‌سازی مصرف انرژی	۰.۶۵۹	۰.۶۵۹	-	رد
	۴۵) طراحی تجهیزات	۰.۶۳۶	۰.۶۳۶	-	رد
	۴۶) قابلیت اطمینان و امنیت	۰.۷۱۲	۰.۷۹۵	-	تأیید
	۴۷) سهولت در استفاده	۰.۷۰۵	۰.۸۵۶	۰.۸۷۱	تأیید
	۴۸) فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر	۰.۷۱۲	۰.۷۷۳	-	تأیید
C9 عوامل اقتصادی (پاپی، اسمیک و فرودیما، ۲۰۱۸) (سیمیونسکو و دیگران، ۲۰۱۹) (تودور و سوا، ۲۰۲۱) (احمد و دیگران، ۲۰۱۱) (مورنو، لوپز و گارسیا آلوارز، ۲۰۱۲) (ویروستکوا، لومنیتزر ویهوروا، ۲۰۲۴)	۴۹) قیمت انرژی در کشور	۰.۷۲۰	۰.۷۶۵	-	تأیید
	۵۰) نرخ تورم	۰.۷۵۸	۰.۷۲۷	-	تأیید
	۵۱) سرانه تولید و مصرف	۰.۸۱۸	۰.۸۴۱	-	تأیید
	۵۲) هزینه‌های سرمایه‌گذاری	۰.۸۱۱	۰.۷۲۷	-	تأیید
	۵۳) ریسک و عدم‌قطعیت	۰.۸۴۸	۰.۷۲۰	۰.۷۶۵	تأیید
	۵۴) هزینه‌های نظارت و پایش عملکرد	۰.۶۲۹	۰.۶۲۹	-	رد

مرحله ۲. تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری

در این مرحله، از ۱۵ نفر از خبرگان پژوهش درخواست شد تا نوع روابط میان معیارها را با استفاده از طیف چهارتایی (V، O، A، X) و شدت این روابط را نیز بر اساس طیف لیکرت پنج‌تایی و با درجات مختلفی از تأثیرگذاری «خیلی زیاد» (VH) تا «خیلی کم» (VL) با ترکیب با نمادهای (VL، L، M،

H، VH) تعیین کنند (یاداو و سینگ[1]، ۲۰۲۱). پس از گردآوری داده‌ها، فرایند تجمیع نظرات خبرگان برای تشکیل ماتریس تعاملی ساختاری بر اساس روش مد[2] انجام شده است. بدین ترتیب که هر یک از ۱۵ خبره، روابط زوجی میان عوامل را در قالب ماتریس خوداظهاری[3] مشخص کردند، برای هر خانه از ماتریس، پاسخ‌های ۱۵ خبره با یکدیگر مقایسه شده و پُرتکرارترین پاسخ (مد) به‌عنوان نماینده اجماع در نظر گرفته شد. این رویکرد به دلیل سادگی محاسباتی و توانایی آن در حفظ نظر اکثریت خبرگان در تصمیم‌گیری گروهی توصیه شده است (هوگان و بروم[4]، ۲۰۲۴). برای نمونه، در ماتریس خودتعاملی ساختاری، رابطه بین دو شاخص (C5) و (C2) توسط ۱۵ نفر خبره ارزیابی شد. درنتیجه، گزینه A(H) یعنی تأثیر (C5) بر (C2)که بیشترین تکرار را داشت (مد پاسخ‌ها)، به‌عنوان نظر اجماع خبرگان انتخاب شد و در ماتریس خودتعاملی ساختاری اجماع‌شده، رابطه بین (C5)و (C2) عبارت A(H) درج شد. این فرایند برای تمامی زوج شاخص‌ها تکرار شد و بدین ترتیب ماتریس نهایی بر پایه مد نظرات خبرگان تشکیل شد. نتایج حاصل در جدول ۵ ارائه‌شده است که در آن، نوع نهایی رابطه و شدت نهایی ارتباط میان معیارها مشخص شده است.

جدول ۵. ماتریس خودتعاملی ساختاری

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1		V(VH)	V(H)	V(H)	V(VH)	V(VH)	V(L)	V(VH)	V(H)
C2			V(H)	V(VH)	A(H)	X(VH,L)	V(H)	A(L)	V(L)
C3				O(NO)	A(H)	X(H,H)	O(NO)	A(H)	O(NO)
C4					O(NO)	V(H)	A(L)	A(L)	A(H)
C5						O(NO)	A(VH)	O(NO)	V(L)
C6							A(L)	O(NO)	A(H)
C7								A(L)	A(L)
C8									A(H)
C9									

(C1)سیاست‌ها و قوانین- (C2)استانداردسازی- (C3) عوامل اجتماعی و نهادهای خصوصی- (C4) پایش عملکرد انرژی- (C5) آموزش و فرهنگ‌سازی – (C6) عوامل زیست‌محیطی- (C7) فرایندهای سازمان و مدیریت (C8) نوآوری و فناوری‌های هوشمند- (C9) عوامل اقتصادی

1. Yadav, S., & Singh, S. P.
2. Mode
3.Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)
4. Hogan, Michael and Benjamin Broome.

تشکیل ماتریس شدت روابط

در ماتریس خودتعاملی ساختاری[1]، نوع رابطه تعیین‌کننده نحوه جانمایی مقادیر در ماتریس شدت روابط است. بدین ترتیب در خانه‌هایی که رابطه وی گزارش می‌شود، مقدار شدت تأثیر در بالای قطر اصلی قرار می‌گیرد و در مقابلِ آن خانه زیر قطر اصلی مقدار ان اُ درج می‌شود. در روابط آ، وضعیت برعکس است؛ یعنی در بالای قطر اصلی مقدار ان اُ قرار گرفته و شدت در زیر قطر اصلی ثبت می‌شود. در حالتی که نوع رابطه ایکس باشد، به دلیل تأثیر دوسویه، شدت تأثیر در هر دو سمت قطر اصلی وارد می‌شود. همچنین چنانچه رابطه اُ گزارش شود، به‌معنای نبود ارتباط است و بنابراین در هر دو محل متناظر، مقدار ان اُ درج می‌شود. به این ترتیب ماتریس شدت روابط برای همه معیارها، چه در بالا و چه در پایین قطر اصلی مطابق جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶. ماتریس شدت روابط

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	-	VH	H	H	VH	VH	L	VH	H
C2	NO	-	H	VH	NO	VH	H	NO	L
C3	NO	NO	-	NO	NO	H	NO	NO	NO
C4	NO	NO	NO	-	NO	H	NO	NO	NO
C5	NO	H	H	NO	-	NO	NO	NO	L
C6	NO	L	H	NO	NO	-	NO	NO	NO
C7	NO	NO	NO	L	VH	L	-	NO	NO
C8	NO	L	H	L	NO	NO	L	-	NO
C9	NO	NO	NO	H	NO	H	L	H	-

مرحله ۳. تشکیل ماتریس دستیابی اولیه

در این مرحله در ماتریس شدت روابط، هر کجا H و VH باشد، عدد ۱، درغیراین‌صورت عدد صفر قرار داده می‌شود که نتایج تحت عنوان ماتریس دستیابی اولیه در جدول ۷ ارائه شده است.

