Rezaei R, et al. *Depiction of Health*. 2025; 16(2): xxx-xxx.
doi: 10.34172/doh.2025.11
https://doh.tbzmed.ac.ir

Comparison of Energy Subsidy Payment Alternatives in terms of Health and Environmental Outcomes: Emphasizing Air Pollution via the AHP Method

Reza Rezaei[1], Hassan Taghipour[2*], Mohammad ShakerKhatibi[1]
[1] Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[2] Health and Environment Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Article

Article History:
Received: 22 Feb 2025
Revised: 20 Apr 2025
Accepted: 31 May 2025
ePublished: 2 Jun 2025

Keywords:
Iran,
Energy Subsidies,
Air Pollution,
Hierarchical Analysis Process

Abstract

Background. Energy is the most important prerequisite for the development and socioeconomic activities of any country. However, the payment of subsidies for energy and its excessive consumption in recent years have led to numerous environmental problems, such as air pollution, intensified greenhouse effects, and health damage. Therefore, this study aimed to compare alternatives for paying energy subsidies in Iran.

Methods. This descriptive-applied study was designed using the AHP method and conducted with Expert Choice-11 software. In this study, three alternatives of "modifying the payment of energy subsidies (adjusted)", "removing the payment of energy subsidies", and "continued payment in the current form" were evaluated based on 12 health and environmental criteria.

Results. Based on the results, the alternative "modifying the payment of energy subsidies (adjusted)" with a relative weight of 0.503 was selected as the best alternative for payment of energy subsidies in the country. The alternatives "removing the payment of energy subsidies" and "continuing payment in the current form" were ranked next with relative weights of 0.377 and 0.119, respectively. The overall consistency coefficient was ≤0.03, indicating the correctness of the decisions.

Conclusion. Based on the findings, correcting the payment of energy subsidies allows for more efficient spending of financial resources on improving health and medical services, food security subsidies, developing education, public transportation, and renewable energy. Additionally, this alternative can help control the increasing trend of energy consumption and address the issue of energy imbalance in the country while improving health indicators and the environment, particularly air pollution.

Rezaei R, Taghipour H, ShakerKhatibi M. Comparison of Energy Subsidy Payment Alternatives in terms of Health and Environmental Outcomes: Emphasizing Air Pollution via the AHP Method. Depiction of Health. 2025; 16(2): xxx-xxx. doi: 10.34172/doh.2025.11. (Persian)

* Corresponding author; Hassan Taghipour, E-mail: hteir@yahoo.com

© 2025 This work is published by Depiction of Health as an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

Background

Energy subsidies have been implemented in many countries, including Iran, often to improve justice, increase energy supply security, promote economic development, support domestic production, create employment, and control inflation. However, paying energy subsidies over time can lead to several adverse effects and negative consequences. Specifically, the low price of energy, which results in higher consumption, along with the low efficiency of industrial complexes, has led to outcomes such as the acceleration of global warming, climate change, urban air pollution, imbalances in government budgets and the energy trade balance, fuel smuggling, and delays in the development of renewable energy projects. These issues have caused significant health and environmental damage. Therefore, the main objective of this study is to compare various alternatives for paying energy subsidies in Iran.

Methods

This descriptive-applied study aims to identify the best alternative for paying energy subsidies in Iran, using the AHP method and Expert Choice-11 software. After defining the main criteria (12 health and environmental factors) and selecting the decision-making alternatives ("modifying", "removing", and "continued" of current energy subsidies), a questionnaire for paired comparisons of criteria and alternatives was developed and provided to a team of experts. Initially, the criteria were compared in pairs using a 9-point preference scale. The relative weight of each criterion was calculated using the geometric mean and weight normalization (special vector method), which determined the importance of each criterion relative to the others. Next, the alternatives were compared in pairs for each criterion, and their relative importance was determined using the same methods. Finally, to determine the final priority, the scores for each alternative were calculated by combining the coefficients obtained from the previous steps using the software. Based on these scores, the best alternative was selected, considering health and environmental factors relevant to the conditions in Iran. The alternative with the highest weight was identified as the best. To assess the consistency of the judgments, the consistency index (CI) and consistency ratio (CR) were calculated. If the CR value of the hierarchical matrix is 0.1 or lower, the experts' comparisons are considered consistent; if the CR exceeds 0.1, the pairwise comparisons need to be revisited.

Results

The results of the pairwise comparisons of the criteria based on relative weights revealed that the criteria "increase in the burden of diseases attributed to air pollution", "health-care costs, disability of citizens, deaths caused by air pollution and road accidents", "health effects caused by global warming and climate change", and "air pollution (global warming, climate change, and acid rain caused by energy production and consumption)"- with relative weights above 0.1- had the greatest impact compared to other criteria in selecting the best alternative for paying energy subsidies in Iran. Subsequently, pairwise comparisons of the three alternatives were evaluated according to the effect of each criterion. Based on these evaluations, the "modifying" alternative received the highest relative weights across all 12 criteria, while the "removing" and "continued" alternatives were ranked next, with lower relative weights. Considering the results of the two main stages, the calculations and final prioritization, showed that decision-making based on health and environmental criteria led to selecting the "modifying" alternative, with a relative weight of 0.503, as the country’s best energy subsidy payment alternative. The "removing" and "continued" alternatives were ranked next, with relative weights of 0.377 and 0.119, respectively. Additionally, the overall consistency coefficient was equal to or less than 0.03, indicating the consistency and accuracy of the decisions made at all levels of the process.

Conclusion

Reforming the subsidy system in line with global planning and policymaking enables the government to control the growing trend of energy consumption, improve environmental indicators, and use financial resources more efficiently. This approach can help enhance health services and food security subsidies, develop education, implement measures to control air pollution (such as expanding public transportation), promote renewable energy, and support other economic and social development programs.

Practical Implications of Research

The continued implementation of the current subsidy payment system promotes inappropriate consumption behaviors. Correcting such behaviors will become more complicated over time, so a prolonged delay in subsidy reform could transform the issue from a socio-economic concern into a socio-political and even security challenge. Therefore, it is recommended that gradual and continuous energy subsidy reform be implemented, accompanied by strategic investments in healthcare, education, transportation infrastructure, renewable energy, industry, food security subsidies and targeted financial support for low-income groups.

PROOF

رضا رضائی و همکاران. *مجله تصویر سلامت*. ۱۴۰۴؛ ۱۶(۲): xxx- xxx.
doi: 10.34172/doh.2025.11
https://doh.tbzmed.ac.ir

مقایسه سناریوهای پرداخت یارانه انرژی از نظر پیامدهای بهداشتی و زیست‌محیطی: تأکید بر آلودگی هوا از طریق روش AHP

رضا رضائی[۱]، حسن تقی‌پور[۲*]، محمد شاکرخطیبی[۱]
[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
[۲] مرکز تحقیقات سلامت و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

سابقه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۰۴
اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۱/۳۱
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰
انتشار برخط: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲

کلیدواژه‌ها:
ایران،
یارانه‌های انرژی،
آلودگی هوا،
فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

چکیده

زمینه. انرژی مهم‌ترین پیش‌نیاز توسعه و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی هر کشوری است. با این‌حال، پرداخت یارانه به انرژی و مصرف بی‌رویه آن در سال‌های اخیر منجر به مشکلات زیست‌محیطی زیادی از جمله آلودگی هوا و تشدید اثرات گلخانه‌ای و آسیب‌های بهداشتی شده است. لذا هدف اصلی مطالعه، مقایسه گزینه‌های مختلف پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران بود.

روش کار. این مطالعه از نوع توصیفی-کاربردی است که بر پایه روش AHP طراحی و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice-11 انجام شد. در این مطالعه ۳ گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)"، "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" بر اساس ۱۲ معیار بهداشتی و زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها. بر اساس نتایج، گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)" با وزن نسبی ۰/۵۰۳ به‌عنوان گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در کشور انتخاب شد. گزینه‌های "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" به‌ترتیب با وزن‌های نسبی ۰/۳۷۷ و ۰/۱۱۹ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. میزان ضریب سازگاری کلی، برابر و کمتر از ۰/۰۳ به‌دست آمد که نشان از درستی تصمیمات گرفته شده بود.

نتیجه‌گیری. بر اساس یافته‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی باعث می‌شود منابع مالی را به‌صورت کارآمدتری مورد استفاده قرار داد و در جهت ارتقای خدمات بهداشتی و درمانی، یارانه امنیت غذایی، توسعه آموزش، توسعه حمل‌ونقل عمومی و انرژی‌های تجدیدپذیر صرف نمود. علاوه‌بر این، این گزینه می‌تواند برای کنترل روند افزایشی مصرف انرژی و مشکل ناترازی انرژی در کشور و بهبود شاخص‌های بهداشتی و زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی هوا اعمال شود.

