

Journal of Iranian Energy Economics

*A Quarterly Journal of the Faculty of Economics
Allameh Tabataba'i University*

Tehran, Islamic Republic of Iran

Volume 14, Number 55, Summer 2025

Journal of Iranian Energy Economics

*A Quarterly Journal of
the Faculty of Economics
Allameh Tabataba'i University
Tehran, Islamic Republic of Iran*

Volume 14, No. 55, Summer 2025

Managing Director: Abbas Shakeri

Editor in Chief: Ali Emami Meibodi

Assistant to the Editor: Khadijeh Mirzapour

ISSN: 2423-5954

Proof Reading: Mastaneh Jamshidi R and Dr. Mahdi Nezami,

Type and Layout: Najmeh Gheysari

Editorial Board: (Alphabetical Order)

Amadeh Hamid

*Associate Professor,
Allameh Tabataba'i
University*

Ghazizadeh

Mohamad

*Associate Professor,
Shahid Beheshti
University*

Salimifar Mostafa

*Professor, Ferdowsi
University of Mashhad*

Abdoli Ghahreman

*Professor, University of
Tehran*

Kodadad Kashi

Farhad

*Professor, Payam-e-
Noor University*

Tavakolian Hossein

*Associate Professor,
Allameh Tabataba'i
University*

Banouei Ali Asghar

*Professor, Allameh
Tabataba'i University*

Mahdavi Adeli

Mohamad H.

*Professor, Ferdowsi
University of
Mashhad*

Zarra Nezhad Mansour

*Professor, Shahid
Chamran University of
Ahvaz*

Derakhshan Masoud

*Professor, Allameh
Tabataba'i University*

Motefaker Azad

Mohamad Ali

*Professor, Tabriz
University*

Emami Meibodi Ali

*Associate Professor,
Allameh Tabataba'i
University*

Sadeghi Shahdani

Mahdi

*Professor, Imam
Sadiq University*

All rights reserved for Allameh Tabataba'i University, Faculty of Economics. Opinions expressed in this Journal do not necessarily reflect the views of the University.

Address: Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University,
Shahid Beheshti Ave. Tehran, Iran. Postal Code:1513615411,
Tel: (9821)88725400, Tel: 88716816

Website: www.economics.atu.ac.ir, Email: JEEE@atu.ac.ir

All rights reserved for Allameh Tabataba'i University, Faculty of Economics. Opinions expressed in this Journal do not necessarily reflect the views of the University.

Address: Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University,
Shahid Beheshti Ave. Tehran, Iran. Postal Code:1513615411, Tel:
(9821)88725400, 88716816.

Website: www.economics.atu.ac.ir, Email: JEEE@atu.ac.ir

Statement of Policy

The *Iranian Energy Economics* is a scientific publication on specialized issues in energy economics with particular attention to Iranian economy, regional and global development in energy markets. The Journal accepts both quantitative and political economy approach to the aforementioned topics. We intend to provide a forum for members of the academic community in Iran and abroad who are interested in the *field of energy as related to Iranian economy*.

Manuscripts are subject to anonymous reviews. More information about the Journal can be found at:

<http://jieee.atu.ac.ir>

Statement of Policy

The *Journal of Environmental and Energy Economics* is a scientific publication on specialized issues in environmental and energy economics with particular attention on Iranian economy, regional and global development in energy markets and the environment. The Journal accepts both quantitative and political economy approach to the aforementioned topics. We intend to provide a forum for members of the academic community in Iran and abroad who are interested in the *field of energy and the environment*.

Manuscripts are subject to anonymous reviews. More information about the Journal can be found at <http://economics.atu.ac.ir>

Contents

<i>Amir Ansari Ardali, Sara Keshkar, Gholamali Kargar</i>	5
Identifying and Analyzing the Role of Exploitation of Renewable Energy Sources on the Marketing of Iranian Football Clubs	
<i>Fariborz Partovi Rad, Teymor Mohammadi, Mahnoosh Abdollah Milani, Morteza Khorsandi</i>	37
Forecasting Electricity Demand in Iran: The Approach of State-Space Models and Markov Regime Switching	
<i>Seyed Ali Tohidi, Mohammad Mousazadeh, Majid Mirzaei Ghazani, Nasser Safaie</i>	79
Selecting the Most Reliable Electricity Supplier for Gol Gohar Steel Factories: Ranking of Power Plants Using Multi-Criteria Decision-Making Methods	
<i>Amir Reza Khalili, Mojtaba Bahmani, Mehdi Nejati</i>	113
Dynamic Explanation of the Relationship Between Iran's GDP and Total Energy Demand Within the Framework of the Environmental Kuznets Curve	
<i>Ali Rauf Kazem Jwad Al-Rikabi, Maryam Emamimibody</i>	143
The Impact of Uncertainty in Global Economic Policies and Oil Price Uncertainty on Economic Growth in an Oil-Dependent Economy: A Case Study of Iraq	
<i>Samaneh Talei Ardakani, Seyed Nezamuddin Makiyan, Zahra Nasrollahi</i>	171
Determining Factors Affecting Carbon Dioxide Emitted by the Non-Metallic Mineral Products Industry	

Identifying and Analyzing the Role of Exploitation of Renewable Energy Sources on the Marketing of Iranian Football Clubs

Amir Ansari Ardali 

M.Sc. of Sport Management, Allameh Tabataba'i, Tehran, Iran.

Sara Keshkar 

Associate Professor of Sport Management, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Gholamali Kargar 

Associate Professor of Sport Management, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Abstract

This qualitative study investigated the impact of utilizing renewable energy sources in football stadiums. The research focused on experts in sustainable development, stadium managers, and technical engineers involved in the Iranian Football Premier League from 2019 to 2020. Data analysis was conducted using qualitative content analysis methods. Research participants were selected through purposeful and snowball sampling methods, ultimately leading to 12 interviews that reached theoretical saturation. The analysis resulted in 44 open codes, which were further categorized into three key concepts: environmental management, improving the social and cultural situation, and enhancing the economic status. These categories encompassed areas such as reducing environmental risks, managing energy resources and pollution, improving social attitudes and welfare services, urban beautification, reducing organizational costs, promoting the stadium's brand, and generating income. Given global environmental crises and the impact of sports on the environment, it is recommended that government officials, policymakers, and sports managers support the utilization of renewable energy sources like solar and wind energy in football stadiums. These actions are necessary for sustainable development and carbon-free sports.

* Corresponding Author: sarakeshkar@gmail.com

How to Cite: Ansari Ardali, A., Keshkar, S., Kargar, Gh. (2025) Identifying and Analyzing the Role of Exploitation of Renewable Energy Sources on the Marketing of Iranian Football Clubs. Iranian Energy Economics, 55 (14), 5-36.

Introduction

Football clubs rely on income generation and economic growth to survive and expand. The main sources of income for clubs include match day revenue, media deals, and commercial performance. However, the world is currently grappling with a significant issue known as climate change, which has led to an increased concern for the environment. As a result, sports organizations, including football clubs, have started implementing measures to mitigate their impact on the environment, such as adopting renewable energy sources in stadiums and venues. The objective of this research is to analyze the role of using renewable energy sources in the marketing efforts of football clubs, with the aim of improving their economic situation and promoting environmental sustainability.

Methods and Material

Football clubs rely on income generation and economic growth to ensure their long-term viability and expansion. The primary sources of revenue for these organizations include match day ticket sales, media broadcasting deals, and commercial sponsorships and partnerships. However, the global community is currently grappling with the significant challenge of climate change, which has heightened concerns about environmental sustainability across all sectors, including the sports industry. In response, many sports organizations, including football clubs, have begun implementing measures to mitigate their environmental impact. One such initiative involves the adoption of renewable energy sources to power their stadiums and other operational facilities. This shift towards renewable energy aligns with the growing emphasis on corporate social responsibility and the need for sports entities to demonstrate their commitment to environmental stewardship. The objective of this research is to analyze the role of using renewable energy sources in the marketing and branding efforts of football clubs. The aim is to investigate how the integration of renewable energy can not only promote environmental sustainability but also potentially improve the economic situation of these clubs through enhanced fan engagement, corporate sponsorships, and other commercial opportunities. By examining the intersection of renewable energy, environmental sustainability, and football club marketing, this study seeks to provide insights that can guide the strategic decision-making of sports organizations as they navigate the evolving landscape of climate change and consumer preferences.