1 . Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)

جدول ۷. ماتریس دستیابی اولیه

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱
C2	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰
C3	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
C4	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
C5	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C6	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C7	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
C8	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C9	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰

مرحله ۴. تشکیل ماتریس دستیابی سازگارشده

پس از اینکه ماتریس اولیه دستیابی به‌دست آمد، لازم است سازگاری درونی روابط میان متغیرها بررسی و برقرار شود. بر اساس قاعده تعدی، اگر (C1) به متغیر (C2) منجر شود و متغیر (C2) به متغیر (C3) منجر شود، درنتیجه باید متغیر (C1) نیز به صورت غیرمستقیم به متغیر (C3) اثرگذار باشد. اگر در ماتریس دسترسی این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح شود و روابط این‌چنینی ایجاد شوند. در عمل ایجاد این سازگاری از طریق قاعده تعدی[1] و گسترش مسیرهای ارتباطی چندمرحله‌ای انجام می‌شود. به بیان ریاضی اگر R ماتریس دستیابی اولیه باشد، روابط غیرمستقیم میان متغیرها از طریق ضرب ماتریسی به‌دست می‌آیند:

$$R^2 = R \times R$$ رابطه (۴)

درصورتی‌که روابط سه مرحله‌ای یا بیشتر بین متغیرها وجود داشته باشد، توان‌های بالاتری از ماتریس نیز محاسبه می‌شود:

$$R^3 = R \times R \times R$$ رابطه (۵)

و این فرایند تا زمانی ادامه می‌یابد که ساختار ماتریس به حالت پایدار برسد و تساوی زیر برقرار شود:

1.Transitivity Rule

رابطه (۶)
$$R^n = R^{n-1}$$

اکنون تمام روابط مستقیم و غیرمستقیم میان متغیرها شناسایی‌شده‌اند. سپس با ترکیب تمامی ماتریس‌های حاصل از توان‌های مختلف با عمل جمع از نوع جمع بولی، ماتریس دستیابی نهایی[1] به‌دست می‌آید. جمع بولی به این معناست که اگر در هر یک از ماتریس‌ها مقدار خانه‌ای برابر ۱ باشد، خروجی نیز ۱ در نظر گرفته می‌شود.

رابطه (۷)
$$R^* = R + R^2 + R^3 + \cdots$$

به‌این‌ترتیب، روابط جدیدی که در اثر قاعده تعدی میان متغیرها ایجادشده‌اند، به ماتریس اولیه افزوده می‌شوند. در جدول ۸ سلول‌های که با ۱* نشان داده شد، روابطی هستند که از طریق برنامه اکسل و توسط ضرب ماتریسی در ماتریس سازگارشده ایجادشده‌اند.

جدول ۸. ماتریس دستیابی اولیه سازگارشده

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱
C2	۰	۱	۱	۱	۱*	۱	۱	۰	۰
C3	۰	۰	۱	۱*	۰	۱	۰	۰	۰
C4	۰	۰	۱*	۱	۰	۱	۰	۰	۰
C5	۰	۱	۱	۱*	۱	۱*	۱*	۰	۰
C6	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰
C7	۰	۱*	۱*	۰	۱	۰	۱	۰	۰
C8	۰	۰	۱	۰	۰	۱*	۰	۱	۰
C9	۰	۰	۱*	۱	۰	۱	۰	۱	۱

مرحله ۵. تعیین سطوح عوامل

در این مرحله مجموعه معیارهای ورودی (پیش‌نیاز) و خروجی (دستیابی) برای هر معیار را محاسبه می‌کنیم و سپس عوامل مشترک را نیز مشخص می‌کنیم. در این گام، معیاری دارای بالاترین سطح است که مجموعه خروجی

1. Final Reachability Matrix

(دستیابی) آن با مجموعه مشترک برابر باشد. پس از شناسایی این متغیر یا متغیرها، سطر و ستون آنها را از جدول حذف می‌کنیم و عملیات را دوباره بر روی دیگر معیارها تکرار می‌کنیم. خروجی‌ها و ورودی‌ها از ماتریس دستیابی سازگارشده (جدول ۸) استخراج می‌شود. برای این کار، تعداد ۱ ها در هر سطر بیانگر خروجی، و تعداد ۱ ها در ستون برابر ورودی هستند. در جدول ۹، معیارهای سطح ۱ استخراج شده است که شامل معیارهای (C3)، (C4) و (C6) می‌باشد.

جدول ۹. معیارهای سطح ۱

سطح	معیارهای اشتراکی	معیار ورودی	معیار خروجی	نام معیار
	۱	۱	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹	C1
	۲،۵،۷	۱،۲،۵،۷	۲،۳،۴،۵،۶،۷	C2
۱	۳،۴،۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸،۹	۳،۴،۶	C3
۱	۳،۴،۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۹	۳،۴،۶	C4
	۲،۵،۷	۱،۲،۵،۷	۲،۳،۴،۵،۶،۷	C5
۱	۳،۴،۶	۱،۲،۳،۴،۵،۶،۸،۹	۳،۴،۶	C6
	۲،۵،۷	۱،۲،۵،۷	۲،۳،۵،۷	C7
	۸	۱،۸،۹	۳،۶،۸	C8
	۹	۱،۹	۳،۴،۶،۸،۹	C9

حال برای تعیین معیارهای سطح دوم، کافی است سطر و ستون این معیارهای سطح اول را از ماتریس دستیابی سازگارشده حذف نمود و دوباره محاسبات تعیین خروجی و ورودی را انجام دهیم. در جدول ۱۰، معیارهای سطح ۲ استخراج شده‌اند که شامل معیارهای (C2)، (C5)، (C7) و (C8) است.

جدول ۱۰. معیارهای سطح ۲

سطح	معیارهای اشتراکی	معیار ورودی	معیار خروجی	نام معیار
	۱	۱	۱،۲،۵،۷،۸،۹	C1
۲	۲،۵،۷	۱،۲،۵،۷	۲،۵،۷	C2
۲	۲،۵،۷	۱،۲،۵،۷	۲،۵،۷	C5
۲	۲،۵،۷	۱،۲،۵،۷	۲،۵،۷	C7
۲	۸	۱،۸،۹	۸	C8
	۹	۱،۹	۸،۹	C9

حال برای تعیین معیارهای سطح سوم و چهارم باید سطر و ستون معیارهای قبلی را از ماتریس دستیابی سازگارشده (جدول ۸) حذف نمود و دوباره محاسبات تعیین خروجی و ورودی را انجام داد که نتایج در جدول ۱۱ ارائه شده است.