مقدمه

امروزه، انرژی پایه و زیربنای اقتصادهای مدرن و صنعتی و رکن اصلی تمامی فعالیت‌های انسانی تلقی می‌شود و خدمات نوین انرژی نیروی محرک توسعه اقتصادی و اجتماعی محسوب می‌گردد.[۱-۳] یارانه‌های انرژی در بسیاری از کشورها و ایران عموما با هدف بهبود عدالت، افزایش امنیت عرضه انرژی و توسعه اقتصادی، حمایت از تولید داخلی و اشتغال و کنترل تورم اجراء شده است.[۴] با این‌حال، تجارب مختلف نشان می‌دهند که پرداخت یارانه به انرژی در طول زمان باعث آثار نامطلوب و پیامدهای منفی شده است. به‌گونه‌ای‌که، پایین بودن قیمت انرژی و در نتیجه افزایش شدت مصرف و کارایی پایین مجموعه‌های صنعتی، موجب ایجاد نتایج منفی مانند تسریع گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی، آلودگی هوا (استفاده از خودروهای فرسوده و پرمصرف)، تشدید کسری بودجه دولت، عدم‌توازن بودجه دولت و تراز تجاری انرژی، قاچاق سوخت به کشورهای همسایه و جلوگیری از توسعه طرح‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر شده است.[۴-۸] از سوی دیگر، بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی

* پدیدآور رابط؛ حسن تقی‌پور، آدرس ایمیل: hteir@yahoo.com

حقوق برای مؤلف(ان) محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد در تصویر سلامت تحت مجوز کریتیو کامنز CC-BY-NC (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده غیر تجاری تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

((International Energy Agency (IEA)، در سال ۲۰۲۲ یارانه‌های جهانی برای مصرف سوخت‌های فسیلی برای اولین بار از یک تریلیون دلار فراتر رفت که افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد. به‌گونه‌ای‌که، یارانه‌های بی‌سابقه در سال ۲۰۲۲ دو برابر سال ۲۰۲۱ بود.[۹،۱۰] در این میان، به‌ترتیب نقش روسیه، ایران و چین به‌عنوان بزرگ‌ترین پرداخت‌کننده یارانه سوخت‌های فسیلی به‌شدت قابل ملاحظه بود؛ به‌طوری‌که، کل یارانه واقعی و مستقیم پرداخت شده در ایران به بخش انرژی شامل نفت، گاز و برق به‌ترتیب برابر با ۵۲، ۴۵ و ۳۰ میلیارد دلار و در مجموع رقم بسیار بزرگ ۱۲۷ میلیارد دلار برآورد می‌گردد.[۱۱] طبق آمار ثبت شده در آخرین ترازنامه انرژی کشور نیز (سال ۱۴۰۰)، سرانه مصرف نهایی انرژی ایران ۱/۸ برابر متوسط مصرف سرانه نهایی جهانی و ۰/۸ برابر کشورهای OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) گزارش شده است. همچنین، سرانه مصرف نهایی گاز طبیعی و نفت خام و فرآورده‌های نفتی ایران، ۶/۲ و ۱/۵ برابر متوسط مصرف سرانه جهانی برآورد شده است. با این‌حال، مصرف سرانه برق، زغال‌سنگ و انرژی‌های تجدیدپذیر از متوسط جهانی پایین‌تر برآورد گردیده است. سرانه مصرف نهایی انرژی در بخش‌های کشاورزی، خانگی- تجاری و عمومی، حمل‌ونقل و صنعت نیز به‌ترتیب ۳/۴، ۲/۱، ۱/۶ و ۱/۵ برابر متوسط جهانی گزارش شده است. شدت مصرف نهایی انرژی (بر اساس نرخ ارز و برابری قدرت خرید) نیز ۳/۴ و ۱/۹ متوسط جهانی می‌باشد.[۱] در حالی‌که طبق گزارش IEA در سال ۲۰۲۱، یارانه مستقیم پرداختی به بخش انرژی در اقتصادهای بزرگ جهان (آمریکا، آلمان و ژاپن) تقریبا به‌طور کامل حذف شده است.[۶]

از سوی دیگر، تقریبا بزرگ‌ترین و اصلی‌ترین منبع آلاینده‌های هوا از جمله گازهای گلخانه‌ای، مصرف انرژی به‌ویژه سوخت‌های فسیلی است.[۱۲،۱۳] در حال حاضر، ۸۱ درصد انرژی جهان از سوخت‌های فسیلی، ۵ درصد از انرژی هسته‌ای و ۱۴ درصد از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌شود.[۱۴] تقریبا انتشار تمام SO_x و NO_x، ۹۲ درصد CO، حدود ۸۵ درصد انتشار $PM_{2.5}$ و نیز ۹۰/۵ درصد CO_2 به جو مربوط به بخش انرژی می‌باشد.[۱۳،۱۵] منابع اصلی تولیدکننده‌ی SO_2 در بخش انرژی، بخش صنعت و تولید برق است که عمدتا از مصرف زغال‌سنگ ناشی می‌شود.[۱۳] استفاده از نفت و مشتقات آن در وسایل نقلیه و بخش صنعت از عوامل اصلی انتشار گازهای NO_x محسوب می‌شوند.[۱۳] همچنین، احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی، مصرف سوخت زیست‌توده، نفت سفید و زغال‌سنگ در بخش ساختمانی به‌همراه بخش صنعت، عوامل اصلی ورود $PM_{2.5}$ به اتمسفر هستند.[۱۳] تولید برق و حرارت و حمل‌ونقل نیز دو بخش اصلی انتشار CO_2 در جهان هستند.[۱۶] به‌طوری‌که، بر اساس گزارش IEA، انتشار CO_2 مرتبط با انرژی در سال ۲۰۲۱ به ۳۶/۶ میلیارد تن رسیده است. در این بین، بخش برق ۱۳ میلیارد تن CO_2 در سال ۲۰۲۱ منتشر کرد که بیش از یک‌سوم از انتشار CO_2 مرتبط با انرژی جهانی را تشکیل می‌داد.[۱۷] طبق آخرین آمار وزارت نیرو نیز، در کشور ایران میزان انتشار آلاینده‌های SPM، SO_2، NO_x و CO ناشی از تولید و مصرف انرژی، در سال ۱۴۰۰ (۲۰۲۱) به‌ترتیب ۴۳۲/۳، ۱۱۰۰/۳، ۲۲۶۰/۵، ۱۱۵۱۰/۲ هزار تن و گازهای گلخانه‌ای از جمله CO_2. ۷۲۵/۸ میلیون تن در سال برآورد شده بود.[۱] در این راستا و بر اساس گزارش بانک جهانی، در چندین دهه گذشته بخش حمل‌ونقل از اصلی‌ترین عوامل آلودگی هوای ایران است زیرا قیمت پایین سوخت، انگیزه کمی برای صرفه‌جویی در سوخت و توسعه و استفاده از حمل‌ونقل عمومی ایجاد می‌کند.[۱۸]

آسیب‌های بهداشتی و هزینه‌های رفاهی و اقتصادی مرتبط با آلودگی هوا نیز موضوعی است که همواره مورد توجه قرار گرفته است.[۱۸،۱۹] طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت ((World Health Organization (WHO) در سال ۲۰۲۳، میزان مرگ‌ومیر زودرس ناشی از بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا، سالانه حدود ۶/۷ میلیون نفر در جهان است که آن را به یکی از بزرگ‌ترین خطرات زیست‌محیطی در جهان برای سلامتی انسان تبدیل کرده است.[۱۹،۲۰] در حال حاضر در ایران نیز یکی از بزرگ‌ترین مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی، آلودگی هوا و انتشار آلاینده‌های مرتبط با تولید و مصرف انرژی و سوخت‌های فسیلی می‌باشد.[۱۸] تحقیقات نشان می‌دهند که در سال ۲۰۱۹ در ایران ۴۱۸۳۹ نفر در اثر آلودگی هوای ناشی از $PM_{2.5}$ جان خود را از دست داده‌اند.[۱۹] برخی برآوردها حاکی از روند صعودی هزینه‌های رفاهی و جهانی آلودگی هوای محیط می‌باشد. به‌عنوان مثال، سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD) هزینه جهانی برآورده شده‌ی آسیب‌های

PROOF

بهداشتی ناشی از آلودگی هوا را در سال ۲۰۱۹، ۸/۱ تریلیون دلار اعلام کرد و تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۶۰ می‌تواند به ۲۰/۵ تا ۲۷/۶ تریلیون دلار در سال افزایش یابد.[۱۹] همچنین برآورد می‌شود که فقط مرگ‌ومیر زودرس و عوارض ناشی از آلودگی هوای ایران، سالانه ۲۳/۶۶ میلیون دلار برای اقتصاد کشور هزینه داشته باشد.[۱۹] برآورد آسیب‌های بهداشتی آلودگی هوا به لحاظ اقتصادی، می‌تواند معیار مناسبی را برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران کشورهای در حال توسعه فراهم نماید تا طرح‌ریزی، اجرای سیاست‌ها و اقدامات برای کنترل آلودگی هوا را در اولویت قرار دهند.[۱۹]

آلودگی هوا علاوه بر تأثیرات منفی بر سلامت انسان، اثرات بسیاری را در سطح جهانی برای محیط‌زیست ایجاد می‌کند. این اثرات عمدتا شامل افت کمی و کیفی منابع آب، کاهش کیفیت خاک (با آثار منفی گیاهی و جانوری)، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و افزایش خطرات بر امنیت مواد غذایی می‌باشد. این موارد نیز هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم کلانی را به بخش‌های سلامت، اقتصاد و محیط‌زیست تحمیل می‌نمایند.[۱۳]

با توجه به مباحث فوق‌الذکر، بخش انرژی به‌عنوان علت اصلی آلودگی هوا باید در خط مقدم برنامه‌ها و فناوری‌های مربوط به بهبود کیفیت هوا قرار گیرد. به‌طوری‌که، در صورت عدم تغییر در رویکرد کنونی تولید و مصرف انرژی در جهان، عوارض مخرب ناشی از آلودگی هوا در زندگی بشر افزایش خواهد یافت.[۳،۱۲،۱۳] در این راستا، با وجود تصویب قانون هدفمندسازی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۷، هدف مطالعه حاضر ارائه قانون جدید نیست، بلکه تحلیل مقایسه‌ای گزینه‌های مختلف هدفمندسازی یارانه‌های انرژی از نظر پیامدهای بهداشتی و زیست‌محیطی با تأکید بر آلودگی هوا است؛ تحلیلی که در مطالعات پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

اغلب مطالعاتی که در خصوص مصرف انرژی و سوخت‌های فسیلی و اثرات بهداشتی و زیست‌محیطی آن صورت گرفته، عمدتا بر روی یک یا چند مؤلفه و بدون در نظر گرفتن مداخلات و روابط میان عوامل گوناگون متمرکز کرده‌اند. از سوی دیگر، با توجه به این‌که معیارهای بهداشتی و زیست‌محیطی با ابعاد متفاوتی سنجیده می‌شوند، لذا مقایسه این معیارها به همان صورت اولیه دشوار می‌باشد. در نتیجه، مدل مناسب برای تصمیم‌گیری، مدلی است که بتواند معیارهای مختلف را وزن‌دهی کرده و سپس آن‌ها را هم‌بُعد نماید تا از این طریق قابلیت مقایسه آن‌ها فراهم شده و با لحاظ نمودن همزمان این معیارها، گزینه مناسب را انتخاب نماید.[۲۱] از این‌رو می‌توان از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multi-Criteria Decision Making (MCDM)) برای تسهیل در فرایند تصمیم‌گیری بهره برد. MCDM به دو گروه تقسیم می‌شود که دربرگیرنده‌ی تصمیم‌گیری چندگانه (Multiple Attribute Decision Making (MADM)) که شامل انتخاب از بین تعداد محدودی از گزینه‌ها است؛ در حالی‌که، تصمیم‌گیری چندهدفه (Multi-Objective Decision Making (MODM)) به‌منظور طراحی و برنامه‌ریزی جهت دستیابی به یک راه‌حل بهینه از مجموعه اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرد.[۲۲،۲۳] یکی از روش‌های MADM، روش تحلیل سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process (AHP)) است که توسط دکتر توماس ال. ساتی (Thomas L. Saaty) در دهه ۱۹۷۰ ابداع شد و هنوز پرکاربردترین نظریه تصمیم‌گیری برای دنیای واقعی پویا و پیچیده به شمار می‌رود.[۲۲،۲۴،۲۵] AHP با فراهم نمودن یک روش تحلیل سیستماتیک، برای تصمیم‌گیری در مورد مسائل پیچیده با چند گزینه رقیب و معیارهای متضاد و نظری متعدد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.[۲۶،۲۷] این تکنیک همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمّی و کیفی در مسئله را دارد که امکان مقایسه گزینه‌های مختلف را فراهم می‌کند.[۲۱،۲۴] لذا در این پژوهش برای مقایسه گزینه‌های مختلف پرداخت یارانه‌های انرژی در کشور از روش AHP استفاده شده است.

روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی-کاربردی است و با هدف انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران بر پایه روش AHP طراحی و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice-11 انجام شد. این نرم‌افزار ابزاری قدرتمند برای تصمیم‌گیری چندمعیاره بر اساس روش AHP است.[۲۸] ترتیب مراحل کلی چارچوب تصمیم‌گیری در روش AHP به‌صورت زیر می‌باشد: ۱- تعیین تیم خبرگان، ۲- تعیین معیارهای ارزیابی، ۳- تعیین گزینه‌های تصمیم‌گیری، ۴- انجام مقایسه‌های زوجی و محاسبه وزن‌های نسبی، ۵- محاسبه ضریب سازگاری، ۶- اولویت‌بندی معیارها و گزینه‌های مختلف تصمیم‌گیری، ۷- انتخاب گزینه برتر.[۲۶]

Proof

ابتدا بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی منابع علمی و تجربیات دیگر کشورها، روش‌ها و گزینه‌های مختلف پرداخت یارانه‌های انرژی نظیر ادامه پرداخت به شکل کنونی، توقف و یا اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی مورد بررسی قرار گرفت. با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر در انتخاب گزینه‌های تصمیم‌گیری از جمله شرایط بهداشتی و زیست‌محیطی ایران و مزایا و معایب گزینه‌های مختلف پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران، در نهایت ۳ گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده) (Modifying)"، "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی (Removing)" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی (Continued)" انتخاب شدند. سپس با توجه به هدف اصلی مطالعه، با همکاری و مشورت تیم پژوهش، ۱۵ معیار بهداشتی و زیست‌محیطی مؤثر، حول محور آلودگی هوا، برای ارزیابی و انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران تعیین شدند.

پس از آن، برای اطمینان از انتخاب درست معیارها، جدول اعتبارسنجی طراحی و در اختیار تیم خبرگان منتخب (۱۳ نفر دارای پیشینه علمی و میدانی از لحاظ اپیدمیولوژی محیطی و سلامت از اعضای هیأت علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات سلامت و محیط‌زیست با تخصص مهندسی بهداشت محیط، محیط‌زیست و بهداشت حرفه‌ای، کارشناسان آزمایشگاه‌های تخصصی پایش آلودگی هوا، مسئولان اجرایی متخصص در زمینه مدیریت و کنترل آلودگی هوا و مدیران شهری) قرار داده شد تا معیارهای مهمِ مرتبط تعیین (با نمره‌دهی بین ۰ تا ۱۰)، و معیارها از نظر ضرورت، شفافیت، حساس بودن، قابلیت سنجش، مرتبط بودن و سادگی انجام، ارزش‌گذاری شوند. در ادامه، نظرات تیم خبرگان جمع‌بندی و با استفاده از نرم‌افزار Excel، امتیاز هر معیار محاسبه و معیارهای کم‌اهمیت حذف شدند که در این مطالعه ۳ معیار کم‌اهمیت حذف شدند. علاوه‌بر این، در صورت ارائه معیار بااهمیت با بررسی تیم پژوهش به معیارها افزوده می‌شد. در نهایت، ۱۲ معیار منتخب پس از ویرایش، نهایی شدند (جدول ۱).[۲۲،۷]

جدول ۱. معیارهای مؤثر بر انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران

ردیف	معیار	علامت اختصاری ترجمه انگلیسی
۱	آلودگی هوا (گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی و بارش‌های اسیدی ناشی از تولید و مصرف انرژی)	AP
۲	آلودگی آب و خاک و زنجیره غذایی	WSFP
۳	اثرات نامطلوب بر اکوسیستم‌های آبی و خاکی (گونه‌های گیاهی و جانوری)	AEATE
٤	افزایش بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا	IBDAP
٥	اثرات بهداشتی ناشی از گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی	HEGWCC
٦	اثرات روانی ناشی از آلودگی هوا	PEAP
۷	هزینه‌های ناشی از آلودگی محیط‌زیست (هوا، آب و خاک)	CEP
۸	هزینه‌های ناشی از تغییرات کمی و کیفی منابع آب و همچنین کاهش محصولات کشاورزی و تهدید امنیت غذایی	CCWRAPFS
۹	هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و درمانی، از کار افتادگی شهروندان، مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا و تصادفات جاده‌ای	HCCDCD
۱۰	مصرف بی‌رویه و هدررفت منابع انرژی (برق، گاز، بنزین، گازوئیل و سایر منابع) و قاچاق سوخت به‌دلیل ارزان بودن	ECER
۱۱	هدررفت منابع مالی و در نتیجه محدودیت در توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی (مترو، راه‌آهن و سایر)	WFR 1
۱۲	هدررفت منابع مالی و در نتیجه محدودیت در سرمایه‌گذاری در نظام آموزشی، بهداشتی، انرژی‌های تجدیدپذیر، نوسازی و ارتقای پالایشگاه‌ها، صنایع خودروسازی و مواردی از این قبیل	WFR 2

پس از تعیین معیارهای اصلی، پرسش‌نامه مقایسه‌های زوجی معیارها و گزینه‌ها تدوین شد و در اختیار تیم خبرگان (۱۵ نفر شامل ترکیب خبرگان مرحله اول و افراد جدید واجد شرایط) قرار گرفت. ابتدا، معیارها با بکارگیری مقیاس ارجحیت ۹ تایی ال. ساتی مقایسه زوجی شدند (مقایسه دوبه‌دو)، و وزن نسبی هر یک از معیارها با استفاده از میانگین هندسی (رایج‌ترین روش برای ترکیب مقایسه‌های زوجی) و نرمال‌سازی وزن‌ها (روش بردار ویژه) و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice-11 محاسبه شد. با استفاده از وزن‌های نسبی، معیارها اولویت‌بندی و درجه

Proof

اهمیت هر معیار نسبت به دیگری مشخص شد. پس از تعیین وزن نسبی هر یک از معیارها، گزینه‌های مورد نظر نسبت به هر یک از معیارها توسط خبرگان به‌صورت زوجی مورد مقایسه قرار گرفتند، و درجه اهمیت هر گزینه نسبت به دیگری، نسبت به هر معیار، نیز با استفاده از میانگین هندسی و نرمال‌سازی وزن‌ها و با نرم‌افزار تعیین شد.[۲۲،۲۷،۲۹] سرآخر، برای تعیین اولویت نهایی، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها با تلفیق ضرایب مزبور از طریق نرم‌افزار به‌دست آمد و بر اساس آن بهترین گزینه از نظر بهداشتی و زیست‌محیطی و متناسب با شرایط ایران انتخاب شد. بهترین گزینه آن است که از بیشترین وزن برخوردار باشد. برای این کار از اصل ترکیب سلسله مراتبی که منجر به بردار اولویت با در نظر گرفتن همه قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتب می‌شود، استفاده شد. رابطه ۱ نحوه محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها را نشان می‌دهد.[۳۰]

$$V_H = \sum_{K=1}^{n} W_K(g_{ij}) \qquad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، V_H: امتیاز نهایی گزینه j، W_K: وزن هر معیار، g_{ij}: وزن گزینه در ارتباط با معیارها است.

همان‌طور که اشاره شد، برای مقایسه‌های زوجی از اعداد فازی (امتیاز ۱ تا ۹) استفاده شد تا اهمیت نسبی هر عنصر نسبت به عناصر دیگر در رابطه با آن خصوصیت مشخص شود. بدین‌منظور برای مقادیر ترجیحات بین دو عنصر برای مقایسه‌های زوجی از رویکرد زیر استفاده شد (جدول ۲):[۲۱،۲۸]

جدول ۲. مقادیر ترجیحات بین دو عنصر برای مقایسه‌های زوجی

سطح اهمیت	ارجحیت	توضیح
۱	ترجیح برابر	دو فعالیت به‌طور مساوی به هدف کمک می‌کنند.
۳	ترجیح متوسط	تجربه و قضاوت، به میزان کم، یک فعالیت را بر دیگری ترجیح می‌دهد.
۵	ترجیح قوی	تجربه و قضاوت، به‌طور قوی یا ویژه، یک فعالیت را بر دیگری ترجیح می‌دهد.
۷	ترجیح خیلی قوی	تجربه و قضاوت، به‌طور خیلی قوی، یک فعالیت را بر دیگری ترجیح می‌دهد.
۹	ترجیح بی‌نهایت	ترجیح یک فعالیت نسبت به دیگری در حداکثر درجه ممکن است.
۲، ۴، ۶ و ۸	مقادیر بینابینی	برای بیان ترجیحات بین مقادیر بالا است.