Results and Discussion

After analyzing the qualitative data, 58 open codes and 20 central categories were extracted in order to identify the role of using renewable energy sources on the marketing of football clubs. Finally, 5 main categories emerged:

customer attraction, income generation, green marketing, attracting support, and brand marketing.

The category of customer attraction includes the central categories of creating visual appeal, improving service quality, green advertising, and competition with other clubs. This suggests that the use of renewable energy can enhance the overall fan experience and differentiate the club from its competitors, thereby attracting more customers.

The category of income generation encompasses the central categories of eco-friendly product production, power marketing, reducing stadium expenses, ticket price increase, and increased financial gains. This indicates that the adoption of renewable energy can lead to cost savings, new revenue streams, and improved financial performance for football clubs.

The green marketing category includes the central categories of fan education, promotion of green culture, fan social needs, fan loyalty, and garnering social support. This suggests that the integration of renewable energy can help football clubs to engage with their fans on environmental sustainability, fostering a sense of community and loyalty.

The category of securing support includes the central categories of attracting financial sponsors and obtaining government support. This implies that the club's commitment to renewable energy and environmental sustainability can help to attract corporate sponsors and secure government backing, further strengthening the club's economic position.

Finally, the brand marketing category encompasses the central categories of enhancing the club's reputation, club's brand preference, and the brand's eco-friendly image. This indicates that the use of renewable energy can contribute to the club's overall brand positioning, making it more attractive to fans and stakeholders who value environmental responsibility.

Overall, this study provides valuable insights into how football clubs can leverage the use of renewable energy sources to not only promote environmental sustainability but also enhance their marketing and branding efforts, ultimately leading to improved economic performance and long-term viability.

Figure 1. Thematic map of the role of exploitation of renewable energy sources on the marketing of football clubs



Figure 1 shows the thematic map of the role of using renewable energy sources on the marketing of football clubs. This model has been developed after finishing and completing codings, categorizing codes, forming concepts and categories, and determining the relationship between them, through selective coding, which consists of 5 main categories and 20 core categories.

Conclusion

The results of the current research show that the consequences of using renewable energy sources on the marketing of football clubs, such as attracting customers, generating income, green marketing, attracting support and brand marketing, have favorable benefits for football clubs and sports organizations. Therefore, the use of renewable energy sources in football stadiums is not only economic justification and return of investment in the long term, but also causes the social and economic growth of football clubs. Therefore, it is suggested that considering the existence of environmental crises, such as air pollution in big

cities, lack of water, climate changes and other environmental risks in Iran, as well as the positive and constructive role of using renewable energy sources in stadiums on growth and development of marketing of football clubs, the government, club managers and sports professionals of the country, such as the country's sports facilities development and maintenance company, take positive measures in the direction of building and equipping green sports venues and replacing renewable energy sources instead of traditional and fossil energy sources in venues and sports stadiums .Finally, the utilization of renewable energy sources in stadiums and training camps, through green revenue generation (energy marketing), green advertising, green marketing, and stadium brand development, leads to the economic growth and development of football clubs.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the specialists and experts who contributed to the interviews and data collection.

Keywords: Economic, Football club, Marketing, Renewable energy, Sustainable development.

JEL Classification: A19 , Z29 , M3 , Q47 , Q5



شناسایی و تحلیل نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بر بازاریابی باشگاه‌های فوتبال ایران

کارشناسی ارشد مدیریت ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.  امیر انصاری اردلی

دانشیار مدیریت ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.  سارا کشکر *

دانشیار مدیریت ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.  غلامعلی کارگر

چکیده

فوتبال یکی از محبوب‌ترین و جذاب‌ترین ورزش‌های جهان است. باشگاه‌های فوتبال برای ادامه حیات، رشد و باقی ماندن در سطح بالای رقابت لازم است بر سه جریان اصلی درآمد روز مسابقه، رسانه، عملکرد تجاری و همچنین بازاریابی تمرکز کنند. هدف از پژوهش حاضر شناسایی و تحلیل نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بر بازاریابی باشگاه‌های فوتبال ایران بوده است. پژوهش حاضر یک تحقیق کیفی بوده و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل مضمون ولکات استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش حاضر شامل خبرگان و صاحب‌نظران در حوزه توسعه پایدار، بازاریابی، مدیران و مهندسين فنی استادیوم‌های لیگ برتر فوتبال ایران بوده‌اند. دسترسی به نمونه‌های پژوهش به شیوه نمونه‌گیری هدفمند و گلوله برفی گردآوری شده‌اند. به منظور تجزیه و تحلیل مصاحبه‌ها از نرم‌افزار تحلیل کیفی مکس کیودا نسخه ۲۲ استفاده کرده است. پس از تجزیه و تحلیل، پنج مفهوم جذب مشتری، درآمدزایی، بازاریابی سبز، جلب حمایت‌ها، بازاریابی برند شناسایی شدند. نتایج پژوهش حاضر نشان داده است که استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌ها نه تنها دارای توجیه اقتصادیست بلکه موجب رشد اقتصادی و توسعه بازاریابی باشگاه‌های فوتبال می‌شود. همچنین با توجه به وجود بحران‌های زیست‌محیطی همچون آلودگی هوای کلان‌شهرها، بحران‌های آبی، تغییرات اقلیمی، پیشنهاد می‌شود که دولت، مدیران و فعالان ورزش کشور اقدامات مثبتی در راستای ساخت و تجهیز اماکن ورزش سبز و جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر به جای منابع انرژی سنتی و فسیلی در اماکن و استادیوم‌های ورزشی انجام دهند.

کلیدواژه‌ها: اقتصاد، انرژی تجدیدپذیر، بازاریابی، باشگاه فوتبال، توسعه پایدار

طبقه‌بندی JEL: Q5 , Q47 , M3 , Z29 , A19

۱. مقدمه

فوتبال یکی از محبوب‌ترین و جذاب‌ترین ورزش‌های جهان است (سودرمن^۱، ۲۰۲۳). فوتبال یک تجارت بزرگ است، باشگاه و لیگ‌های فوتبال جهان میلیاردها دلار درآمد ایجاد می‌کنند و به میلیاردها هوادار خدمات ارائه می‌دهند (لورگنیر^۲، ۲۰۱۷). از همین رو بیش‌ازپیش فوتبال مورد توجه رسانه‌ها قرار گرفته است (بایل و همکاران^۳، ۲۰۲۳). قرار گرفتن فوتبال در معرض رسانه‌ها، شهرت بالایی به باشگاه‌های فوتبال داده است (بلومرود و همکاران^۴، ۲۰۱۳). با این حال، باشگاه‌های فوتبال برای ادامه حیات و رشد خود نیازمند درآمدزایی، رشد اقتصادی و منابع درآمدی متفاوتی برای پوشش هزینه‌های خود و ایجاد سود دارند، تا در سطح بالایی از رقابت باقی بمانند، به صورت کلی منابع اصلی درآمد برای یک باشگاه فوتبال، شامل درآمد روز مسابقه، درآمد رسانه و عملکرد تجاری می‌باشد و باشگاهی که می‌خواهد سطح بالایی از عملکرد را داشته باشد، باید روی سه جریان درآمدی بالا کار کند (سیلویرا و همکاران^۵، ۲۰۱۸). با این حال، هزینه‌های زیاد موجب می‌شود، که باشگاه‌های فوتبال به مبحث بازاریابی توجه ویژه‌ای داشته باشند و به دنبال پیدا کردن منابع درآمدی جدید برای جلوگیری از ورشکستگی و باقی ماندن در میدان رقابت باشند (عبدالحمک و بلحیمر^۶، ۲۰۲۱).