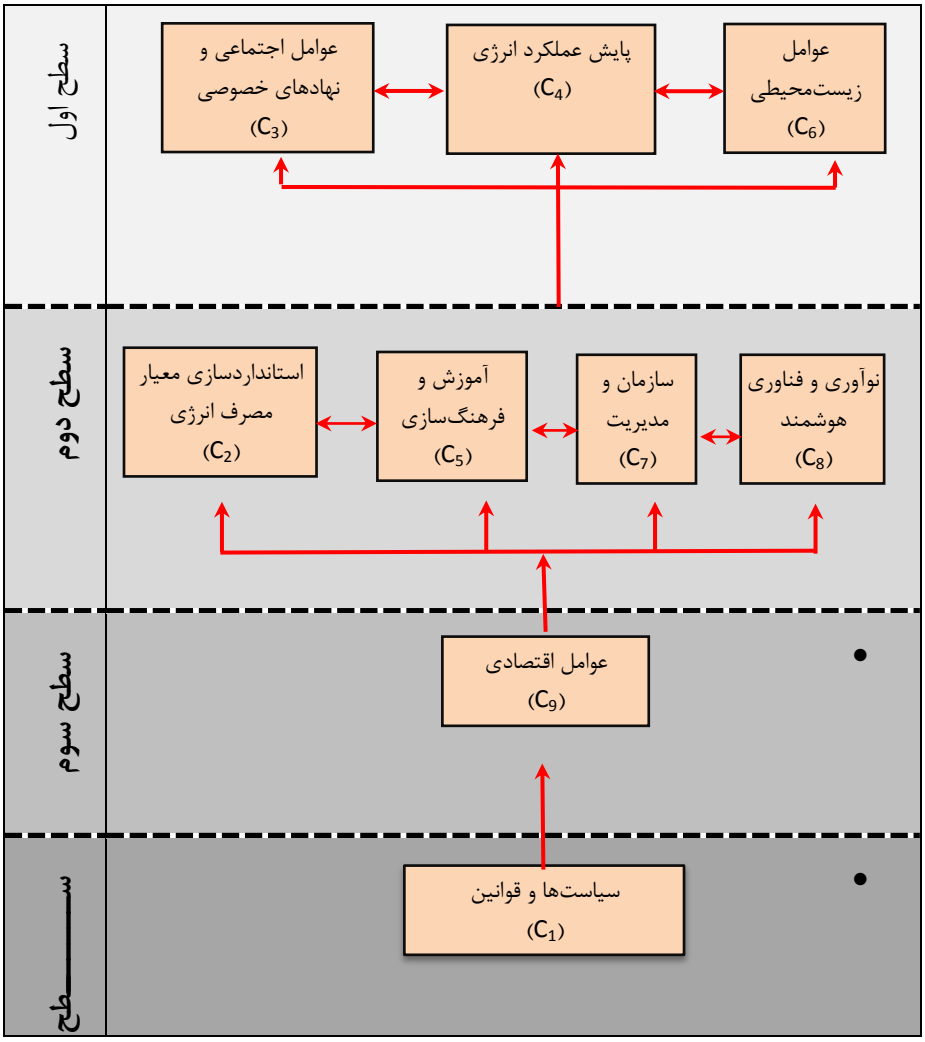
جدول ۱۱. معیارهای سطح ۳ و ۴

سطح	معیارهای اشتراکی	معیار ورودی	معیار خروجی	نام معیار
۴	۱	۱	۱،۹	C1
۳	۹	۱،۹	۹	C9

مرحله ۶. ترسیم الگو

اکنون با استفاده از سطوح به‌دست‌آمده، شبکه تعاملات مطابق شکل ۳ رسم می‌شود. در الگوسازی ساختاری-تفسیری، متغیرها برحسب سطح آنها از بالا به پایین تنظیم می‌شوند و هر چه از سطوح بالایی به سمت سطوح پایین‌تر حرکت می‌کنیم، از میزان تأثیرپذیری شاخص‌ها کاسته و بر میزان تأثیرگذاری آنها افزوده می‌شود (سپهوند، سلگی و اکبری، ۱۳۹۷). نمودار نهایی ایجادشده که با حذف حالت‌های تعدی و نیز با استفاده از بخش‌بندی سطوح به‌دست‌آمده است، نشان می‌دهد که الگوی پژوهش شامل چهار سطح است. سطح چهارم که شامل معیار سیاست‌ها و قوانین (C1) است، تأثیرگذارترین سطح می‌باشد، بنابراین سیاست‌ها و قوانین به‌عنوان سنگ زیربنای الگوی ساختاری است. این معیار به صورت مستقیم بر معیار سطح سوم یعنی عوامل اقتصادی (C9) تأثیر می‌گذارد و بستر و چارچوب سطوح بالاتر را تعیین می‌کند. این تأثیرگذاری به صورت سلسله‌مراتب از پایین به بالاست، به‌طوری‌که سه معیار (C3)، (C4) و (C6) که در سطح اول‌اند، تأثیرپذیرترین معیارهاست.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۳ (۵۳) / پاییز ۱۴۰۴



شکل ۳. الگوی ساختاری-تفسیری پژوهش

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۳ (۵۳) / پاییز ۱۴۰۴

تحلیل میک‌مک فازی

در این بخش ابتدا بر اساس ماتریس شدت روابط، ماتریس میک‌مک فازی تشکیل می‌شود. جمع اعداد هر سطر این ماتریس، میزان نفوذ و جمع اعداد هر ستون، میزان وابستگی را نشان می‌دهد. سپس بر اساس روابط ریاضی غیرفازی می‌شوند که نتایج در جدول ۱۲ و ۱۳ تبیین شده است. برای نمونه میزان نفوذ معیار (C1) برابر با (۵.۷۵,۷.۷۵,۸.۷۵) است که مراحل غیرفازی‌سازی آن به شرح زیر می‌باشد (ختوانی و همکاران، ۲۰۱۸).

$$L = \min(l_k) = 1.5 \quad R = \min(u_k) = 8.75 \quad \Delta = R - L = 8.75 - 1.5 = 7.25$$

برای معیار (C1) مقادیر x_{l1}، x_{m1} و x_{u1} بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$x_{l1} = \frac{(l_1 - L)}{\Delta} = \frac{5.75 - 1.5}{7.25} = 0.586 x_{m1} = \frac{(m_1 - L)}{\Delta} = \frac{7.75 - 1.5}{7.25} = 0.862$$

$$x_{u1} = \frac{(u_1 - L)}{\Delta} = \frac{8.75 - 1.5}{7.25} = 1$$

امتیاز چپ (ls) و امتیاز راست (rs) توسط روابط زیر محاسبه می‌شوند.

$$x_1^{ls} = \frac{x_{m1}}{(1 + x_{m1} - x_{l1})} = \frac{0.862}{1 + 0.862 - 0.586} = 0.676$$

$$x_1^{rs} = \frac{x_{u1}}{(1 + x_{u1} - x_{m1})} = \frac{1}{1 + 1 - 0.862} = 0.879$$

اکنون مقدار قطعی‌شده نرمال کل از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$x_1^{crisp} = \frac{[x_1^{ls} \times (1 - x_1^{ls}) + x_1^{rs} \times x_1^{rs}]}{[1 - x_1^{ls} + x_1^{rs}]} = \frac{[0.676 \times (1 - 0.676) + 0.879 * 0.879]}{1 - 0.676 + 0.879} = 0.824$$