ماتریس مقایسه‌های زوجی می‌تواند سازگار و یا ناسازگار باشد. هر گونه خطا و ناسازگاری در مقایسه عناصر، نتیجه نهایی به‌دست آمده از محاسبات را تحت تأثیر قرار می‌دهد.[۳۰] جهت بررسی سازگاری و ناسازگاری قضاوت انجام شده توسط AHP، آقای ال. ساتی استفاده از شاخص سازگاری ((Consistency Index (CI)) و ضریب سازگاری ((Consistency Ratio (CR)) را پیشنهاد کرده است که طبق رابطه‌های ۲ تا ۵ تعیین می‌شود.[۲۲،۳۱] ماتریس مقایسه‌های زوجی در ماتریس $n \times n$ با نام ماتریس A در صورتی‌که $C = \{C_j | j = 1.2.3. \ldots . n\}$ مجموعه‌ای از معیارهای تصمیم باشد، ارائه شده است. در این ماتریس، هر یک از مؤلفه‌های ماتریس A، یعنی a_{ij}، حاصل تقسیم وزن معیار a_i بر وزن معیار a_j است. خارج قسمت این تقسیم در قالب ارجحیت ۹ تایی ال. ساتی ارائه شده است.[۲۸]

$$\tilde{A} = \{\tilde{a}_{ij}\} = \begin{pmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{a}_{nn} \end{pmatrix} \qquad \text{رابطه ۲}$$

$$a_{ii} = 1.\, a_{ji} = {}^{1}\!/_{a_{ij}}.\, a_{ij} \neq 0$$

$$A \times W = \lambda_{max} W \qquad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه، λ_{max}: بیشترین مقدار ویژه ماتریس مورد نظر (A)، A: ماتریس مقایسه زوجی معیارها یا گزینه‌ها، W: بردار ویژه (اوزان نرمال (وزن نسبی)) است.

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1) \qquad \text{رابطه ۴}$$

در این رابطه، n: تعداد سطر یا ستون ماتریس مورد نظر (A) است.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad \text{رابطه ۵}$$

RI شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی را برای ماتریس nبُعدی نشان می‌دهد.[۳۱] اگر مقدار CR ماتریس سلسله

مراتبی برابر یا کمتر از ۰/۱ تعیین شود، مقایسه‌های انجام شده توسط خبرگان مورد تأیید قرار می‌گیرند؛ و اگر از ۰/۱ بیشتر باشد باید در مقایسه‌های زوجی تجدیدنظر نمود (جدول ۳).[۳۲،۲۱]

جدول ۳. شاخص ناسازگاری تصادفی ماتریس ساعتی برای ابعاد مختلف ماتریس (n)

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۶	۱/۴۹

سرانجام، جهت درک بهتر و تعیین میزان اهمیت هر گزینه نسبت به سایر گزینه‌ها از نظر معیارهای تأثیرگذار در رسیدن به هدف کلی مطالعه، آنالیز تحلیل حساسیت صورت گرفت.[۳۰]

یافته‌ها

ارزیابی تجربیات فعلی، یکی از اولین و مهم‌ترین مراحل در اتخاذ تصمیم مؤثر برای انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران است. برای این منظور، برای انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران، ابتدا مقایسه‌های زوجی معیارها و سپس مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها نسبت به هر معیار توسط تیم خبرگان انجام شدند.

مقایسه‌های زوجی معیارها، تعیین وزن نسبی و اولویت‌بندی معیارها

ابتدا ماتریس مقایسه‌های زوجی معیارها بر اساس جمع‌بندی نظرات تیم خبرگان جهت محاسبه میزان ضریب سازگاری تکمیل گردید (جدول ۴). اعداد سیاه رنگ نشان‌دهنده برتری معیار افقی (سطر) نسبت به معیار عمودی (ستون) و اعداد قرمز رنگ نشان‌دهنده برتری معیار عمودی (ستون) نسبت به معیار افقی (سطر) است. عدد ۱ نیز نشان‌دهنده ترجیح یکسان معیار افقی (سطر) و معیار عمودی (ستون) است. میزان ضریب سازگاری ماتریس سلسله مراتبی، برابر و کمتر از ۰/۰۲ به‌دست آمد که نشان‌دهنده سازگاری و صحت قضاوت‌ها بوده و در نتیجه به تجدیدنظر نیازی نبود.

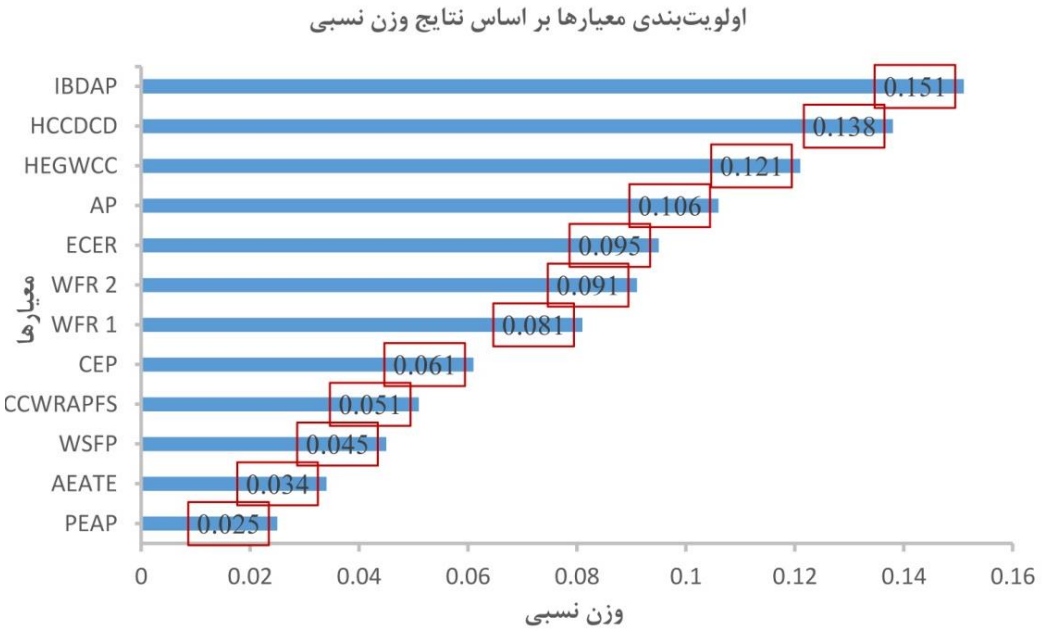
جدول ۴. ماتریس مقایسه‌های زوجی معیارها برای انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران

	AP	WSFP	AEATE	IBDAP	HEGW CC	PEAP	CEP	CCWR APFS	HCCD CD	ECER	WFR 1	WFR 2
AP		4.2	3.8	1.7	1.1	4.1	1.9	2.6	1.7	1.1	1.0	1.1
WSFP			1.0	3.9	3.0	3.0	1.1	1.0	2.7	1.9	1.5	2.6
AEATE				4.8	3.7	1.1	1.7	1.1	4.0	2.4	2.2	2.7
IBDAP					1.1	4.5	3.6	3.8	1.6	1.0	1.3	1.4
HEGW CC						4.0	2.3	1.5	1.2	1.2	1.5	1.2
PEAP							3.0	2.8	4.2	3.9	3.3	3.5
CEP								1.0	2.1	1.1	1.1	1.2
CCWR APFS									4.1	2.5	1.1	1.5
HCCD CD										1.9	1.9	1.7
ECER											1.0	1.0
WFR 1												1.0
WFR 2	Incon: 0.02											

(اعداد سیاه رنگ نشان‌دهنده برتری معیار افقی (سطر) نسبت به معیار عمودی (ستون) و اعداد قرمز رنگ نشان‌دهنده برتری معیار عمودی (ستون) نسبت به معیار افقی (سطر) است. عدد ۱ نیز نشان‌دهنده ترجیح یکسان معیار افقی (سطر) و معیار عمودی (ستون) است.)

ادامه این مرحله با اولویت‌بندی معیارها بر اساس نتایج وزن نسبی توسط نرم‌افزار انجام شد (نمودار ۱). نتایج مقایسه‌های زوجی معیارها نشان دادند که معیارهای «افزایش بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا (IBDAP)»،

«هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و درمانی، از کار افتادگی شهروندان، مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا و تصادفات جاده‌ای (HCCDCD)»، «اثرات بهداشتی ناشی از گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی (HEGWCC)» و «آلودگی هوا (گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی و بارش‌های اسیدی ناشی از تولید و مصرف انرژی) (AP)» با وزن‌های نسبی بالای ۰/۱ (به‌ترتیب ۰/۱۵۱، ۰/۱۳۸، ۰/۱۲۱ و ۰/۱۰۶) از بیشترین تأثیر نسبت به سایر معیارها در انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران برخوردار بودند.



نمودار ۱. وزن نسبی و اولویت‌بندی معیارها برای انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی

مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها نسبت به هر معیار، تعیین وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به هر معیار و اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها

این مرحله با مقایسه زوجی ۳ گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)"، "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" با توجه به تأثیر هر معیار جهت پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران توسط تیم خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان ضریب سازگاری ماتریس‌های سلسله مراتبی در همه مقایسه‌های زوجی صورت گرفته کمتر از ۰/۱ بدست آمد که نشان‌دهنده سازگاری و صحت قضاوت‌ها بوده و در نتیجه به تجدید نظر نیازی نبود.