بازاریابی دربرگیرنده فعالیت و عملکرد انسانی در جهت و راستای ارضای نیازها و خواسته‌ها از طریق فرآیند تبادل و مبادله است (آمیس^۷، ۱۹۹۷). بازاریابی ورزشی نیز عبارت است از طراحی و برنامه‌ریزی فعالیت‌ها برای تولید، قیمت‌گذاری و توسعه در بخش ورزش، برای تأمین نیازها و خواسته‌های مشتریان ورزشی جهت دسترسی سازمان‌های ورزشی به اهداف مورد نظر است (داسیلوا و لاسکاساس^۸، ۲۰۱۷). به‌طورکلی در سازمان‌های ورزشی، محرک اصلی برای توسعه ورزش، مدیران باشگاه‌ها هستند که با کمک ابزارهای مالی، سرمایه‌گذاری و مهم‌تر از همه بازاریابی، زمینه را برای ارتقای برند

-
1. Söderman
 2. Lorgnier
 3. Biel
 4. Blumrodt et al.
 5. Silveira
 6. Abelhak and Belhimr
 7. Amis
 8. Da Silva and Las Casas

یک باشگاه فوتبال در اقتصاد جهانی ورزش فراهم می‌کنند. مدیریت بازاریابی در یک باشگاه فوتبال، باید براساس یک استراتژی بازاریابی کارآمد باشد و تضمین کند که شریان‌های مالی باشگاه در رقابت با سایر باشگاه‌ها و بنگاه‌های اقتصادی در بحران‌ها و پدیده‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی پایدار عمل کنند (پانفروف^۱، ۲۰۲۰). در همین راستا امروزه جامعه جهانی با پدیده‌ای به نام تغییرات آب و هوایی دست به گریبان شده است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۷ زمین ۱/۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شود (متیو^۲، ۲۰۲۲).

همگام با افزایش گرمایش زمین به همان نسبت، نگرانی در مورد محیط زیست در میان اقشار مختلف جامعه در حال افزایش است و همراه با افزایش نگرانی‌ها آگاهی زیستی محیطی مردم نیز در حال افزایش است (لوان و همکاران^۳، ۲۰۲۲) از همین رو شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی می‌بایست در عین توسعه صنایع خود با انجام مسئولیت اجتماعی در برابر محیط زیست، انتظارات مردم را نیز پاسخگو باشند. شرکت‌ها می‌توانند با تولید محصولات سبز پاسخگوی نیازها و انتظارات اقشار جامعه باشند و همچنین زمینه لازم برای رشد اقتصادی پایدار سازمان خود را فراهم کنند.

از سوی دیگر صنعت ورزش و محیط زیست دارای رابطه دوسویه‌اند (اور و اونو^۴، ۲۰۱۹). صنعت ورزش متکی به شرایط محیط طبیعی و منابع ناشی از محیط طبیعی است تا قابل استحکام باشد. بنابراین مدیران سازمان‌های ورزشی نظیر باشگاه‌های فوتبال در تلاش‌اند تا علاوه بر انجام مسئولیت اجتماعی صنعت ورزش در برابر محیط زیست، پاسخگوی نیازها و انتظارات اقشار جامعه باشند زیرا مشتریان اصلی ورزش و فوتبال، هوادارانند (شیکوفسکی^۵، ۲۰۲۱). ازجمله این تلاش‌ها می‌توان به کاهش تولید زباله، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق ابتکارات پایداری اشاره کرد (دینگل و استوارت^۶، ۲۰۱۸). علاوه بر این، ورزش و سازمان‌های ورزشی در حال حرکت به سمت بهره‌برداری از منابع انرژی پاک در استادیوم‌های ورزشی‌اند (لیو و همکاران^۷، ۲۰۲۳).

-
1. Panferov
 2. Mathew
 3. Luan et al.
 4. Orr and Inoue
 5. Szczepkowski
 6. Dingle and Stewart
 7. Liu et al

امروزه استفاده از انرژی تجدیدپذیر به دلایل رایگان بودن، داشتن منابع بی‌پایان، عدم ایجاد آلودگی زیست‌محیطی، کاهش مصرف انرژی در ساعات اوج مصرف و همگامی با جامعه جهانی مورد اهمیت است (بودونگ و همکاران^۱، ۲۰۲۳). انواع منابع انرژی تجدیدپذیر شامل انرژی زیست‌توده، بادی، خورشیدی، آبی و زمین‌گرمایی است (اویم و همکاران^۲، ۲۰۲۳).

امروزه به‌منظور تأمین انرژی مورد نیاز استادیوم‌های فوتبال و اماکن ورزشی از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می‌شود. استفاده از این انرژی‌ها عواید اقتصادی مناسبی برای باشگاه‌ها دارد و زمینه لازم را برای بازاریابی ایجاد می‌کند (اسفنتیس^۳، ۲۰۲۰). در همین رابطه نتایج رابطه وانلس و همکاران^۴ (۲۰۲۳) بیانگر این موضوع است که ابتکارات پایداری در اماکن و تأسیسات ورزشی فرصتی را برای کسب بازار بالقوه و درآمدزایی مناسب برای سازمان‌های ورزشی ایجاد می‌کند. در همین راستا می‌توان به استادیوم باشگاه سویا اشاره کرد (مورا و همکاران^۵، ۲۰۲۱) همچنین اتقیا و همکاران (۲۰۲۳) معتقدند که رعایت مؤلفه‌های زیست‌محیطی مانند بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال تأثیر به‌سزایی بر مدیریت مالی پایدار باشگاه‌های فوتبال دارد.

از این نوع می‌توان به مطالعه مانی و همکاران^۶ (۲۰۱۸) اشاره کرد که در پژوهشی با بررسی استادیوم‌ها و مجموعه‌های ورزشی به این نکته اشاره دارند که یک استادیوم مدرن با ظرفیت متوسط (۵۵۰۰۰ تماشاگر) دارای انرژی مصرفی ۱۰ هزار مگاوات ساعت در سال است و با بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در این استادیوم، بخش عمده‌ای از هزینه‌های مربوط به تأمین انرژی استادیوم کاهش پیدا می‌کند. همچنین، در استادیوم بین‌المللی جاکارتا نیز با بهره‌برداری از سیستم استحصال آب باران میزان هدررفت آب استادیوم تا ۸۰ درصد کاهش پیدا کرده است، که موجب کاهش هزینه‌های مربوط به انرژی استادیوم می‌شود (هنیف^۷، ۲۰۲۲).

نتایج پژوهش رضایی و همکاران (۱۴۰۰) نشان می‌دهد که عملکرد سبز اماکن ورزشی نظیر استفاده از سیستم‌های انرژی سبز با بازاریابی سبز و تبلیغ سبز رابطه مستقیم دارد. علاوه

1. Bodong et al.

2. Ewim et al.

3. Sfintes

4. Wanless et al.

5. Mora et al

6. Manni

7. Hanif

بر این باشگاه‌های فوتبال در سطح جهان با انجام اقدامات سبز نظیر استفاده از انرژی‌های سبز در استادیوم‌ها، زمینه‌های تمرین، زمینه را برای بازاریابی اجتماعی باشگاه فراهم می‌کنند (کويزموندو^۱، ۲۰۲۱).

در همین رابطه نتایج پژوهش سنگچی و همکاران^۲ (۲۰۱۹) نشان می‌دهد که فشارهای خارجی موجود نظیر اهمیت محیط زیست برای مردم و دولت‌ها منجر به نوآوری سبز و تولید محصول سبز توسط سازمان‌های ورزشی می‌شود، که در نهایت منجر به سودآوری و کارایی هزینه برای شرکت‌ها می‌شود. همچنین، چارویانندی^۳ (۲۰۲۳) در پژوهشی با بررسی رفتار مصرف‌کنندگان و محصولات سبز نشان داد که سطح آگاهی مصرف‌کنندگان از محصولات سبز با مسئولیت زیست‌محیطی دارای رابطه مستقیم و تأثیرگذاری است این تأثیر نشان‌دهنده نیاز به تلاش بیشتر تولیدکنندگان برای تولید محصولات سبز می‌باشد.