در گام آخر مقدار قطعی‌شده برای معیار (C1) از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$B_1^{crisp} = L + x_1^{crisp} \times \Delta = 1.5 + 0.824 \times 7.25 = 7.474$$

جدول ۱۲. ماتریس میک‌مک فازی

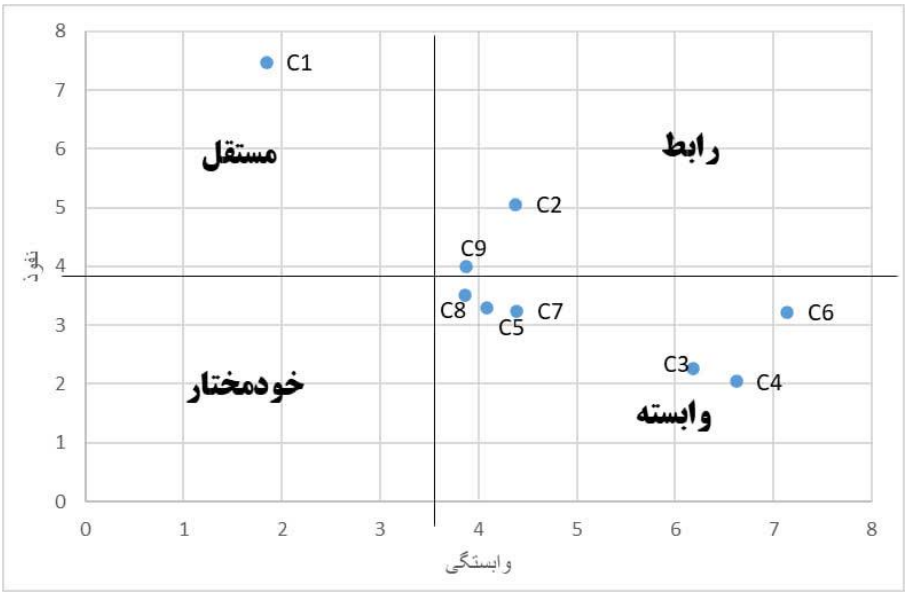
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	(۱,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)
C2	(۰.۷۵,۱,۱)	(۱,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)	(۰,۰,۰.۲۵)
C3	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۱,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)
C4	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۱,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)
C5	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۱,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)
C6	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۱,۱,۱)	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)
C7	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۱,۱,۱)	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)
C8	(۰.۷۵,۱,۱)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۱,۱,۱)	(۰.۵,۰.۷۵,۱)
C9	(۰.۵,۰.۷۵,۱)	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۰,۰,۰.۲۵)	(۱,۱,۱)

جدول ۱۳. ماتریس میک‌مک فازی

	میزان نفوذ (فازی)	وابستگی (فازی)	میزان نفوذ (غیرفازی)	وابستگی (غیرفازی)
C1	(۵.۷۵,۷.۷۵,۸.۷۵)	(۱,۱,۳)	۷.۴۷۴	۱.۸۴۳
C2	(۳.۷۵,۵,۶.۵)	(۲.۵,۳.۲۵,۵)	۵.۰۵۶	۴.۳۸۰
C3	(۱.۷۵,۲,۳.۷۵)	(۳.۷۵,۵,۶.۷۵)	۲.۲۶۴	۶.۱۸۲
C4	(۱.۵,۱.۷۵,۳.۷۵)	(۴,۵.۵,۷)	۲.۰۴۸	۶.۶۲۰
C5	(۲.۲۵,۳,۵)	(۲.۵,۳,۴.۵)	۳.۲۹۹	۴.۰۸۸
C6	(۲.۵,۳,۴.۵)	(۴.۵,۶,۷.۲۵)	۳.۲۲۶	۷.۱۳۴
C7	(۲.۲۵,۳,۴.۷۵)	(۲.۲۵,۳.۲۵,۵.۲۵)	۳.۲۴۷	۴.۳۸۵
C8	(۲.۲۵,۳.۲۵,۵.۲۵)	(۲.۲۵,۲.۷۵,۴.۵)	۳.۵۱۴	۳.۸۵۹
C9	(۲.۷۵,۳.۷۵,۵.۷۵)	(۲,۲.۷۵,۴.۷۵)	۴.۰۰۱	۳.۸۷۲

اکنون بر اساس مقادیر نفوذ و وابستگی استخراج‌شده، نقشه روابط متقابل معیارها در قالب نمودار ۴ ترسیم می‌شود. بر این اساس، معیارهای (C3)، (C4)، (C5)، (C6)، (C7) و (C8) از نوع وابسته هستند. این متغیرها دارای وابستگی بالا و قدرت هدایت پایین هستند، به‌عبارتی بیش از آنکه بر سایر متغیرها اثرگذار باشند، از تغییرات آنها تأثیر می‌پذیرند. در عمل، چنین متغیرهایی را می‌توان به‌منزله خروجی‌های نهایی یا پیامدهای سیستم در نظر گرفت. بنابراین، سیاست‌گذاران نمی‌توانند به‌طور مستقیم این عوامل را کنترل کنند، بلکه باید با مدیریت و اصلاح متغیرهای علّی و مستقل، به‌طور غیرمستقیم بر وضعیت این شاخص‌ها اثر بگذارند. برای نمونه، بهبود معیارهای وابسته مانند «عوامل زیست‌محیطی»، «عوامل اجتماعی» و «پایش عملکرد انرژی» از طریق تقویت سیاست‌های استانداردسازی و عوامل اقتصادی امکان‌پذیر خواهد بود.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۳ (۵۳) / پاییز ۱۴۰۴



شکل ۴. ماتریس قدرت نفوذ- وابستگی

معیارهای (C2) و (C9)در ناحیه عوامل رابط قرارگرفته‌اند. این متغیرها هم دارای قدرت نفوذ بالا و هم وابستگی زیاد هستند؛ به‌بیان‌دیگر، هرگونه تغییر در آنها می‌تواند واکنش‌های زنجیره‌ای در سیستم ایجاد کند. بنابراین، سیاست‌گذاران باید در برخورد با این شاخص‌ها، احتیاط بیشتری به خرج دهند و از سیاست‌های تدریجی، هماهنگ و مبتنی‌بر بازخورد استفاده کنند. برای نمونه، اگر (C9) «عوامل اقتصادی» و (C2) «استانداردسازی مصرف انرژی» باشند، تغییرات تدریجی در این حوزه‌ها هم‌زمان موجب تقویت نوآوری و فناوری هوشمند، آموزش و فرهنگ‌سازی، فرایندهای سازمان و مدیریت و سایر عوامل در حل چالش ناترازی انرژی می‌شود. ازاین‌رو، مدیریت تدریجی و مشارکتی این متغیرها، همراه با ارزیابی مستمر استانداردسازی و عوامل اقتصادی ضروری است.