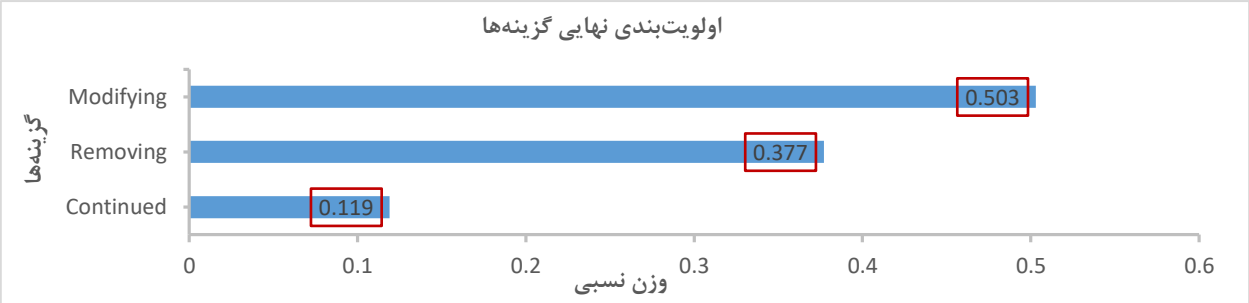
نتایج وزن نسبی محاسبه شده‌ی گزینه‌ها نسبت به هر معیار و اولویت‌بندی گزینه‌ها نسبت به هر معیار توسط نرم‌افزار در جدول ۵ ارائه شده است. با در نظر گرفتن معیارها، در هر ۱۲ معیار، گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)" بالاترین وزن‌های نسبی را به‌دست آورد و گزینه‌های "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" با وزن‌های نسبی کمتر در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در این بین، در معیارهای «افزایش بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا»، «هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و درمانی، از کار افتادگی شهروندان، مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا و تصادفات جاده‌ای»، «اثرات بهداشتی ناشی از گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی» و «آلودگی هوا (گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی و بارش‌های اسیدی ناشی از تولید و مصرف انرژی)» اولویت‌پذیری گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)" در مقایسه با گزینه‌های "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" با وزن‌های نسبی بالای ۰/۰۵۰ (به‌ترتیب ۰/۰۷۶، ۰/۰۷۰، ۰/۰۶۱ و ۰/۰۵۳) قابل‌توجه بود که نشان‌دهنده تأثیرگذاری بیشتر در اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها بود.

جدول ۵. وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به هر معیار و اولویت‌بندی گزینه‌ها نسبت به هر معیار برای انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران

معیار	علامت اختصاری	گزینه	وزن نسبی
آلودگی هوا (گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی و بارش‌های اسیدی ناشی از تولید و مصرف انرژی)	AP	**modifying**	۰/۰۵۳
		removing	۰/۰۴۰
		continued	۰/۰۱۱
آلودگی آب و خاک و زنجیره غذایی	WSFP	**modifying**	۰/۰۲۳
		removing	۰/۰۱۰
		continued	۰/۰۰۶
اثرات نامطلوب بر اکوسیستم‌های آبی و خاکی (گونه‌های گیاهی و جانوری)	AEATE	**modifying**	۰/۰۱۷
		removing	۰/۰۱۲
		continued	۰/۰۰۵
افزایش بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا	IBDAP	**modifying**	۰/۰۷۶
		removing	۰/۰۶۰
		continued	۰/۰۲۰
اثرات بهداشتی ناشی از گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی	HEGWCC	**modifying**	۰/۰۶۱
		removing	۰/۰۴۶
		continued	۰/۰۱۳
اثرات روانی ناشی از آلودگی هوا	PEAP	**modifying**	۰/۰۱۳
		removing	۰/۰۰۶
		continued	۰/۰۰۵
هزینه‌های ناشی از آلودگی محیط زیست (هوا، آب و خاک)	CEP	**modifying**	۰/۰۳۱
		removing	۰/۰۲۶
		continued	۰/۰۰۷
هزینه‌های ناشی از تغییرات کمی و کیفی منابع آب و همچنین کاهش محصولات کشاورزی و تهدید امنیت غذایی	CCWRAPFS	**modifying**	۰/۰۲۶
		removing	۰/۰۱۸
		continued	۰/۰۰۸
هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و درمانی، از کار افتادگی شهروندان، مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا و تصادفات جاده‌ای	HCCDCD	**modifying**	۰/۰۷۰
		removing	۰/۰۵۴
		continued	۰/۰۱۸
مصرف بی‌رویه و هدررفت منابع انرژی (برق، گاز، بنزین، گازوئیل و سایر منابع) و قاچاق سوخت به‌دلیل ارزان بودن	ECER	**modifying**	۰/۰۴۸
		removing	۰/۰۴۴
		continued	۰/۰۰۸
هدررفت منابع مالی و در نتیجه محدودیت در توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی (مترو، راه‌آهن وسایر)	WFR 1	**modifying**	۰/۰۴۱
		removing	۰/۰۲۹
		continued	۰/۰۱۰
هدررفت منابع مالی و در نتیجه محدودیت در سرمایه‌گذاری در نظام آموزشی، بهداشتی، انرژی‌های تجدیدپذیر، نوسازی و ارتقای پالایشگاه‌ها، صنایع خودروسازی و مواردی از این قبیل	WFR 2	**modifying**	۰/۰۴۶
		removing	۰/۰۳۲
		continued	۰/۰۰۹

نتیجه محاسبات و اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها با لحاظ کردن نتایج دو مرحله اصلی قبلی در نمودار ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهند که تصمیم‌گیری بر اساس معیارهای بهداشتی و زیست‌محیطی، به انتخاب گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)" با وزن نسبی ۰/۵۰۳ به‌عنوان گزینه‌ی برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در کشور منجر شده است. گزینه‌های "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" به‌ترتیب با وزن‌های نسبی ۰/۳۷۷ و ۰/۱۱۹ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. هچنین میزان ضریب سازگاری کلی، برابر و کمتر از

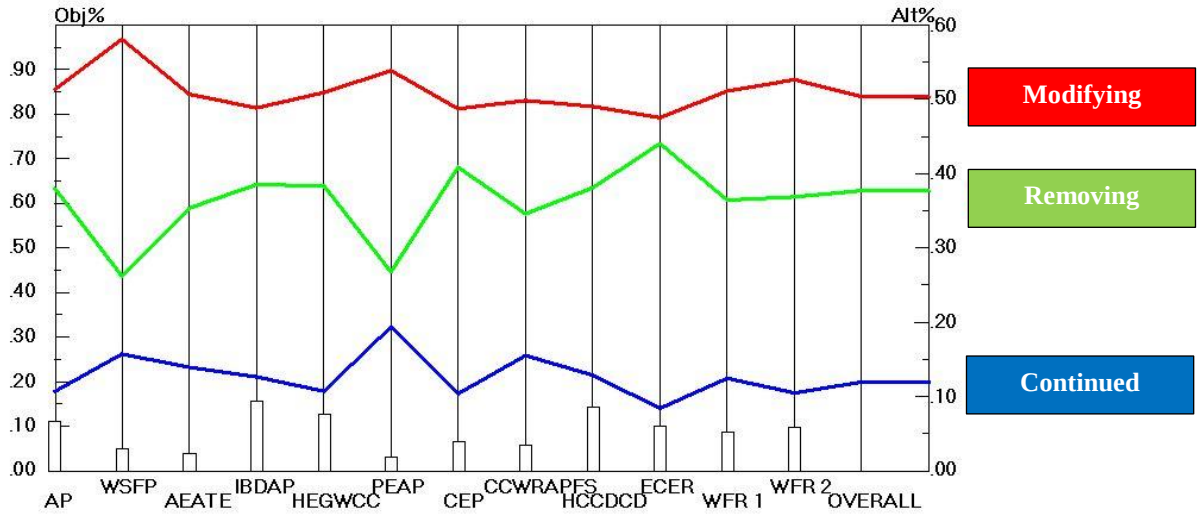
۰/۰۳ به‌دست آمد که نشان از سازگاری و درستی تصمیمات گرفته شده در تمامی سطوح فرایند بوده و در نتیجه به تجدیدنظر نیازی نبود.



نمودار ۲. اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها برای پرداخت یارانه‌های انرژی

آنالیز تحلیل حساسیت

هدف از آنالیز تحلیل حساسیت این بود که با توجه به ارزش‌ها و وزن‌های فعلی معیارها و گزینه‌ها، گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)" در ارتباط با کدام معیار یا معیارها ارزش وزنی بالایی داشته و نسبت به گزینه‌های "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" در ارتباط با همین معیار یا معیارها ارجحیت بیشتری پیدا کرده است. نتایج آنالیز تحلیل حساسیت گزینه‌های مختلف پرداخت یارانه‌های انرژی در ارتباط با معیارها در نمودار ۳ ارائه شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)" در ارتباط با هر ۱۲ معیار دارای وزن بالاتری بوده و در ارتباط با این معیارها ارجحیت بیشتری نسبت به گزینه‌های "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" به خود اختصاص داده است.



نمودار ۳. تعیین میزان اهمیت یک گزینه نسبت به سایر گزینه‌ها از نظر معیارهای تأثیرگذار

بحث

یارانه‌های انرژی مداخلات دولتی هستند که با هدف حمایت از تولیدکنندگان داخلی در برابر رقبای بین‌المللی و بهبود امنیت عرضه انرژی انجام می‌شوند. با این‌حال، تخصیص نادرست یارانه انرژی، بر دولت‌ها فشار مالی وارد می‌کند، سبب اتلاف این منابع باارزش می‌شود، انتشار آلاینده‌های هوا به‌ویژه گازهای گلخانه‌ای نظیر CO_2 را افزایش می‌دهند و رقابت‌پذیری جهت سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک را کاهش می‌دهند.[۳۴،۳۳] به‌طوری‌که، قیمت پایین انرژی منجر به