در نهایت، بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر عواید اقتصادی زیادی همچون حمایت اجتماعی، درآمدزایی و کاهش هزینه را به همراه دارد و نظر به اینکه کشور ایران دارای پتانسیل بالایی برای بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیرند و به‌طور کلی ایران قطب تولیدکننده انرژی‌های تجدیدپذیر است (زاهدی و همکاران، ۲۰۲۲) لذا پرداختن به موضوع مدیریت انرژی در حوزه ورزش که از پدیده‌های منحصر به فرد و محبوب مردم ایران و جهان است اهمیت غیرقابل انکاری خواهد داشت. با توجه به نقش محوری بازاریابی در رشد و توسعه پایدار باشگاه‌های فوتبال این سازمان‌ها باید بتوانند با بازاریابی مناسب عملکرد تجاری و اقتصادی خود را بهبود دهند. همچنین مدیریت یک باشگاه می‌بایست در دل بحران‌ها و رخدادهای داخلی و خارجی راهکارهای بازاریابی مناسبی را برای انتفاع و بقای خود بیابد. بنابراین برای تحقق این امر لازم است نقش پروژه‌های مدیریت اماکن ورزشی در بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال بررسی شود تا بتوان آثار آن را بر بازاریابی و درآمدزایی باشگاه‌های فوتبال ایران تحلیل کرد. بر این اساس، مسئله این تحقیق بر این امر استوار است که استفاده از منابع تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال که از اماکن ورزشی محبوب جامعه است، چه نقشی بر اثربخشی بازاریابی و درآمدزایی این مجموعه‌ها دارد؟

1. Quismondo

2. Saengchai

3. Charviandi

۲. پیشینه پژوهش

بازاریابی از طریق فعالیت‌های سبز یکی از موضوعات مورد توجه پژوهش‌های انجام‌شده توسط پژوهشگران خارجی می‌باشد و در همین رابطه مک‌کلو و همکاران^۱ (۲۰۲۲) با بررسی نتایج گزارش کلیسون^۲ و همکاران (۲۰۱۵) و پاسخ‌های طرفداران به طرح‌های پایداری محیطی به این نتیجه رسیدند که هرچقدر باشگاه‌ها یا سازمان‌های ورزشی طرح پایداری بیشتری انجام دهند به همان نسب طرفداران نیز آموزش می‌بینند که پایداری عمل کنند و در نتیجه رفتار پایداری یک باشگاه باعث رفتارهای زیست‌محیطی هواداران آن باشگاه و حمایت آن‌ها از باشگاه می‌شود. آنان معتقدند که این یک یافته مثبت برای سازمان‌های ورزشی است که در ابتکارات پایداری زیست‌محیطی درگیرند اما با این حال سازمان‌های ورزشی نمی‌توانند برای اطمینان از موفقیت کمپین‌های بازاریابی پایداری زیست‌محیطی خود، تنها بر رابطه با طرفداران خود تکیه کنند. شاغلین باید تناسب بین سازمان‌های خود، یک شریک بالقوه، و ابتکارات زیست‌محیطی منتخب و سطح مسئولیتی که طرفداران آن‌ها بر عهده سازمان می‌گذارند را در نظر بگیرند. بنابراین باشگاه‌های فوتبال با بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر، می‌توانند حمایت طرفداران و حامیان مالی را جذب کنند.

زو و همکاران^۳ (۲۰۲۳) در پژوهش خود به بررسی رابطه بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌ها، مدیریت در ورزش و درآمد سبز پرداخته است. آن‌ها معتقدند که استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر اولویت اساسی کشورها در دوران پس از کووید برای مبارزه با آلودگی زیست‌محیطی است. بنابراین در ورزش و اماکن ورزشی باید استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای دستیابی به توسعه پایدار مورد توجه قرار گیرد. در همین راستا آن‌ها پیشنهاد کردند با توجه درآمد سبز ناشی از مدیریت سبز در ورزش نظیر بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال در دستور کار قرار گیرد.

وانلس و همکاران^۴ (۲۰۲۳) به بررسی استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در تأسیسات ورزشی حرفه‌ای پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که ابتکارات پایداری در تأسیسات ورزشی حرفه‌ای به سازمان‌های ورزشی فرصتی برای نشان دادن

1. McCullough

2. Kellison

3. Zhu et al.

4. Wanless et al.

همخوانی با نگرانی اجتماعی برای محیط زیست ارائه می‌دهد و همچنین تلاشی است که بر درآمد و وضعیت اقتصادی باشگاه‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. در این پژوهش آن‌ها ۱۷۵ استادیوم آمریکا و کانادا را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بیشتر استادیوم‌ها از انرژی خورشیدی برای تأمین انرژی مورد نیاز خود بهره می‌برند و این استادیوم‌ها با بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر نه تنها انرژی مصرفی خود را کاهش داده‌اند بلکه در تأمین انرژی مورد نیاز به خودکفایی رسیده‌اند و علاوه بر این با انجام مسئولیت زیست‌محیطی، خود را به عنوان برند حامی محیط زیست معرفی کرده‌اند.

در ایران پژوهش‌های مرتبط با بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در اماکن ورزشی و استادیوم‌های فوتبال انگشت شمارند و تمرکز پژوهش‌های پیشین بیشتر بر موانع استفاده از این نوع انرژی‌ها و راهکارهای پیاده‌سازی می‌باشد. علاوه بر این تعدادی از پژوهش‌ها با محوریت ضرورت کاهش مصرف انرژی در اماکن ورزشی انجام شده‌اند. در همین رابطه انصاری اردلی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهش خود، الزامات و اقدامات مدیریت سبز در راستای توسعه پایدار استادیوم‌های فوتبال را شناسایی کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در سه حیطه مدیریت زیست‌محیطی، مدیریت منابع انرژی و مدیریت اجتماعی و فرهنگی باید اقدامات لازم در راستای توسعه پایدار استادیوم‌های فوتبال کشور صورت پذیرد.

گودرزی و همکاران (۱۳۹۸) با طراحی مدل عوامل مؤثر بر توسعه به کارگیری انرژی تجدیدپذیر در اماکن ورزشی ایران نشان دادند که مسائل بین‌المللی، مسائل ملی، توانمندی‌های طبیعی، توانمندی‌های فنی، توانمندی‌های اقتصادی، توانایی‌های مدیریتی، ویژگی‌های بازار، مسائل اجتماعی و فرهنگی و ویژگی‌های ساختمانی، عوامل مؤثر بر به کارگیری منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال ایران است. یوسفیان و همکاران (۱۴۰۰) نیز در پژوهشی به بررسی مدیریت بهینه انرژی در اماکن ورزشی زیر مجموعه وزارت نیرو با تأکید بر انرژی‌های تجدیدپذیر پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تعرفه برق در اماکن ورزشی دارای پروانه بهره‌برداری (تعرفه مصارف عمومی، فرهنگی ورزشی) پایین بوده است. از این رو یوسفیان و همکاران معتقدند که باید تعرفه برق اماکن ورزشی با تعرفه تجاری محاسبه شود و به ازای آن وزارت نیرو بسته‌های تشویقی صرفه‌جویی و مدیریت مصرف را در این اماکن اعمال کند.

کشکر (۲۰۲۳) در پژوهشی به بررسی موانع و فرصت‌های بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال ایران پرداخته است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل پیش روی بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر شامل موانع مدیریتی، سیاسی و اقتصادی و عمرانی و فرصت‌های پیش رو شامل فرصت‌های جغرافیایی و فرهنگی، بازاریابی و منابع انسانی است. در بخش فرصت‌های بازاریابی کشکر و همکاران معتقدند که بهره‌برداری از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال موجب بازاریابی سبز استادیوم‌ها و باشگاه‌های فوتبال می‌شود و باشگاه‌های فوتبال از طریق تبلیغات مناسب خود را حامی محیط زیست نشان می‌دهند و موجب جلب حمایت هواداران و حامیان مالی می‌شود. بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که مطالعات انجام‌شده در راستای بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر و اقدامات سبز در استادیوم‌های فوتبال، بیشتر به بررسی رفتارهای زیست محیطی باشگاه و هواداران، مدیریت سبز، حمایت اجتماعی، مدیریت بهینه انرژی و درآمدزایی پرداخته‌اند. با این حال تأثیر به کارگیری این نوع انرژی‌ها بر مبحث بازاریابی که عمده فعالیت‌های تجاری باشگاه‌های فوتبال به منظور رشد اقتصادی را شامل می‌شود مورد بررسی و پژوهش قرار نگرفته است. تنها در دو پژوهش کشکر (۲۰۲۳) که به بازاریابی سبز اشاره شده است و همچنین علمسپاه و همکاران^۱ (۲۰۲۰) که به ارتقا برند باشگاه نیز اشاره دارد، این در صورتی است که بازاریابی ورزشی مبحث بسیار کلانی است. بنابراین نوآوری پژوهش حاضر این است که نقش به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر بر بازاریابی باشگاه‌های فوتبال که تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است و منجر به ایده‌های جدید در حوزه بازاریابی ورزشی خواهد شد شناسایی شود. همچنین پژوهش حاضر دارای رویکرد تلفیقی (انرژی تجدیدپذیر و بازاریابی ورزشی) است. افزون بر این، نتایج این پژوهش می‌تواند برای باشگاه‌های فوتبال ایران راهکارهای کاربردی در زمینه بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر و بهبود استراتژی‌های بازاریابی ارائه دهد.