درنهایت معیار سیاست‌ها و قوانین (C1) در ناحیه مستقل‌ها جای گرفته است. این جایگاه نشان‌دهنده قدرت نفوذ بالا و وابستگی پایین این متغیر در ساختار روابط میان معیارهاست. بدین معنا که سیاست‌ها و قوانین، نقش

محرک و جهت‌ساز در کل نظام مدیریت انرژی دارند و تغییر در آنها می‌تواند زنجیره‌ای از واکنش‌ها را در سایر مؤلفه‌های سیستم به وجود آورد. در عمل، سیاست‌گذاری صحیح و اصلاح قوانین موجود می‌تواند بنیان اصلی حل چالش ناترازی انرژی در کشور باشد و بستر نهادی لازم برای شکل‌گیری سایر اجزای سیستم را فراهم می‌کنند. ازجمله، اصلاح عوامل اقتصادی مرتبط با انرژی و سیاست‌گذاری در حوزه تشکیل بازار انرژی که در آن عرضه و تقاضا بر اساس کارایی و قیمت واقعی تنظیم می‌شود و همچنین تعرفه‌ها، یارانه‌ها و مشوق‌های مالیاتی می‌توانند رفتار مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان را در راستای بهینه‌سازی و سرمایه‌گذاری فناوری‌های نوین هدایت کند.

بحث و نتیجه‌گیری

مصرف انرژی ایران در چند دهه اخیر همواره رو به رشد بوده است. اگرچه به‌طور مستقل این افزایش نباید به‌عنوان یک رویکرد منفی تلقی شود، چراکه یکی از شاخص‌های توسعه اقتصادی یک کشور توسعه‌یافته، را می‌توان افزایش میزان مصرف انرژی آن کشور در نظر گرفت. اما نکته‌ای که باید در کنار آن مدنظر قرار گیرد، میزان ارزش‌افزوده ناشی از مصرف انرژی است. در ده سال اخیر، میزان مصرف انرژی نهایی در کشور رشد بیشتری نسبت به تولید ناخالص داخلی تجربه کرده است (صابری، نیک‌خواه‌نسب و ظفریان، ۱۴۰۳). پژوهشگران در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی پیرامون بهینه‌سازی انرژی انجام داده‌اند. هر یک از این تحقیق‌ها به‌نوبه‌خود، موجب معرفی روش‌های کمی و کیفی شاخص‌های انرژی شده‌اند. اساساً در مصرف انرژی، توجه همزمان به انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر، برای رسیدن به حل چالش ناترازی انرژی ضروری است. در پژوهش اخیر حافظی و رحیمی‌راد به نقش مشارکت اجتماعی و عوامل مؤثر بر آن، در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای ناترازی انرژی پرداختند. در این پژوهش کیفی که مبتنی‌بر پدیدارشناسی انجام شد، به پذیرش اجتماعی، به‌عنوان یک مقوله مهم در کاهش اختلاف بین عرضه

و تقاضای انرژی، به‌ویژه در بخش برق خانگی در ایران اشاره شده‌است. اما الگوی ساختاری از عوامل مهم ارائه نشده است (حافظی و رحیمی‌راد، ۱۴۰۳).

مطالعات دیگری مانند مرادی و همکاران (۱۴۰۱)، جعفری و اسفندیاری (۱۳۹۹)، ضرغامی و ذاکری (۱۳۹۶)، دوزدار و سینجر (۲۰۲۴)، گادزیک و همکاران (۲۰۲۳)، ژیانگ و شی (۲۰۲۳) و وو و همکاران (۲۰۲۲) هرکدام به بخشی از عوامل مصرف انرژی مثلاً بهره‌وری انرژی، تأسیسات و طراحی ساختمان‌ها، رابطه انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر با بهره‌وری انرژی، پرداخته و شواهدی از کشورهای مختلف ارائه کرده‌اند، ولی به برخی از جنبه‌های مهم معیار مصرف انرژی نپرداخته‌اند. بررسی‌ها در ادبیات تحقیق نشان می‌دهد که یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش‌های گذشته در یک راستا می‌باشد، اما در تحقیقات گذشته تاکنون به الگوی ساختاری عوامل مصرف انرژی و تحلیل میک‌مک آنها با درنظرگرفتن استانداردسازی معیار مصرف انرژی، کمتر پرداخته‌شده است.

در این پژوهش پس از مرور موضوعی ادبیات، ۹ شاخص اصلی با رویکرد حل ناترازی انرژی با تبیین نقش استانداردسازی استخراج شدند. نتایج تکنیک الگوسازی ساختاری تفسیری نشان داد که سه عامل: «پایش عملکرد انرژی»، «عوامل زیست‌محیطی» و «عوامل اجتماعی و نهادهای خصوصی» در لایه بالایی الگو قرار گرفتند که از عوامل لایه‌های پایین تأثیر می‌پذیرند و البته بر یکدیگر نیز تأثیرگذارند. به‌عبارتی برای حل چالش ناترازی انرژی بایستی با استفاده از پایش عملکرد انرژی از شاخص زیست‌محیطی و عوامل اجتماعی نیز اطمینان حاصل کرد و بهبود مستمر این عوامل با روش‌های موجود در برنامه‌های حل چالش ناترازی انرژی قرار گیرد.

چهار عامل «سازمان و مدیریت»، «آموزش و فرهنگ‌سازی»، «نوآوری و فناوری هوشمند» و «استانداردسازی» در سطح دوم الگو قرار گرفته و به صورت مستقیم بر عوامل سطح اول تأثیر می‌گذارد، بنابراین بر این نکته تأکید دارد که برای بهبود مصرف انرژی قبل از هرگونه اقدامی، آموزش و فرهنگ‌سازی، بهبود فرایندهای سازمان و استانداردسازی معیار مصرف بایستی

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۴/ شماره ۳ (۵۳) / پاییز ۱۴۰۴

بر اساس الگوها و استانداردهای بین‌المللی و بهره‌گیری از نوآوری و فناوری‌های هوشمند انجام شود. «عوامل اقتصادی» به‌عنوان یک عامل مستقل بوده و در سطح سوم الگو قرارگرفته است، بنابراین بیانگر اهمیت «عوامل اقتصادی» به‌عنوان یک پیش‌شرط اولیه در حل ناترازی انرژی است. به‌عبارتی افزون‌بر بهبود فرایندهای سازمان و مدیریت و استانداردسازی، وجود بازار انرژی از عوامل مهم در حل چالش ناترازی انرژی در کشور می‌باشد. عامل «سیاست‌ها و قوانین» نیز که در پایین‌ترین سطح الگو قرارگرفته است، یک عامل مستقل با هدایت بالا بوده که بر وقوع تمامی عوامل تأثیر می‌گذارد و به‌نوعی بر نقش و جایگاه سیاست‌گذاری و قوانین در کشور به‌عنوان اساس و سنگ زیربنای همه عوامل در مواجهه با مسئله ناترازی انرژی تأکید می‌کند.