استفاده ناکارآمد از انرژی به‌ویژه در بخش‌های صنعت و حمل‌ونقل شده است و این موضوع منجر به انتشار گازهای آلاینده‌ی مرتبط با مصرف سوخت‌های فسیلی و افزایش سطح آلودگی هوای محیط گردیده که امروزه به یکی از چالش‌های جدی زندگی انسانی تبدیل شده است.[۳۵-۳۷] در این راستا، کیفیت هوای تهران و سایر شهرهای بزرگ ایران در دهه‌ی گذشته در بسیاری از روزهای سال ناسالم یا خطرناک گزارش شده است. اثرات بهداشتی سطوح بالای آلودگی هوا بر سلامت ایرانیان به خوبی مستند شده است.[۱۸، ۱۹، ۳۸] علاوه بر آسیب‌های بهداشتی، آلودگی هوا بار اقتصادی سنگینی را در نتیجه مرگ زودرس، بیماری، کاهش بهره‌وری نیروی کار و درآمدهای از دست رفته تحمیل می‌کند که همگی بهره‌وری و رشد اقتصادی را محدود می‌کنند.[۱۹] علاوه بر معضل آلودگی‌های منطقه‌ای، در سطح جهانی نیز مهم‌ترین مسئله زیست‌محیطی مطرح شده در نتیجه استفاده‌ی روزافزون از انرژی و بهره‌برداری بیشتر از سوخت‌های فسیلی، نگرانی در مورد تسریع روند انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه CO_2 و اثرات مخرب آن بر محیط‌زیست است. به‌طوری‌که، تجمع بیش از حد CO_2 در جو، یکی از مهم‌ترین دلایل تغییرات سریع آب‌وهوا و اقلیم است. تغییرات اقلیمی به نوبه خود باعث افزایش گرمایش کره زمین، افزایش سطح دریاها، الگوهای نامنظم آب‌وهوایی و بروز سیل، کاهش بازدهی محصولات کشاورزی و اثرات منفی بر کیفیت آب آشامیدنی می‌شوند.[۳۶، ۳۹، ۴۰] همچنین، آلودگی هوا می‌تواند با نزولات جوی مخلوط شوند و روی گیاهان، خاک‌ها یا آبراه‌ها رسوب کنند. رسوب اتمسفری آلاینده‌ها، خاک‌ها را اسیدی کرده و تنوع گونه‌های گیاهی و بهره‌وری علفزارها را کاهش می‌دهند. اثرات مخرب آلاینده‌های هوا بر اکوسیستم‌های آبی نیز شامل از بین رفتن موجودات جانوری و گیاهی و افزایش رشد فیتوپلانکتون‌ها و جلبک‌ها است که به اتروفیکاسیون آبراه‌ها، ایجاد مناطق مرده و شکوفه‌های جلبکی مضر کمک می‌کند.[۱۹، ۴۱] بنابراین، تغییرات اقلیمی و آلودگی هوا بسیاری از مسائل و مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی را به‌وجود می‌آورند.[۱۹، ۴۰] در این بین، با توجه به مطالعات صورت گرفته، کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا به‌دلیل شرایط اقلیمی خشک و آسیب‌پذیر، ممکن است بیشترین خسارت را در مواجهه با تغییرات آب‌وهوا تجربه کنند. ایران نیز به‌عنوان یک کشور تأثیرگذار در انتشار آلاینده‌های هوا در جهان و نیز به‌خاطر آسیب‌پذیری بالای خود، باید جهت کاهش انتشار آلاینده‌ها اقدام نماید.[۳۶]

از سوی دیگر، اگرچه ایران صادرکننده سوخت‌های فسیلی است، اما در صورت ادامه روند کنونی و ناترازی موجود در تولید و مصرف انرژی، در آینده با توجه به ذخایر محدود، احتمالا به واردکننده انرژی تبدیل خواهد شد. این موضوع به‌دلیل هزینه هنگفت، تأثیرات نامطلوب قابل توجهی بر اقتصاد کشور خواهد داشت که این نیز احتمالا منجر به کاهش قدرت سرمایه‌گذاری دولت در بخش‌های مختلف کشور خواهد شد.[۸، ۴۲] در حالی‌که کشور ایران پتانسیل بالایی برای منابع انرژی تجدیدپذیر به‌ویژه انرژی خورشیدی و بادی دارد.[۴۲، ۴۳] استدلال‌های فعلی پیشنهاد شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی نیز نشان می‌دهند که پتانسیل کاهش عمده کربن جهانی باید بر ارتقای بهره‌وری انرژی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تکیه کند.[۳] علاوه بر مباحث فوق‌الذکر، یارانه‌های انرژی در ایران، فرصت‌های سودآوری برای قاچاق سوخت به بازارهای همسایه و سایر کشورها فراهم کرده است.[۴۴] به‌عنوان مثال، بر اساس گزارش اداره مبارزه با قاچاق ایران، ارزش تخمینی قاچاق فرآورده‌های نفتی در سال ۲۰۱۴ حدود ۳/۸ میلیارد دلار بوده است.[۴۵]

بسیاری از تحقیقات و مطالعات در زمینه سیاست اصلاح یارانه‌های انرژی، همسو با نتایج این مطالعه، شواهدی را ارائه کرده‌اند که نشان می‌دهند اصلاح یارانه‌های انرژی به‌صورت کارآمد و منطقی و نیز تلاش‌های جایگزین، مانند حمایت مالی از انرژی‌های تجدیدپذیر، می‌توانند به‌عنوان ابزاری ارزشمند و گامی واقعی به سمت توسعه پایدار با مزایای پیش‌بینی شده کاهش آلودگی هوا، صرفه‌جویی در هزینه‌های عمومی و افزایش توزیع اجتماعی باشد. به‌عنوان مثال، در یک پژوهش توسط آریان‌پور و همکاران، به تجزیه و تحلیل اصلاح یارانه برق در ایران طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۴ پرداخته شد. نتایج نشان دادند که اصلاح یارانه‌ها از سال ۱۹۹۰ می‌توانست به کاهش ۳۳ درصدی انتشارات CO_2 و ۲۲ درصدی کل مصرف تجمعی برق منجر شود و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق نیز می‌توانست از ۵ درصد به ۱۵ درصد افزایش یابد. تجزیه و تحلیل‌ها همچنین نشان دادند که هر پنج سال تأخیر در حذف یارانه باعث حدود ۱۰۰ میلیون تن انتشار CO_2 اضافی گردیده است که این نشان‌دهنده سهم بالقوه اصلاحات

PROOF

یارانه در جلوگیری از گرمایش کره زمین است.[۴] بودخدخ (Boudekhdekh) نیز در یک تحقیق گزارش کرده است که اثرات منفی یارانه‌های انرژی در منطقه منا از نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی زیاد است و نیاز به یک اصلاح واقعی دارد که می‌تواند به نفع همه بخش‌ها (گروه فقیر، دولت، محیط‌زیست و اقتصاد) باشد. در این تحقیق، هزینه بالای گرمایش جهانی و آلودگی هوای محلی به‌عنوان عوامل اصلی جهت اجرای اصلاحات یارانه انرژی در ایران مطرح شد که مطابق با تأثیرگذارترین معیارهای مطالعه حاضر می‌باشد.[۳۴] مطالعه‌ای توسط آریان‌پور و همکاران انجام شد که به بررسی اثرات اصلاح یارانه‌های انرژی بر بخش برق ایران و کاهش انتشار کربن پرداخته است. یافته‌های این مطالعه نشان داده است که در هر پنج سال تأخیر در حذف یارانه‌ها حدود ۳۰۰ میلیون تن CO_2 بیشتر منتشر خواهد شد که این امر بر ضرورت حذف یارانه‌ها، به‌ویژه برای اجرای سیاست‌های کربن‌زدایی تأکید می‌کند. همچنین گزارش شد که حتی با اصلاح اولیه یارانه‌ها، توسعه منابع انرژی تجدیدپذیر سرعت خواهد گرفت که منجر به کاهش اتکاء به سوخت‌های فسیلی می‌شود. بر اساس مطالعه فوق‌الذکر حذف یارانه‌های انرژی در مجموع می‌تواند در هزینه‌های کل سیستم برق حدود ۴۸۰ میلیارد دلار طی دوره ۲۰۱۷ تا ۲۰۵۰ صرفه‌جویی نماید. این مطالعه نشان داد که اصلاح یارانه‌های انرژی باید در اولویت نسبت به حذف سریع یارانه‌ها در نظر گرفته شود.[۳۳] نتایج بررسی انجام شده توسط کریمی و همکاران بر روی بار بیماری‌ها نیز نشان داده است که سلامت عمومی و دستاوردهای اقتصادی بزرگ را می‌توان با کاهش مداوم آلاینده هوا به‌دست آورد. در این بررسی، یکی از سیاست‌های بالقوه برای دستیابی به چنین دستاوردهایی تعدیل قیمت سوخت کشور بیان شده است که در چند سال گذشته جزء پایین‌ترین قیمت‌ها در جهان بوده است.[۳۸] همچنین، در پژوهشی توسط خطیبی و همکاران، تأثیر افزایش قیمت انرژی در یک سری از سناریوها (افزایش ۱۰ تا ۲۰۰ درصدی) بر مصرف انرژی خانوارها و آلودگی هوای محیط پیش‌بینی شد. یافته‌های پژوهش نشان دادند که به‌عنوان مثال، افزایش ۵۰ درصدی قیمت حامل‌های انرژی (همراه با کاهش ۱۶ درصدی مصرف انرژی) منجر به کاهش ۹۱۰۱۳۰، ۲۵۳۸۱۳۸۹، ۵۰۸۷۴، ۳۲۴، ۵۳۰۱، ۳۲۷۴ و ۴۸۵۲ تنی در سطوح CO، CO_2، NO_x، N_2O، SO_x، CH_4 و PM_{10} می‌شود. پژوهش فوق‌الذکر علاوه بر تأکید بر اهمیت سیاست‌گذاری صحیح بر قیمت انرژی‌های فسیلی به‌عنوان یک استراتژی کوتاه‌مدت برای کاهش آلودگی هوا، توجه را به تغییر یارانه‌های موجود در سوخت‌های فسیلی به منابع انرژی پایدار و تجدیدپذیر به‌عنوان یک راه‌حل بلندمدت برای کاهش آلودگی هوا و بهبود کیفیت محیط‌زیست جلب می‌کند.[۳۵] در تحقیقی توسط داویس (Davis) تخمین زده شد که یارانه‌های سوخت در جهان، سالانه ۴۴ میلیارد دلار هزینه غیرمستقیم ایجاد می‌کنند، این هزینه‌ها شامل ۸ میلیارد دلار از انتشار CO_2، ۷ میلیارد دلار از آلودگی هوای محلی، ۱۲ میلیارد دلار از تراکم ترافیک و ۱۷ میلیارد دلار از سوانح است.[۴۶] تجزیه و تحلیل تحقیق فوق‌الذکر نشان می‌دهد که یارانه‌های سوخت ممکن است هزینه‌های بسیار بالایی را برای جوامع به‌همراه داشته باشند. علاوه بر مطالعات فوق، مطالعه‌ای توسط پاری (Parry) و همکاران در مورد یارانه‌های انرژی در بیش از ۱۵۰ کشور صورت گرفته است. یافته‌های این مطالعه نشان داده است که قیمت‌گذاری صحیح می‌تواند مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوای منتسب به سوخت‌های فسیلی را تا ۶۳ درصد کاهش دهد.[۴۷]