۳. روش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ نوع راهبرد، پژوهشی کیفی است. از حیث روش اجرای پژوهش نیز برای تحلیل داده‌ها از روش تحلیل مضمون ولکات^۲ بهره

1. Alamsya et al.

2. Theme analysis walcott

گرفته شده است. جامعه شرکت کنندگان در این پژوهش شامل خبرگان و صاحب نظران در حوزه توسعه پایدار، بازاریابی، مدیران و مهندسين فنی استادیوم های برگزاری لیگ برتر فوتبال ایران بودند. انتخاب آزمودنی ها به روش هدفمند و در ادامه به روش گلوله برفی ادامه یافت و معیار پایان مصاحبه ها اشباع نظری بوده است. در ابتدا نمونه گیری با استفاده از روش نمونه گیری خبرگان و با انتخاب هدفمند به تعداد ۵ نفر انجام شد و در ادامه از روش نمونه گیری گلوله برفی استفاده شد، و در نهایت با ۱۲ مصاحبه، اشباع نظری حاصل شد. ابزار پژوهش حاضر پرسش های باز بوده است که در مصاحبه نیمه ساختاریافته استفاده شد. گفتنی است به منظور جمع آوری داده های پژوهش ابتدا از طریق مطالعات کتابخانه ای (مطالعه مقالات، کتاب ها، اسناد، جراید و غیره) فهرستی از عوامل مؤثر با موضوع پژوهش شناسایی شد. فهرست مقدماتی به عنوان پرسش های مصاحبه و ابزار اولیه گردآوری داده ها مد نظر قرار گرفت. سپس راهنمای مصاحبه تدوین شد. قبل از انجام مصاحبه، راهنمای مصاحبه (فرم پیش مصاحبه) را برای مصاحبه شوندگان ارسال شده است. در مرحله بعد، مصاحبه های کیفی با استفاده از سؤالات نیمه ساختاریافته با خبرگان درباره موضوع پژوهش، اجرا شد. سپس مصاحبه ها پس جمع آوری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در نهایت با استفاده از نرم افزار تحلیل کیفی مکس کیودا^۱ نسخه ۲۲ از روش کدگذاری باز، مقوله های محوری و مقوله های اصلی شناسایی و استخراج شدند. برای تعیین موثق بودن داده ها (که در مطالعات کیفی معادل پایایی و روایی در مطالعات کمی است) از دو روش سه سویه نگری^۲ و پایایی باز آزمون استفاده شد. برای تأیید روایی سازه از روش سه سویه نگری استفاده شده است. یعنی پژوهشگر برای رسیدن به فهم عمیق از موضوع تنها به پرسش یک سؤال اکتفا نکرده است بلکه با چندین پرسش از زوایای متفاوت به پدیده مد نظر پرداخته است.

در پژوهش حاضر از روش پایایی باز آزمون برای بررسی پایایی مصاحبه های انجام شده استفاده شده است. در این روش، چند مصاحبه به عنوان نمونه انتخاب می شوند و در یک فاصله زمانی کوتاه و مشخص، هر مصاحبه دوبار کدگذاری می گردد. سپس کدهای مشخص شده در دو فاصله زمانی برای هر یک از مصاحبه ها با یکدیگر مقایسه می شوند. از این

1. MAXQDA
2. Triangulation

روش برای بررسی ثبات کدگذاری پژوهشگر بهره گرفته می‌شود. فرآیند به این صورت است که در هر مصاحبه، کدهای مشابه در دو فاصله زمانی با عنوان «توافق» و کدهای غیرمشابه با عنوان «عدم توافق» مشخص می‌شوند. روش محاسبه پایایی به این ترتیب است:

$$\text{درصد پایایی} = (\text{توافقات تعداد} \times 2) / (\text{کدها کل تعداد}) \times 100$$

جدول ۱. پایایی کدگذاری داده‌های کیفی پژوهش با استفاده از روش باز آزمون

عنوان مصاحبه	کل کدها	توافقات	عدم توافقات	پایایی باز آزمون (درصد)
P1	۱۴	۶	۲	۸۵
P3	۸	۳	۲	۷۵
P4	۱۵	۶	۳	۸۰
کل	۳۷	۱۵	۷	۸۱

منبع: یافته‌های تحقیق

از بین مصاحبه‌های انجام گرفته، به شکل تصادفی، تعداد ۳ مصاحبه انتخاب شدند و هر کدام از آن‌ها دوبار در یک بازه زمانی ۳۰ روزه به وسیله پژوهشگر کدگذاری شدند. در این راستا استملا (۲۰۰۱)، میزان پایایی بیشتر از ۶۰ صدم را مورد پذیرش بیان کرد. نتایج حاصل از کدگذاری‌ها در جدول شماره (۱) آمده است. همان‌طور که در جدول شماره یک مشاهده می‌شود پایایی باز آزمون مصاحبه‌های انجام گرفته در این پژوهش با استفاده از فرمول ذکر شده، برابر ۸۱ صدم می‌باشد که مورد تأیید و قابل قبول است.

۴. یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود، شش عضو هیئت علمی دارای سابقه و اطلاعات در زمینه توسعه پایدار، بازاریابی و حوزه‌های مرتبط با آن، دو نفر از مدیران استادیوم‌های فوتبال کشور، دو مهندس و متخصص فنی استادیوم‌های فوتبال کشور و دو نفر از مدیران بازاریابی شاغل در باشگاه و سازمان لیگ فوتبال کشور مشارکت‌کنندگان در این پژوهش را تشکیل دادند.

جدول ۲. یافته‌های توصیفی پژوهش

ردیف	شغل	رشته تحصیلی	سطح تحصیلات
P1	مدیر بازاریابی سازمان لیگ	مدیریت ورزشی	کارشناسی ارشد
P2	مدیر بازاریابی باشگاه	مدیریت بازاریابی	کارشناسی ارشد
P3	عضو هیات دانشگاه	مدیریت بازاریابی	دانشیار
P4	مهندس استادیوم	عمران	کارشناسی
P5	عضو هیات علمی	برق	دانشیار
P6	عضو هیات دانشگاه	مدیریت ورزشی	دانشیار
P7	عضو هیات دانشگاه	مدیریت ورزشی	استادیار
P8	عضو هیات دانشگاه	مدیریت ورزشی	دانشیار
P9	عضو هیات دانشگاه	مدیریت بازاریابی	استاد
P10	مدیر استادیوم	مدیریت ورزشی	کارشناسی ارشد
P11	مدیر استادیوم	عمران	کارشناسی
P12	عضو هیات دانشگاه	مدیریت ورزشی	دانشیار

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول شماره ۳، تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی در ارتباط با شناسایی و نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بر بازاریابی فوتبال نشان داده شده است. با توجه به جدول شماره سه از تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی، ۵۸ کد باز و ۲۰ مقوله محوری استخراج شده است. در نهایت ۵ مقوله اصلی جذب مشتری، درآمدزایی، بازاریابی سبز، جلب حمایت‌ها، بازاریابی برند به دست آمده است. مقوله جذب مشتری (شامل مقوله‌های محوری ایجاد جاذبه بصری، بهبود کیفیت خدمات، تبلیغات سبز و رقابت با سایر باشگاه‌ها) مقوله درآمدزایی (شامل مقوله‌های محوری تولید محصول سبز، بازاریابی انرژی، کاهش هزینه‌های استادیوم، افزایش قیمت بلیت و افزایش منافع مالی) مقوله بازاریابی سبز (شامل مقوله‌های محوری آموزش هواداران، ترویج فرهنگ سبز، نیازهای اجتماعی هواداران، وفاداری هواداران و جذب حمایت اجتماعی)، مقوله جلب حمایت‌ها (شامل مقوله‌های محوری جذب حامیان مالی و جذب حمایت دولت)، مقوله بازاریابی برند (شامل مقوله‌های محوری افزایش شهرت باشگاه، ترجیح برند باشگاه و برند حامی محیط زیست).