در کشور ایران، سیاست‌ها و قوانین مرتبط با حوزه انرژی دربرگیرنده مجموعه‌ای از اسناد بالادستی، قوانین مصوب و آیین‌نامه‌های اجرایی هستند که مسیر توسعه و مدیریت بهینه بخش‌های مختلف انرژی را تعیین می‌کنند که ازجمله مهم‌ترین آنها سند چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴ به‌عنوان چارچوب کلی توسعه ملی، برنامه هفتم پیشرفت به‌ویژه مواد مرتبط با تولید، بهره‌وری، انرژی و نوآوری، سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی که با هدف گسترش بخش خصوصی و کاهش تصدی‌گری است، قوانین حمایت از تولید دانش‌بنیان و صنایع داخلی، قوانین و آیین‌نامه‌های مربوط به بهینه‌سازی مصرف انرژی (مانند قانون اصلاح الگوی مصرف و آیین‌نامه اجرایی بندهای مربوط به مدیریت انرژی) تدوین‌شده‌اند. ضمن اینکه اسناد بخشی و موضوعی مانند سیاست‌های کلی محیط‌زیست، سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی، سند تحول دولت هوشمند، راهبرد ملی نوآوری و فناوری و قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد نیز وجود دارند.

با وجود تعدد اسناد و قوانین مرتبط با حوزه انرژی، چالش اساسی در ایران، نبود انسجام و یکپارچگی نهادی در سیاست‌گذاری و اجراست. این قوانین و سیاست‌ها عمدتاً به صورت بخشی و در حیطه وظایف دستگاه‌های مختلف تدوین و اجرا می‌شوند. درنتیجه، رویکردی واگرا و غیرهم‌افزا در نظام

سیاست‌گذاری انرژی در ایران شکل‌گرفته است. برای نمونه، استانداردهای ملی معیار مصرف انرژی توسط سازمان ملی استاندارد تدوین‌شده‌اند، اما نهادهای بهره‌بردار مانند شرکت گاز، نظام مهندسی ساختمان، شهرداری ها و سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، الزامی برای اجرای آن در سطح عملیاتی ندارند یا نظارت مؤثری بر حسن اجرای آن وجود ندارد. این وضعیت سبب شده است که سیاست‌ها به صورت بخشی و بدون سازوکار الزام‌آور باقی بمانند. بنابراین به دلیل ضعف در انسجام نهادی، ثبات قانونی و نظارت بر اجرا، کارآمدی قوانین به‌شدت کاهش‌یافته است. اصلاح نظام سیاست‌گذاری از طریق پایش مستمر، شفافیت و مشارکت ذی‌نفعان می‌تواند این عامل مستقل را از یک چارچوب هدایت‌گر بالقوه به یک محرک بالفعل توسعه حکمرانی، سازمانی و صنعتی تبدیل کند.

بنابراین پیشنهاد می‌شود نظام سیاست‌گذاری انرژی کشور با رویکرد یکپارچه‌سازی نهادی بازطراحی شود، به‌گونه‌ای‌که وظایف سیاست‌گذاری، نظارت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در قالب یک ساختار هماهنگ و متمرکز تجمیع شود. از سوی دیگر رعایت استانداردهای معیار مصرف انرژی به سرعت به دستگاه‌های ذی‌ربط برای اجرای عملیاتی آن ابلاغ و بر اجرای آن نظارت شود. چنین رویکردی می‌تواند موجب افزایش کارایی، پاسخگویی و شفافیت در اجرای سیاست‌های انرژی شود.

دستاوردهای این پژوهش که با رویکرد الگوسازی ساختاری تفسیری و با تأکید بر نقش استانداردسازی به‌دست آمد، می‌تواند موردتوجه حکمرانی کشور، پژوهشگران و مدیران بخش دولتی و خصوصی در سطح کشور قرار گیرد و به حل چالش ناترازی انرژی کمک شایانی نماید. برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های مشابهی با سایر تکنیک‌های کیفی نیز انجام و با یافته‌های این تحقیق مقایسه شود. همچنین می‌توان برای الگوسازی از سایر تکنیک‌های کمی مانند دیمتل، فرایند تحلیل شبکه و تحلیل اهمیت- عملکرد بهره‌گیری کرد. روش‌های اندازه‌گیری هر یک از عوامل نیز می‌تواند به‌عنوان پژوهش‌های جداگانه توسط پژوهشگران انجام شود.

منابع و مراجع

حیرانی، حسین، و قمشه، فاطمه(۱۴۰۳). تحلیل انسجام سیاست‌ها و مقررات حوزه انرژی کشور. نشریه مطالعات راهبردی *سیاستگذاری عمومی*، *۱۴(۵۲)*. doi: 10.22034/sspp.2024.2036284.3685

حافظی، رضا، و رحیمی‌راد، زهره(۱۴۰۳). مشارکت اجتماعی و نقش آن در حل چالش ناترازی انرژی. مطالعات راهبردی *سیاستگذاری عمومی*، (۵۲)۱۴. https://doi.org/10.22034/sspp.2024.2036820.3688

شهبازی، کیومرث، صمدحکمتی، فرید، و رضایی، هادی(۱۳۹۴). بررسی تأثیر اندازه دولت و حکمرانی خوب برشدت مصرف انرژی. مطالعه موردی کشورهای عضو اوپک. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۲(۴)، ۳۲-۴۸.

صابری، علی، نیک‌خواه نسب، مرتضی، و ظفریان، حبیب اله(۱۴۰۳). آسیب‌شناسی بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط‌زیست و ارائه راهکارها. دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی). *مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*.

زارع‌زاده، مجید، و خوارزمی، سمیه(۱۳۹۲). تأثیر اجباری‌شان استانداردهای تعیین معیار مصرف انرژی در کاهش مصرف سوخت و انرژی در صنایع و کارخانه‌های استان هرمزگان. *فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری وبرنامه ریزی انرژی*. http://epprjournal.ir/article-1-29-fa.html

صابری، علی، و نیکخواه نسب، مرتضی(۱۴۰۲). بررسی لایحه برنامه هفتم توسعه(۱۷). بخش انرژی (۱۹۰۶۴). ماهنامه *گزارش‌های کارشناسی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی*، ۳۱ (۴)، ۱۹۰۶۹.

رضایی نور، جلال و روحانی پور، سید مهدی(۱۳۹۷). آشنایی با مفاهیم عمومی استاندارد و کیفیت، *دانشگاه قم*، قم، ایران.

سلیمیان، زهره، گودرزی راد، رضا، و بداغی، مریم(۱۴۰۰). ظرفیت‌های مدیریت مصرف انرژی در ایران در افق ۱۴۲۰. رویکردمدل‌سازی جامع عرضه و تقاضای انرژی. نشریه *پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، (۲۲)۷. http://epprjournal.ir/article-1-901-fa.html

اسلامی، مسعود و غریبی، محسن(۱۳۹۷). ژئواکونومی نوین انرژی و پیامدهای آن برای امنیت انرژی جهان. فصلنامه *سیاست خارجی*، (۳۲)۲.