مطالعات متعددی در زمینه یارانه‌های انرژی در پایگاه‌های علمی فارسی نیز منتشر شده است. این مطالعات می‌توانند به فهم بهتر از سیاست‌ها و اثرات بهداشتی و زیست‌محیطی یارانه‌های انرژی کمک کنند. به‌عنوان مثال، نتایج ارزیابی آثار یارانه انرژی بر تحقق توسعه پایدار با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره MADM و رویکردهای ارزیابی TOPSIS و VIKOR در ۵ کشور اول جهان به لحاظ پرداخت بیشترین یارانه انرژی (ایران، چین، هندوستان، عربستان و روسیه) در مقایسه با اقتصادهای بزرگ جهان از حیث بالاترین میزان GDP و عمدتا بدون پرداخت یارانه انرژی (آلمان، آمریکا، ژاپن و چین) در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ توسط محمدی‌پور، بیانگر اوضاع نامطلوب ایران در پرداخت یارانه انرژی (رتبه اول جهان) و تحقق توسعه پایدار (رتبه آخر بین کشورهای مورد بررسی) بود. پیشنهاد اصلی این بررسی نیز مطابق با یافته‌های اصلی این مطالعه، ضرورت برنامه‌ریزی برای اصلاح یارانه‌های انرژی و یا اصلاح قیمت حامل‌های انرژی به‌ویژه یارانه‌های سوخت‌های فسیلی در کشور مطابق سیاست‌گذاری‌های بین‌المللی (سیاست‌گذاری در مسیر

PROOF

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر) بود.[۶] همچنین، در تحقیقی توسط کلانترهرمزی و همکاران بیان شده است که حدود ۶۰ درصد از کل مصرف فرآورده‌های نفتی و ۹۹ درصد بنزین کشور در بخش حمل‌ونقل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق میزان انتشار چهار آلاینده مهم حاصل از احتراق بنزین و گازوئیل (CO، CO_2، NO_x و SPM) در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای به‌طور متوسط معادل با ۱۳ میلیون تن در سال برآورد شد. نتیجه‌گیری اصلی این تحقیق، حذف تدریجی یارانه‌ها و واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی، به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل، بود تا زمینه‌ی مناسبی برای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی ایجاد شود.[۴۸] بر اساس گزارش بانک جهانی نیز کاهش یارانه سوخت و انرژی در ایران، می‌تواند سبب استفاده مقتصدانه‌تر از این منبع و انگیزه‌هایی برای تغییر از حمل‌ونقل خصوصی به عمومی و غیرموتوری شود که انتظار می‌رود پیامدهای مثبتی برای کیفیت هوا داشته باشد.[۱۸]

به‌طور خلاصه، در ایران، وجود منابع غنی سوخت‌های فسیلی و پرداخت یارانه آزاد طی سالیان متمادی، منجر به بروز مشکلات بهداشتی و زیست‌محیطی فراوانی شده است. این روند، اگر بدون اتخاذ تدابیر مناسب ادامه یابد، می‌تواند چشم‌انداز نگران‌کننده‌ای را پیش‌روی کشور قرار دهد و هزینه‌های هنگفت بهداشتی و زیست‌محیطی را بر پیکره کشور تحمیل نماید. لذا هدف‌گذاری مجدد در یارانه سوخت‌های فسیلی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی برای افزایش امنیت انرژی و مبارزه با آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی ضروری است.

نتیجه‌گیری

این مطالعه بر انتخاب گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در ایران بر پایه روش AHP متمرکز شد. بر اساس نتایج مطالعه، گزینه "اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی (به‌صورت تعدیل شده)" با وزن نسبی ۰/۵۰۳ به‌عنوان گزینه برتر پرداخت یارانه‌های انرژی در کشور انتخاب شد، و گزینه‌های "توقف پرداخت یارانه‌های انرژی" و "ادامه پرداخت به شکل کنونی" به‌ترتیب با وزن‌های نسبی ۰/۳۷۷ و ۰/۱۱۹ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. میزان ضریب سازگاری کلی، برابر و کمتر از ۰/۰۳ به‌دست آمد که نشان از سازگاری و درستی تصمیمات گرفته شده در تمامی سطوح فرایند بود.

سرآخر، بر اساس یافته‌ها و با تحلیل‌های صورت گرفته می‌توان این نتیجه‌گیری را انجام داد که با اصلاح پرداخت یارانه‌های انرژی، علاوه‌بر کنترل روند افزایشی مصرف انرژی و مشکل ناترازی انرژی در کشور و بهبود شاخص‌های بهداشتی و زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی هوا، می‌توان منابع مالی و توان کشور را به‌صورت کارآمدتری مورد استفاده قرار داد و در جهت ارتقای خدمات بهداشتی و درمانی، یارانه امنیت غذایی، توسعه آموزش، توسعه حمل‌ونقل عمومی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود سایر برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی صرف نمود.

محدودیت‌های پژوهش

- در روش AHP، معیارهای تصمیم‌گیری به‌صورت مستقل از یکدیگر در نظر گرفته می‌شوند. در حالی‌که در شرایط واقعی، برخی از معیارها ممکن است دارای همبستگی و روابط علّی متقابل باشند. این می‌تواند بر دقت تحلیل و اولویت‌بندی تأثیرگذار باشد.
- داده‌های مورد استفاده در مطالعه (داده‌های آماری و قضاوت‌های خبرگان) ممکن است با درجاتی از عدم قطعیت همراه باشند. استفاده از رویکردهای ترکیبی مانند AHP فازی یا شبیه‌سازی مونت‌کارلو می‌توانست در کاهش ابهام‌های تحلیلی مؤثر واقع شود.
- خبرگان شرکت‌کننده در فرآیند وزن‌دهی عمدتا از حوزه بهداشت محیط، محیط‌زیست و بهداشت حرفه‌ای انتخاب شده‌اند. این انتخاب با توجه به موضوع پژوهش توجیه‌پذیر است، اما عدم‌بهره‌گیری از دیدگاه متخصصین اقتصاددانان سلامت و اپیدمیولوژیست‌ها ممکن است بر جامعیت نتایج اثرگذار باشد.
- هدف مطالعه، تمرکز اصلی بر پیامدهای مستقیم بهداشتی و زیست‌محیطی ناشی از آلودگی هوا در سناریوهای یارانه انرژی بوده است؛ لذا سایر ابعاد اجتماعی-اقتصادی مؤثر بر سلامت، از جمله پیامدهای تغذیه‌ای و امنیت غذایی ناشی از تورم، خارج از دامنه تحلیلی پژوهش حاضر قرار گرفته‌اند.

پیامدهای عملی پژوهش

ادامه حالت فعلی در پرداخت یارانه منجر به شکل‌گیری رفتار نامناسب مصرفی می‌شود. اصلاح این رفتار در طول زمان پیچیده‌تر خواهد شد به‌طوری‌که تأخیر طولانی‌مدت در اصلاح یارانه‌ها، می‌تواند آن را از یک نگرانی اجتماعی-

Proof

اقتصادی به یک چالش اجتماعی- سیاسی و امنیتی تبدیل کند. لذا اصلاح تدریجی و پیوسته یارانه‌های انرژی همزمان با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های بهداشتی، آموزشی، حمل‌ونقل، انرژی‌های تجدیدپذیر، صنعت، یارانه امنیت غذایی و حمایت‌های مالی هدفمند از گروه‌های کم‌درآمد توصیه می‌شود.

قدردانی‌ها

نویسندگان مقاله از تمامی کسانی که در اجرای این مطالعه همکاری داشته‌اند، اعم از تیم خبرگان که شامل منتخب اعضای هیأت علمی دانشگاه‌های علوم پزشکی و مراکز تحقیقات سلامت و محیط‌زیست با تخصص مهندسی بهداشت محیط، مهندسی محیط‌زیست، بهداشت حرفه‌ای، کارشناسان آزمایشگاه‌های تخصصی پایش آلودگی هوا، مسئولان اجرایی متخصص در زمینه مدیریت و کنترل آلودگی هوا و مدیران شهری بودند، تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

مشارکت پدیدآوران

رضارضائی، حسن تقی‌پور و محمد شاکرخطیبی هر سه محقق طراحی مطالعه، اجراء، تحلیل نتایج و تهیه دست‌نوشته را بر عهده داشته‌اند. همچنین مقاله را تألیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تأیید کرده‌اند.

منابع مالی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با عنوان «مقایسه سناریوهای پرداخت یارانه‌های انرژی با توجه به اثرات بهداشتی، زیست‌محیطی و اقتصادی آن با استفاده از روش AHP» مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تبریز در سال ۱۴۰۲ با کد ۷۲۰۱۸ است که با حمایت مرکز تحقیقات سلامت و محیط‌زیست دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تبریز اجراء شده است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل رضایت آگاهانه، حسن رفتار، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. این مطالعه با کد اخلاق IR.TBZMED.VCR.REC.1402.149 به ثبت رسیده است.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی را در اجرای مطالعه و گزارش نتایج آن ندارند.

References

1. Shafiezadeh MA, Tavanpour Paveh M, Amini F, Soleimanpour P, Saberfattahi L, Ghaemi M. Iran and World Energy Facts and Figures, 2021. Ministry of Energy: Energy Planning Department of Ministry of Energy IRI; 2024. https://pep.moe.gov.ir/. (Persian)
2. Gunnarsdóttir I, Davidsdottir B, Worrell E, Sigurgeirsdóttir S. Sustainable energy development: History of the concept and emerging themes. *Renew Sustain Energy Rev*. 2021; 141: 1-17. doi: 10.1016/j.rser.2021.110770
3. Niu J, Chang C-P, Yang X-Y, Wang J-S. The long-run relationships between energy efficiency and environmental performance: Global evidence. *Energy & environment*. 2017; 28(7): 706-724. doi: 10.1177/0958305X17724210
4. Aryanpur V, Ghahremani M, Mamipour S, Fattahi M, Gallachóir BÓ, Bazilian M, et al. Ex-post analysis of energy subsidy removal through integrated energy systems modelling. *Renew Sustain Energy Rev*. 2022; 158: 1-15. doi: 10.1016/j.rser.2022.112116
5. Solaymani S. Energy subsidy reform evaluation research–reviews in Iran. *Greenhouse Gases: Science and Technology*. 2021; 11(3): 520-538. doi: 10.1002/ghg.2064
6. Mohammadipour A. Investigating the Effects of Energy Subsidies on Achieving Sustainable Development using Multiple Attribute Decision Making (MADM) Models and TOPSIS & VIKOR Evaluation Methods - Case Study of Iran, China, India, Saudi Arabia, Russia, Germany, USA and Japan. *The Economic Research (Sustainable Growth and Development)*. 2022; 22(4): 1-40. (Persian)
7. Ahmadzadeh H, Keymanesh MR, Makani Bonab S, Ghanizadeh I. Investigating the Effects of Optimal Use of Public Transport to Reduce Traffic and Air Pollution in Tabriz. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*. 2023; 23(68): 167-180. doi: 10.52547/jgs.23.68.167 . (Persian)
8. Gaderi SF, Razmi J, Sadighi A. Investigating the impact of direct energy subsidy payments on macroeconomic indicators with a systemic approach.