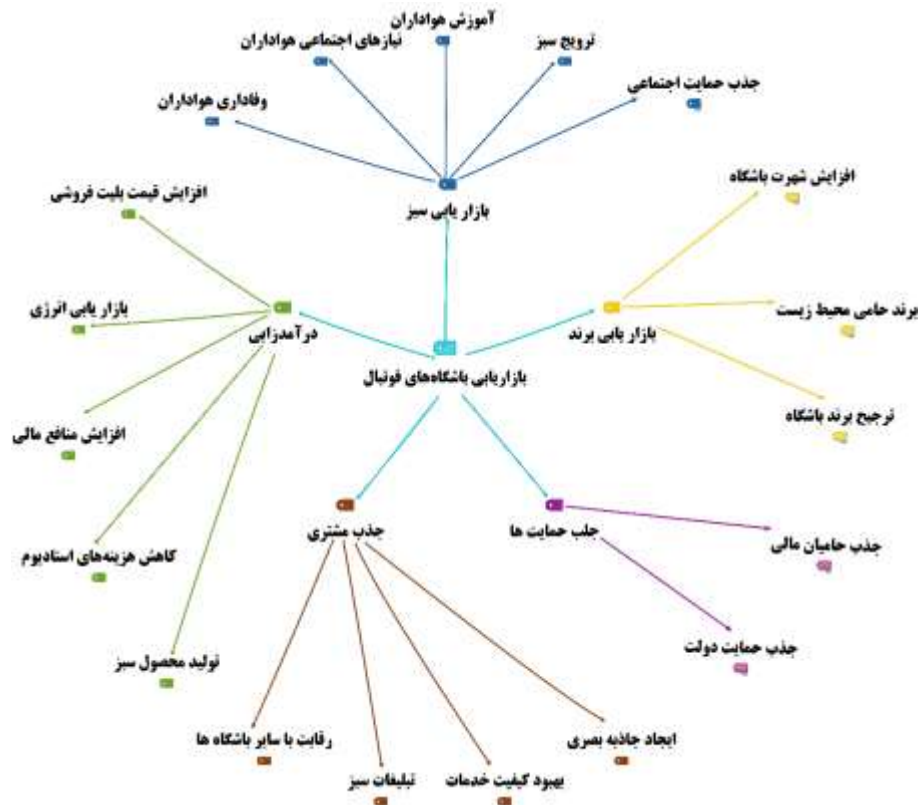
جدول ۳. تحلیل مضمون نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بر بازاریابی فوتبال

مقوله‌های اصلی	مقوله‌های محوری	کدهای باز
جذب مشتری	ایجاد جاذبه بصری	زیباسازی استادیوم با انرژی مازاد
		راه‌اندازی تورهایی گردشگری در استادیوم
		علاقه‌مندی مردم به دیدن استادیوم
	بهبود کیفیت خدمات	بهبود کیفیت خدمات استادیوم‌های فوتبال
		امکانات رفاهی بیشتر
		ارائه خدمات بیشتر در استادیوم
	تبلیغات سبز	انجام تبلیغات زیست‌محیطی
		ترویج محصول سبز
		مناسب‌سازی استادیوم برای تبلیغات سبز
	رقابت با سایر باشگاه‌ها	مزیت رقابتی برای جذب طرفداران بیشتر
		ارزش افزوده زیست‌محیطی برای هواداران
		تمایز ویژگی‌های باشگاه از سایر باشگاه‌ها
درآمدزایی	تولید محصول سبز	کاربرد فناوری سبز
		تولید انرژی توسط استادیوم
		تولید محصول سبز و ملموس
		منابع انرژی سبز و تجدیدپذیر تولید می‌شود
	بازاریابی انرژی	سرمایه‌گذاری با بازگشت مناسب سرمایه
		فراهم شدن شرایط بازاریابی انرژی
		فراهم شدن زمینه بازاریابی قدرت
	کاهش هزینه‌های استادیوم	کاهش هزینه‌های انرژی باشگاه
		صرفه‌جویی در هزینه‌های باشگاه
		کاهش هزینه‌های جاری باشگاه
	افزایش قیمت بلیت	بهبود درآمد حاصل از بلیت‌فروشی
		افزایش قیمت بلیت بازی تیم
		افزایش قیمت خدمات
	افزایش منافع مالی	رشد اقتصادی باشگاه‌های فوتبال
		افزایش منافع مالی باشگاه
		ایجاد منابع درآمدزایی برای باشگاه
		افزایش سود سهام باشگاه

مقوله‌های اصلی	مقوله‌های محوری	کدهای باز
بازاریابی سبز	آموزش هواداران	افزایش آگاهی عمومی
		فرهنگ‌سازی زیست‌محیطی برای هواداران
		تأثیرگذاری بر رفتار زیست‌محیطی طرفداران
		افزایش علاقه مردم به محیط‌زیست
	ترویج فرهنگ سبز	سبز شدن استادیوم موجب افزایش طرفداران
		افزایش انگیزه هواداران برای حمایت تیم
		افزایش طرفداران برای حضور در استادیوم
		استقبال بیشتر مشتریان (هواداران)
	نیازهای اجتماعی هواداران	ارضا نیاز اجتماعی باشگاه و هواداران
		اهمیت دادن به نیاز فکری هواداران
		پاسخ دادن به نیازهای اجتماعی هواداران
		پاسخگویی به نیازهای حال و آینده هواداران
	وفاداری هواداران	مردم خود را در وجود استادیوم سهیم می‌دانند
		افزایش وفاداری در میان هواداران
		ایجاد حس وفاداری در بین طرفداران
		اعتماد بیشتر هواداران به باشگاه
	جذب حمایت اجتماعی	افزایش شریک شدن هواداران در سهام باشگاه
		حمایت بیشتر هواداران از باشگاه
جذب حمایت‌ها	جذب حامیان مالی	جذب پشتیبان برای باشگاه
		حامیان مالی بیشتر
		بهبود شدن شرایط خصوصی‌سازی
	جذب حمایت دولت	حمایت دولت و نهادها کشوری
		حمایت معنوی و قانونی دولت
بازاریابی برند	افزایش شهرت باشگاه	شهرت استادیوم در میان سایر استادیوم‌ها
		افزایش شهرت استادیوم در میان فوتبال هواداران
	ترجیح برند باشگاه	ترجیح برند باشگاه و استادیوم به سایر برندها
		ترجیح برند باشگاه توسط فوتبال آموزان
	برند حامی محیط‌زیست	باشگاه دارای برند سبز
		باشگاه به‌عنوان برند حامی محیط‌زیست

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شکل ۱. نقشه مضمون نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بر بازاریابی باشگاه‌های فوتبال



منبع: یافته‌های تحقیق

۵. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌ها بر بازاریابی باشگاه‌های فوتبال بود. در نهایت پس از تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش ۵ مفهوم اصلی و ۲۰ مقاله محوری استخراج گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر موجب جذب مشتری، درآمدزایی، بازاریابی سبز، جلب حمایت‌ها و بازاریابی برند باشگاه‌های فوتبال می‌شود.

یافته‌های پژوهش در مفهوم جذب مشتری شامل چهار مقوله محوری ایجاد جاذبه بصری، بهبود کیفیت خدمات، تبلیغات سبز، رقابت با سایر باشگاه‌ها می‌باشد. به‌طور کلی، با توجه به اینکه باشگاه‌های فوتبال برای ادامه حیات خود نیاز به درآمد دارند و مشتری اصلی

آن‌ها طرفداران فوتبال‌اند باشگاه فوتبال می‌تواند ابتدا با بهره‌برداری از منابع انرژی سبز، خدمات ارزان‌تر و باکیفیت بیشتر به هواداران یا مشتریان ارائه دهد زیرا هزینه‌های مربوط به منابع انرژی مورد نیاز استادیوم، صرف سایر بخش‌ها و به‌خصوص بخش خدماتی می‌شود. در کنار این، باشگاه فوتبال می‌تواند با انجام تبلیغات زیست محیطی و حمایت از محیط زیست و اینکه استادیوم باشگاه یک استادیوم دوست دار محیط زیست است، به انتظارات هواداران پاسخ دهد و میزان علاقه و انگیزه هواداران برای حضور در استادیوم را افزایش دهد. همچنین به‌طور کلی استادیوم‌هایی که از منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌کنند، دارای زیبایی خاصی به خاطر وجود صفحات خورشیدی در سازه استادیوم‌اند که این مهم جنبه توریستی و زیباشناختی را برای استادیوم فراهم می‌کند. بنابراین استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌ها موجب افزایش علاقه هواداران به حضور در استادیوم و جذب مشتری (هواداران) می‌شود. در همین رابطه، اولکا و هاسان (۲۰۱۷) در پژوهش خود بر اینکه نکته تأکید دارند که تولید محصولات سبز و اقدامات سبز در صنعت ورزش موجب افزایش علاقه‌مندی هواداران می‌شود.