- آماده، حمید، توکلیان، حسین، و هدایتی نیا، مهدی(۱۳۹۸). تحلیل پویای جایگزینی بین سوختی در نیروگاه‌های فسیلی منتخب ایران. پژوهشنامه *اقتصاد انرژی ایران*، ۸ (۳۱). doi: 10.22054/jiee.2019.12297

مرادی، مریم، باقی، الهام، صفوی، عادله سادات و اردین، سحر(۱۴۰۱). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مدیریت و بهره‌وری مصرف انرژی. اولین کنفرانس ملی *تحقیقات کاربردی در علوم مدیریت و حسابداری نوین*. البرز. https://civilica.com/doc/1642261

معماری فر، محمد(۱۳۹۹). اهداف و سیاست‌های حوزه انرژی در کشور ژاپن. واحد اندازه‌گیری و صحه‌گذاری. دفتر پژوهش‌های علمی *شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران*.

سپهوند، رضا، سلگی، زهرا، و اکبری پشم، فاطمه(۱۳۹۸). ارزیابی عوامل مؤثر بر شکل‌گیری اینرسی دانشگاهی با استفاده از رویکرد ترکیبی مدل‌سازی ساختاری تفسیری- فازی، نامه آموزش عالی، ۱۲(۴۷)، ۷۷-۵۳.

حمدی سلیمانی، سیده‌مطهره، اشراقی، پگاه، میردامادی، مائده‌سادات، و زمردیان، زهراسادات(۱۴۰۱). بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌های آموزشی نمونه موردی. دانشگاه شهید بهشتی، ۳۲(۳)، ۶۵-۴۹. *doi: 10.52547/sofeh.32.3.49*

ضرغامی، صادق، و ذاکری، محمد(۱۳۹۶). مطالعه تطبیقی راهبردهای کلان انرژی در ایران و کشورهای منتخب. *مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، ۷ (۲۴)*.

امیدی، علی و پورعلی، ایمان(۱۳۹۴). استراتژی امنیت انرژی هند تا سال ۲۰۳۵ و جایگاه جمهوری اسلامی ایران. فصلنامه *مطالعات اقتصاد انرژی*، (۱۰)۴۵. http://iiesj.ir/article-1-667-fa.html

جعفری، سعید، اسفندیاری، مرضیه، و پهلوانی، مصیب(۱۳۹۹). بررسی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید با تأکید بر سرمایه انسانی و انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر. *نشریه سیاست‌گذاری اقتصادی دانشگاه یزد*، (۲۳)۱۲. doi: 10.22034/epj.2020.12612.2013

ابوالحسنی، اصغر، متقی، سمیرا، و فرهادی، احسان(۱۳۹۸). بررسی تحلیلی ارتباط آلودگی محیط زیست و رشد اقتصادی با تأکید بر نقش آموزش. فصلنامه *محیط‌زیست و توسعه پایدار*. (۸)۱، (۸۸۱-۸۰۱). doi: 10.30473/ee.2019.6328

آذر، عادل، عرب نصرت‌آبادی، محمد، نصیر، قاسمی، احمدرضا، نوبخت، محمدباقر، و ندیری، محمد(۱۳۹۹). طراحی مدل تفسیری – ساختاری بهبود محیط کسب‌وکار ایران با تمرکز بر محیط قانونی. *پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی*. ۱۰ (۳)، ۱۴۶-۱۲۵.

آذر، عادل، و خرّمی، امیر(۱۳۹۹). طراحی مدل تاب‌آوری زنجیره‌تأمین صنعت دارو در شرایط بحران با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) نشریه علمی پژوهشی *مدیریت کسب‌وکارهای بین‌المللی*، ۳(۱۰). https://doi.org/10.22034/jiba.2020.11197

قنبری، وحید، و صفایی شکیب، علی(۱۳۹۶). ساختاردهی به مسائل مدیریت کیفیت با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری. *فصلنامه علمی مدیریت استاندارد و کیفیت*، (۷)، ۱-۱۵. https://www.jstandardization.ir/article_ 49251.html .

حیرانی، حسین، باقری‌مقدم، ناصر، و مسیبی، علیرضا(۱۴۰۱). بررسی و تحلیل چالش‌های توسعه فناورانه توان داخلی در صنعت نفت و گاز کشور و ارائه توصیه‌های سیاستی. مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی. (۴۴)۱۲. doi: 10.22034/sspp.2022.546427.3113

عرب، قاسم(۱۳۹۹). هدف‌گذاری عملکرد انرژی یک ساختمان اداری با استفاده از مفاهیم خط مبنا و شاخص عملکرد انرژی. نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو. ۷(۲). https://www.jrenew.ir/article_105854

پسندیده، اشرف السادات، و حیدری، غلامرضا(۱۴۰۳). ارزیابی کارایی و اثربخشی سیاست‌های کلان صنعت برق کشور با محوریت اهدافِ گذار انرژی پایدار . سیاست‌های راهبردی و کلان.۱۲(۴۶). doi: 10.30507/jmsp.2022.293552.2279

اسدی، علی، اسماعیلی، سید میثم، بخشور، فرجاد، و صادقپور، عسل(۱۳۹۷). بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی در ایران (با تأکید بر متغیر توسعه مالی) .فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی. (۲۱) ۶. http://qjfep.ir/article-1-852-fa.html

مولا، سمیه، فتحی آذر، اسکندر، ادیب، یوسف، و نامدار، عبدالرحمان(۱۳۹۷). طراحی و اعتبارسنجی الگوی مطلوب برنامه درسی تلفیقی سواد انرژی در دوره اول متوسطه .مطالعات برنامه درسی ۱۲۴-۸۹، (۴۹)۱۳. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17354986.1397.13.49.3.1

راهداری، علیرضا، و نصر، مصطفی. چالش‌های اتاق فکر در ایران .فصلنامه علمی - پژوهشی فرایند مدیریت و توسعه. ۱۳۹۶; ۳۰ (۲): ۵۴-۲۳. http://jmdp.ir/article-1-2727-fa.html

موسوی، پریسا، یوسفی زنوز، رضا، و حسن پور، اکبر(۱۳۹۴). شناسایی ریسک‌های امنیت اطلاعات سازمانی با استفاده از روش دلفی فازی در صنعت بانکداری. مدیریت فناوری اطلاعات. (۲۲). ۱۸۴ -۱۶۳. https://doi.org/10.22034/ecoj.2022.46363.2896

میرسپاسی، ناصر، طلوعی اشلقی، عباس، معمارزاده، غلامرضا، و پیدایی، میرمهرداد(۱۳۸۹). طراحی مدل تعالی منابع انسانی در سازمانهای دولتی ایران با استفاده از تکنیک دلفی فازی. آینده پژوهی مدیریت, ۲۱(شماره ۴(پیاپی ۸۷)), ۱-۲۲. https://www.magiran.com/p1721307

ترکاشوندی، پروین، رنجدوست، شهرام، عظیمی، محمد، و عصاره، علیرضا(۱۴۰۲). طراحی و اعتباریابی الگوی آموزش مصرف بهینه انرژی در دوره ابتدایی. نشریه پژوهش در برنامه ریزی درسی، دوره ۲۰، شماره ۷۷، بهمن ۱۴۰۲، ۱۲۴-۱۰۴. https://doi.org/10.30486/jsre.2023.1950529.2078

بهرامی، سمیرا(۱۳۹۸). تحلیل محتوای کتاب های علوم تجربی دوره متوسطه اول از نظر میزان انتقال سواد انرژی. دوره ۲۲، شماره ۴. http://necjournals.ir/article-1-1459-fa.html

Alasseri, R., Tripathi, A., Rao, T. J., & Sreekanth, K. J(2017). A review on implementation strategies for demand side management (DSM) in Kuwait through incentive-based demand response programs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *77*, 617-635. *https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.023*

Azad, R., & Chakraborty, S(2020). Green growth and the right to energy in India. Energy Policy, 141, 111456. *https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111456*

Besterfield, D. H; Besterfield-Michna,C; Besterfield-Sacre,M; Urdhwareshe,H.(2020). Total Quality Management (For ANNA University).