PROOF

Journal of the College of Engineering. 2005; 39(4): 527-537. (Persian)
9. International Energy Agency. Fossil Fuels Consumption Subsidies 2022. IEA: Paris; 2023.
10. International Energy Agency. Fossil Fuel Subsidies in Clean Energy Transitions: Time for a New Approach?. IEA: Paris; 2023.
11. International Energy Agency. Value of fossil-fuel subsidies by fuel in the top 25 countries, 2022. IEA: Paris; 2023.
12. International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. IEA: Paris; 2023.
13. International Energy Agency. Energy and Air Pollution: World Energy Outlook Special Report 2016. IEA: Paris; 2016.
14. Taylan O, Alamoudi R, Kabli M, AlJifri A, Ramzi F, Herrera-Viedma E. Assessment of energy systems using extended fuzzy AHP, fuzzy VIKOR, and TOPSIS approaches to manage non-cooperative opinions. *Sustainability*. 2020; 12(7): 1-27. doi: 10.3390/su12072745
15. Amini F, Saberfattahi L, Soleimanpour P, Golgahramani N, Shafiezadeh MA, Tavanpour M, et al. Energy balance sheet of 2017. Ministry of Energy: Energy Planning Department of Ministry of Energy IRI; 2019. https://pep.moe.gov.ir/. (Persian)
16. Amini F, Saberfattahi L, Soleimanpour P, Gaemi M, Shafiezadeh MA, Tavanpour M, et al. Energy balance sheet of 2021. Ministry of Energy: Energy Planning Department of Ministry of Energy IRI; 2024. https://pep.moe.gov.ir/. (Persian)
17. International Energy Agency. World Energy Outlook 2022. IEA: Paris; 2022.
18. Heger M, Sarraf M. Air Pollution in Tehran: Health Costs, Sources, and Policies. World Bank, Washington, DC: Environment and Natural Resources Global Practice Discussion Paper; 2018. Report No.: 06.
19. Awe YA, Larsen BK, Sanchez- Triana E. The Global Health Cost of $PM_{2.5}$ Air Pollution: A Case for Action Beyond 2021. International Development in Focus Washington, DC: World Bank Group; 2022.
20. World Health Organization. Household air pollution. WHO; 2024.
21. Fataei E, Torabian A, Hosseinzadeh Kalkhoran M, Alighadri M, Hosseinzadeh S. Selection of Optimum Municipal Wastewater Treatment Process Using AHP (Case Study: Ardebil, Tabriz, and Uremia). *Journal of Health*. 2013; 4(3): 260-272. (Persian)
22. Taghipour H, Seyed Mousavi SM. Investigating and Presenting the Optimal Alternative for Managing and Disposing Landfill Leachate in Iran Using the Analytical Hierarchy Process. *Depiction of Health.* 2023; 13(4): 436-452. doi: 10.34172/doh.2022.47. (Persian)
23. Sorooshian S. Upgrading current multi-attribute decision-making with a 3-dimensional decision matrix for future-based decisions. *MethodsX*. 2021; 8: 1-5. doi: 10.1016/j.mex.2021.101403
24. Baby S. AHP modeling for multicriteria decision-making and to optimise strategies for protecting coastal landscape resources. *International Journal of Innovation, Management and Technology*. 2013; 4(2): 218-227. doi: 10.7763/IJIMT.2013.V4.395
25. Sadeghi M, Ameli A. An AHP decision making model for optimal allocation of energy subsidy among socio-economic subsectors in Iran. *Energy Policy*. 2012; 45: 24-32. doi: 10.1016/j.enpol.2011.12.045
26. Sakhare V, Mhaisalkar V, Ralegaonkar RV. Application of AHP for Prioritization of Indoor Air Pollutants. International Conference on Urban Sustainability: Emerging Trends, Themes, Concepts & Practices (ICUS). 2018: 1-6.
27. Mau-Crimmins T, de Steiguer JE, Dennis D. AHP as a means for improving public participation: a pre–post experiment with university students. *For Policy Econ*. 2005; 7(4): 501-514. doi: 10.1016/j.forpol.2003.08.001
28. Past V, Yaghmaeian K, Nabizadeh Nodehi R, Dehghani MH, Momeni M, Naderi M. Selection of the best management method for construction and demolition waste disposal in Tehran with the view of sustainable development based on Analytical Hierarchy Process (AHP). *Iranian Journal of Health and Environment.* 2017; 10(2): 259-270. (Persian)
29. Taji R, Ahmadi Nadoushan M. Site Selection for Air Pollution Monitoring Stations in Areas 1 and 3 Using Fuzzy Technique and Analytical Hierarchy Process (AHP). *Environment and Interdisciplinary Development.* 2020; 5(69): 37-46. doi: 10.22034/envj.2020.181311. (Persian)
30. Ghayebzadeh M, Aslani H, Taghipour H. Comparative Evaluation of the Application of Incineration Technologies and Other Waste Disposal Methods in Iran Using the Analytical Hierarchy Process (AHP). *Journal of Health.* 2021; 12(2): 153-166. doi: 10.52547/j.health.12.2.153. (Persian)
31. Li Q, Ji M, Sun Y, Zhai X, Zheng Y, editors. Analysis and evaluation of air quality in Shandong province based on AHP. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 651: 1-10. doi: 10.1088/1755-1315/651/4/042033.
32. Ishizaka A, Labib A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Syst Appl*. 2011; 38(11): 14336-14345. doi: 10.1016/j.eswa.2011.04.143

33. Aryanpur V, Fattahi M, Mamipour S, Ghahremani M, Gallachoir BO, Bazilian MD, et al. How energy subsidy reform can drive the Iranian power sector towards a low-carbon future. *Energy Policy.* 2022; 169: 1-12. doi: 10.1016/j.enpol.2022.113190
34. Boudekhdekh K. A comparative analysis of energy subsidy in the MENA region. *Economic Insights – Trends and Challenges.* 2022; XI(LXXIV): 37-56. doi: 10.51865/EITC.2022.02.03
35. Khatibi SR, Karimi SM, Moradi-Lakeh M, Kermani M, Motevalian SA. Fossil energy price and outdoor air pollution: predictions from a QUAIDS model. *Biofuel Research Journal.* 2020; 7(3): 1205-1216. doi: 10.18331/BRJ2020.7.3.4
36. Taheri E, sadeghi H, Assari Arani A. Effect of Increases in Energy Carriers' Prices on the Degradation Cost of Air Pollutants in Iran: Computable General Equilibrium Approach. *The Economic Research (Sustainable Growth and Development).* 2017; 17(3): 131-157. (Persian)
37. Mohammadi H, Zarif S. Effect of Energy Efficiency on the Environmental Performance Index in Selected OPEC and the OECD Countries. *Iranian Energy Economics.* 2018; 7(28): 133-156. doi: 10.22054/jiee.2019.9841. (Persian)
38. Karimi SM, Maziyaki A, Ahmadian Moghadam S, Jafarkhani M, Zarei H, Moradi-Lakeh M, et al. Continuous exposure to ambient air pollution and chronic diseases: prevalence, burden, and economic costs. *Rev Environ Health.* 2020; 35(4): 379-399. doi: 10.1515/reveh-2019-0106
39. Sharekian A, Lotfalipour MR. The Role of Energy Efficiency in the Improvement of the Environment in Selected Oil Exporting Countries (Method of panel data). *Journal of economics and regional development.* 2017; 23(11): 121-145. doi: 10.22067/erd.v23i11.49143. (Persian)
40. Fotros MH, Najarzadeh A, Pirooz Mohammadi F. A Study of the Relationship between Air Pollution, Energy Intensity and Economic Openness in Iran. *Economic Journal.* 2013; 12 (11 and 12): 5-22. (Persian)
41. World Bank; Institute for Health Metrics and Evaluation. The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action. *World Bank: Washington, DC; 2016.*
42. Ghorbani N, Aghahosseini A, Breyer C. Assessment of a cost-optimal power system fully based on renewable energy for Iran by 2050–Achieving zero greenhouse gas emissions and overcoming the water crisis. *Renew Energy.* 2020; 146: 125-148. doi: 10.1016/j.renene.2019.06.079
43. Ziyaei S, Panahi M, Manzour D, Karbasi A, Ghaffarzadeh H. Investigating the harmful effects of fossil fuel consumption subsides on power generation costs in Iran. *Environmental Energy and Economic Research.* 2021; 5(2): 1-14. doi: 10.22097/EEER.2021.268905.1181
44. Kheiravar KH, Lawell C-YL. The effects of fuel subsidies on air quality: Evidence from the Iranian subsidy reform. *Working paper, Cornell University; 2020.*
45. Ghoddusi H, Rafizadeh N, Rahmati MH. Price elasticity of gasoline smuggling: A semi-structural estimation approach. *Energy Econ.* 2018; 71: 171-185. doi: 10.1016/j.eneco.2018.02.008
46. Davis LW. The environmental cost of global fuel subsidies. *The Energy Journal*. 2017; 38(suppl 1): 7-27. doi: 10.5547/01956574.38.SI1.ldav
47. Parry IWH, Heine MD, Lis E, Li S. Getting energy prices right: From principle to practice. United Kingdom: International Monetary Fund; 2014. doi: 10.5089/9781484388570.071
48. Kalantar Hormozi K, Panahi M, Mansoori N. Economic Assessment of Environmental Implication and Social Costs of Energy Use in Iran Road Transport Sector. *Quarterely Energy Economics Review.* 2016; 11(47): 181-204. (Persian)

PROOF