همچنین نتایج پژوه دائجلیکو و ووکاللی (۲۰۱۷)، سولاویر (۲۰۱۰)، کائو و دو (۲۰۲۰)، نای جن و چرمین (۲۰۱۰) نیز همسو با نتایج این پژوهش بوده و نشان می‌دهد که مصرف‌کنندگان بیش‌ازپیش به شرکت‌هایی که محصولات سبز تولید می‌کنند علاقه‌مند شده‌اند. همچنین بیشتر مصرف‌کنندگان محصولات را خرید می‌کنند، که از نظر زیست‌محیطی، کمتر مضرنند و علاقه‌مند به محصولات شرکت‌های دوست‌دار محیط زیست‌اند و با طراحی تبلیغات سبز می‌توان، مراجع ذهنی بینندگان یا مصرف‌کنندگان را تحریک کرد.

از دیگر نتایج این تحقیق می‌توان به این مطلب اشاره کرد که شرکت‌ها را تشویق به حمایت از محیط زیست و تولید محصولات سبز می‌کنند و اقدامات سبز را بر جذب مشتری مؤثر است. حال، یک باشگاه فوتبال با بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم و ساختمان اداری خود علاوه بر مزایای مستقیم بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر، باشگاه را حامی محیط زیست معرفی کرده و با تبلیغات سبز توجه هواداران را جلب کرده و موجبات حضور بیشتر هواداران در استادیوم فراهم می‌شود و در نهایت در رقابت با سایر رقبا پیشی بگیرد.

درآمدزایی دیگر مقوله اصلی شناسایی شده در پژوهش حاضر است. یافته‌های پژوهش در بخش درآمدزایی شامل تولید محصول سبز، بازاریابی انرژی، کاهش هزینه‌های استادیوم، افزایش قیمت بلیت‌فروشی، افزایش منافع مالی است. باشگاه‌های فوتبال با بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌ها، زمین‌های تمرین و ساختمان اداری خود می‌توانند بخش زیادی از انرژی‌های مصرفی خود را کاهش دهند و در ادامه بخش زیادی از هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی نظیر پول برق، آب و گاز را که باید به دولت مرکزی پرداخت کنند تقریباً نزدیک به صفر می‌کنند. بنابراین می‌توان با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر بخش زیادی از هزینه‌های سازمانی و استادیوم‌ها را کاهش داد. در همین رابطه نتایج این پژوهش با مطالعات دهقان همکاران (۲۰۲۱)، دو و همکاران (۲۰۲۴) و کاتراپراکاسیس (۲۰۱۹) همسوست که بر کاهش مصرف انرژی اماکن ورزشی با بهره‌گیری از انرژی‌های سبز تأکید و بیان کردند که باید با به‌کارگیری تجهیزات و فناوری‌های نوین نظیر سیستم استحصال آب باران، در میزان انرژی مصرفی مجموعه‌های ورزشی صرفه‌جویی کرد. همچنین با بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش انرژی‌های سبز، یکی از عوامل مؤثر را کاهش هزینه‌های سازمانی و هزینه‌های انرژی عنوان کرده‌اند. به‌عنوان مثال کاهش هزینه‌های باشگاهی استادیوم پانکرتان در کشور یونان با استفاده از آبگرمکن‌های خورشیدی و انرژی زیست‌توده، که توانسته است ۱۰۰ درصد انرژی گرمایشی مورد نیاز خود را تأمین کند.

علاوه بر این، باشگاه‌های فوتبال می‌توانند برق مازاد تولید شده را در نیم فصل یا پایان فصل (فصل تابستان) یا در زمانی که مسابقه‌ای در استادیوم برگزار نمی‌شود به دولت مرکزی یا شهرداری بفروشند و درآمدزایی داشته باشند. فروش منابع انرژی مازاد در ورزشگاه مربوط به بازاریابی انرژیست و بدین ترتیب، مدیران باشگاه‌های فوتبال می‌توانند برق تولید شده حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر را در روزهایی که استادیوم تعطیل است را با هماهنگی و قرارداد با ارگان‌های مربوطه به فروش برسانند.

در همین رابطه نتایج پژوهش آکینو و ناواری (۲۰۱۵)، یوسفیان و همکاران (۲۰۲۲) و فانگ‌وو (۲۰۲۴) تأییدی بر درآمدزایی استادیوم‌ها از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر می‌باشد که با نتایج این تحقیق همسوست. درواقع با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در اماکن ورزشی می‌توان ضمن کاهش هزینه حامل‌های انرژی به صورت خود تأمین اقدام و با فروش انرژی تولیدی مازاد به شبکه توزیع، نسبت به درآمدزایی بلندمدت اقدام کرد.

به عنوان مثال پژوهش فانگ و حاکي از آن است که با ایجاد یک میدان خورشیدی با پنل های فتوولتائیک ۱۰۰۰۰ متر مربعی نصب شده در پشت بام استادیوم، علاوه بر تأمین انرژی مورد نیاز برق استادیوم، می توان روزانه ۲۶ مگاوات ساعت انرژی به برق شهری فروخت.

افزایش قیمت بلیت فروشی از جمله مقوله های شناسایی شده در راستای تأثیر بهره برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم ها بر باشگاه های فوتبال است. به طور کلی اتخاذ فناوری ها و شیوه های پایدار به مانند بهره برداری از منابع انرژی سبز، می تواند منجر به افزایش سطح سودمندی هواداران و در نهایت نفوذ قابل توجه باشگاه ها به بازار شود. زیرا با افزایش آگاهی زیست محیطی و آگاهی از تغییرات اقلیمی به همان نسبت ترجیحات ممیزی طرفداران نیز تغییر می کند. از همین رو، هواداران حاضرند هزینه بیشتری را برای دیدن بازی تیم های محبوب خود که دارای استادیوم سبز است پرداخت کنند که نتایج سولایویر (۲۰۱۰) و پژوهش لیو (۲۰۲۴) نیز بیانگر افزایش قیمت بلیت فروشی و استقبال هواداران است و پیش بینی می کنند که استادیوم هایی با فناوری ها و شیوه های پایدار، این پتانسیل را دارند که سهم قابل توجهی از بازار را حتی با قیمت های بسیار بالاتر به دست آورند.

بازاریابی سبز دیگر مفهوم شناسایی شده در رابطه با بهره برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم های فوتبال می باشد. به طور کلی سازمان های ورزشی با توجه به شرایط زیست محیطی جهان، می توانند ضمن انجام مسئولیت اجتماعی خود با استفاده از بازاریابی سبز، منابع درآمدی باشگاه را توسعه دهند، به این صورت که باشگاه های فوتبال در حین شرکت در مسابقات فوتبال، میزبانی از رویدادهای ورزشی و کسب درآمد، با داشتن کمترین تأثیرات مضر و تخریب کننده بر روی محیط زیست در عین رشد و توسعه خود، می توانند پاسخگو نیازهای اجتماعی هواداران باشند.

در همین راستا یک باشگاه فوتبال با ساخت، طراحی، بازسازی و توسعه یک استادیوم، مبتنی بر توسعه پایدار و بهره برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر، علاوه از عملکرد زیست محیطی باشگاه، خود را به عنوان یک مجموعه حامی محیط زیست معرفی می کند و با توجه به اینکه امروزه محیط زیست در اولویت جامعه جهانی است و مردم از گام های مثبت در راستای حفظ محیط زیست حمایت می کنند، باشگاه فوتبال با استفاده از انرژی های سبز می تواند به نیازها و انتظارات اقشار جامعه پاسخ دهد و با بازاریابی سبز، زمینه رشد اقتصادی خود را فراهم کند. نتایج پژوهش نکمحمود و فرکاس (۲۰۲۰) نیز این

موضوع را مورد تأیید قرار می‌دهد و نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، یک باشگاه می‌تواند با اقدامات سبز و پایدار به نیازها و خواسته‌های مشتریان را از طریق حفاظت از محیط زیست پاسخ دهد. در همین رابطه انصاری و همکاران (۲۰۲۳) نیز بازاریابی سبز را از پیامدهای اقتصادی بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر دانسته‌اند.