Chandra, A., & Shukla, R.(2024). ISM-fuzzy MICMAC approach for modelling the enablers of sustainability. IIMBG Journal of Sustainable Business and Innovation, 2(2), 120-142. *https://doi.org/10.1108/IJSBI-11-2023-0054.*

Cheng, Y., Jin, L., Fu, H. Y., Fan, Y. R., Bai, R. L., & Wei, Y.(2024). Novel Fuzzy Best-Worst Multicriteria Decision-Making Method Based on the Dual Interval Algorithm for Environmental Decision Support Systems. *Journal of Environmental Informatics*, *44*(2).

Chiu, Y. B., & Lee, C. C.(2020). Effects of financial development on energy consumption: The role of country risks. Energy Economics, 90, 104833. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104833

Dong, D., Liu, J., & Zhou, H.(2016). Influence factor analysis of supply chain resilience using ISM. In 2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM) (pp. 1-5). IEEE. *https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2016.7538644*

Duzdar, İ., & Cengiz, İ. N.(2024). Energy Efficiency Evaluation in Automotive Industry with AHP Method and Best&Worst Method. Trends in Business and Economics, 38(2), 68-75. https://doi.org/10.16951/trendbusecon.1467575

El Majaty, S., Touzani, A., & Kasseh, Y.(2023). Results and perspectives of the application of an energy management system based on ISO 50001 in administrative buildings-case of Morocco. *Materials Today: Proceedings*, *72*, 3233-3237. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.07.094

Gajdzik, B., Wolniak, R., Nagaj, R., Grebski, W. W., & Romanyshyn, T.(2023). Barriers to renewable energy source (RES) installations as determinants of energy consumption in EU countries. Energies, vol. 16(21), pages 1-32.

Hogan, M., & Broome, B. Interpretative Structural Modelling (ISM) Software.(2024). Overview and User Guide for Collective Intelligence Facilitation. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.005

Kalkbrenner, B. J., & Roosen, J.(2016). Citizens' willingness to participate in local renewable energy projects: The role of community and trust in Germany. Energy Research & Social Science, 13, 60-70. https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.006

Karasmanaki, E., Grigoroudis, E., Galatsidas, S., & Tsantopoulos, G.(2023). Citizen Satisfaction with Renewable Energy Investments: A Multi-Criteria Satisfaction Analysis. Energies, 16(10), 3979. https://doi.org/10.3390/en16103979

Kardooni, R., Yusoff, S. B., & Kari, F. B.(2016). Renewable energy technology acceptance in Peninsular Malaysia. Energy policy, 88, 1-10.

Keeley, A. R., Komatsubara, K., & Managi, S.(2022). The value of invisibility: factors affecting social acceptance of renewable energy. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *17*(1), 1983891. https://doi.org/10.1080/15567249.2021.1983891

Kim, S. and S. Kim(2024). "Does social value matter in energy saving behaviors?: Specifying the role of eleven human values on energy saving behaviors and the implications for energy demand policy." Energy Strategy Reviews 52: 101327. https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101327

Kumari, A.(2024). Renewable Energy for Sustainable Development in India. Int. J. Multidiscip. Res, 6, 1-6. http://www.ijfmr.com/

Makki, A. A. and I. Mosly(2020). "Factors affecting public willingness to adopt renewable energy technologies: an exploratory analysis." Sustainability 12(3): 845.

Papież, M., Śmiech, S., & Frodyma, K.(2018). Determinants of renewable energy development in the EU countries. A 20-year perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 91, 918-934.

Rahman, M., Haque, S. A., & Trianni, A.(2025). Barriers to TQM implementation in SMEs in Bangladesh: an interpretive structural modeling approach. The TQM Journal, 37(2). https://doi.org/10.1108/TQM-08-2023-0247

Ratner, S., Berezin, A., Gomonov, K., Serletis, A., & Sergi, B. S.(2022). What is stopping energy efficiency in Russia? Exploring the confluence of knowledge, negligence, and other social barriers in the Krasnodar Region. *Energy Research & Social Science*, *85*, 102412.

Shah, W. U. H., Hao, G., Yan, H., Zhu, N., Yasmeen, R., & Dincă, G.(2024). Role of renewable, non-renewable energy consumption and carbon emission in energy efficiency and productivity change: Evidence from G20 economies. Geoscience Frontiers, 15(4), 101631. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101631

Shakeel, S. R., Yousaf, H., Irfan, M., & Rajala, A.(2023). Solar PV adoption at household level: Insights based on a systematic literature review. *Energy Strategy Reviews*, *50*, 101178. https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101178

Topolewski, Ł.(2021). Relationship between energy consumption and economic growth in European countries: Evidence from dynamic panel data analysis. Energies, 14(12), 3565.

Warfield, J.(2005). "Developing interconnection matrices in structural modeling. IEEE Transactions on Systems". Man and Cybernetics, 4(1). https://doi.org/10.1109/TSMC.1974.5408524

World Energy and Climate Statistics – Yearbook 2023, Enerdata

Wu, S., Zhang, L., Zhang, Y., & Tang, R.(2022). Analysis of Influencing Factors of Energy Format Based on ISM Model. In Innovative Computing: Proceedings of the 4th International Conference on Innovative Computing (IC 2021) (pp. 449-459). Springer Singapore.

Khatwani, Gaurav, Surya Prakash Singh, Ashish Trivedi, and Ankur Chauhan. "Fuzzy-TISM: A fuzzy extension of TISM for group decision making." *Global Journal of Flexible Systems Management* 16, no. 1 (2015): 97-112.

Xiong, H., & Shi, L.(2023). Research on the Analysis of Influencing Factors of Energy Consumption and Energy Saving Countermeasures of Green Buildings Based on DEMATEL-ISM. Applied Mathematics and Nonlinear Sciences, 9(1). https://doi.org/10.2478/amns-2024-0810

Yadav, S., & Singh, S. P.(2021). An integrated fuzzy-ANP and fuzzy-ISM approach using blockchain for sustainable supply chain. *Journal of Enterprise Information Management*, *34*(1), 54-78. *https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2019-0301*

Hasan, M. K., Lei, X., Hlali, A., & Bian, Z.(2024). Modelling capability factors of logistics industry based on ISM-MICMAC. *Heliyon*, *10*(22). *https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2021-0459*