عملکرد سبز باشگاه‌های فوتبال و پاسخگویی به نیازهای اجتماعی هواداران و جامعه، موجب جذب هواداران و ایجاد وفاداری در هواداران می‌شود. از همین رو، با توجه با افزایش دغدغه‌های زیست محیطی در میان جامعه و هواداران باشگاه‌ها باید علاوه بر توسعه عملکرد زیست محیطی خود، با انتخاب استراتژی مناسب و با استفاده از بازاریابی سبز، منابع درآمدی خود را بسط و توسعه دهد. که این نتیجه همسو با یافته‌های یزدانی و همکاران (۲۰۲۱) است که بیان می‌کنند مصرف‌کنندگان محصولات ورزشی بیشتر از گذشته نسبت به مسائل زیست محیطی علاقه‌مند شده‌اند و آگاهی‌های زیست محیطی نیز در میان آن‌ها رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است و لازم است شرکت‌ها و سازمان‌ها به منظور رقابت با سایر رقبا و حفظ مشتریان در تولید محصولات خود، حفظ محیط زیست و شرایط زیست محیطی را در اولویت قرار دهند.

نتایج این پژوهش با یافته‌های مک کلو و همکاران (۲۰۲۲)، مابون (۲۰۲۳) و کایولا و همکاران (۲۰۲۳) نیز همسوست که نشان داده‌اند هر چقدر باشگاه‌ها یا سازمان‌های ورزشی طرح‌های پایداری بیشتری انجام دهند میزان وفاداری هواداران و حمایت اجتماعی هواداران افزایش پیدا می‌کند. درواقع هواداران از عملکرد سبز باشگاه حمایت کرده و میزان وفاداری آن‌ها افزایش پیدا می‌کند.

بازاریابی برند ازجمله مفاهیم شناسایی شده در پژوهش حاضر است که اشاره به این موضوع دارد که باشگاه‌های فوتبال با انجام اقدامات سبز، نظیر بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌ها، برند خود را نسبت به سایر باشگاه‌ها متمایز می‌کنند. این یافته با نتایج پژوهش‌های «علمسیاه و همکاران (۲۰۲۰)» و «مورا و همکاران (۲۰۲۱)» همسو است. آن پژوهش‌ها نشان می‌دهند باشگاه سويا با انجام اقدامات سبز در استادیوم خود و معرفی خود به عنوان یک باشگاه سبز، به برندی شناخته شده در این حوزه تبدیل شده است. این پیوند باشگاه با ارزش‌های زیست محیطی و پایداری، هم برای هواداران بسیار ارزشمند است و هم مورد حمایت نهادهای دولتی و غیردولتی قرار می‌گیرد.

جلب حمایت‌ها مفهوم دیگری است که در پژوهش حاضر شناسایی شده و بیانگر این موضوع می‌باشد که استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال می‌تواند بر میزان حمایت هواداران، حامیان مالی و دولت تأثیرگذار باشد. این یافته با نتایج پژوهش‌های کلیسون و همکاران (۲۰۱۵) و مک‌کلو و همکاران (۲۰۲۲) همسو است. در همین راستا، کلیسون در پژوهش خود اشاره می‌کند که اصلی‌ترین محرک برای ساخت استادیوم‌های سبز، تغییرات وسیع اجتماعی است. از سوی دیگر، ابتکارات زیست‌محیطی باشگاه می‌تواند مزیت رقابتی نسبت به سایر رقبا ایجاد کند و بر رفتارهای محلی نیز تأثیر مثبت بگذارد. بنابراین باشگاه‌های فوتبال با انجام اقدامات پایدار، نظیر استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، می‌توانند در کانون توجهات قرار گیرند و به همان نسبت، حامیان مالی بیشتری تمایل به حمایت از آن‌ها پیدا می‌کنند.

در پایان، پیشنهاد می‌شود با توجه به وجود بحران‌های زیست‌محیطی همچون آلودگی هوای کلان‌شهرها، بحران‌های آبی، تغییرات اقلیمی و سایر خطرات زیست‌محیطی در کشور و همچنین تأثیرات قابل توجه اقدامات زیست‌محیطی بر بازاریابی باشگاه‌های فوتبال، دولت، مدیران ورزشی کشور، مدیران باشگاه‌های فوتبال و دست‌اندرکاران ورزش کشور نظیر شرکت توسعه و نگهداری اماکن ورزشی کشور اقدامات مثبتی در راستای ساخت و تجهیز اماکن ورزش و استادیوم‌های فوتبال سبز و جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر به جای منابع انرژی سنتی و فسیلی در اماکن و استادیوم‌های ورزشی انجام دهند، تا زمینه لازم برای بازاریابی و درآمدزایی از طریق استادیوم‌ها فراهم شود و سپس با تبلیغات سبز و بازاریابی سبز و توسعه برند استادیوم، زمینه را برای رشد و توسعه اقتصادی باشگاه را فراهم کنند.

به سایر پژوهشگران نیز پیشنهاد می‌شود، تأثیرات اقدامات زیست‌محیطی باشگاه‌های فوتبال بر رفتار زیست‌محیطی مشتریان (هواداران) و وفاداری به برند باشگاه را مورد بررسی قرار دهند. همچنین پیشنهاد می‌شود که نقش مستقیم ورزش در دستیابی به هدف هشتم توسعه پایدار (رشد اقتصادی) را مورد مطالعه قرار دهند. همچنین هر پژوهشی علمی متأثر از برخی محدودیت‌ها است و این پژوهش نیز از این امر مستثنا نیست و از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان دسترسی دشوار به مدیران باشگاه‌های لیگ برتر، مدیران استادیوم‌های فوتبال کشور به دلیل امنیتی بودن استادیوم‌ها، علیرغم هماهنگی و نامه‌نگاری انجام‌شده و وسعت جغرافیایی استادیوم‌های تیم‌های شرکت‌کننده در لیگ برتر کشور اشاره کرد. علاوه بر این، اکثر مدیران باشگاه‌ها، استادیوم‌ها، مسئولین بازاریابی باشگاه‌ها و

شناسایی و تحلیل نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بر بازاریابی ... | انصاری اردلی و همکاران | ۲۹

حتی سازمان لیگ فوتبال کشور غیر ورزشی و دارای تحصیلات غیر مرتبط بوده‌اند و تعداد محدود در بعضی باشگاه‌های صنعتی و خصوصی خبرگانی آگاه و با رشته تحصیلی مرتبط حضور داشتند.

۶. تعارض منافع

تعارض منافی وجود ندارد.

۷. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از همه افرادی که در انجام پژوهش ما را همراهی کرده‌اند، تشکر و قدردانی نمایند.

ORCID

Amir Ansari Ardali  <https://orcid.org/000-0002-0333-372X>

Sara Keshkar  <https://orcid.org/0000-0002-2145-1850>

Gholamali kargar  <https://orcid.org/0000-0002-1128-100X>

۸. منابع

انصاری اردلی، امیر؛ کشکر، سارا و کارگر، غلامعلی. (۱۴۰۱). شناسایی الزامات و اقدامات مدیریت سبز در راستای توسعه پایدار استادیوم‌های فوتبال ایران. *مطالعات مدیریت ورزشی*، ۱۴(۷۵)، ۲۲۰-۱۹۵. Doi: 10.22089/smrj.2021.10047.3312

کشکر، سارا. (۱۴۰۲). شناسایی و تحلیل موانع و فرصت‌های بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر در استادیوم‌های فوتبال ایران. *مدیریت و توسعه ورزش*، ۱۲(۲)، ۴۱-۴۰.

<https://doi.org/10.22124/jsmd.2023.6800>

انصاری اردلی، امیر. (۱۳۹۹). نقش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بر بازاریابی سبز و توسعه پایدار در استادیوم‌های منتخب فوتبال ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی. صفحات ۱-۱۳۲.

دهقان قهفرخی، امین؛ پورشریف سورکوهی، بهاره؛ انصاری اردلی، امیر و جلالی فراهانی، مجید. (۱۳۹۹). اولویت‌بندی فناوری‌های نوین قابل استفاده در اماکن ورزشی با تأکید بر کاهش مصرف انرژی. *مطالعات مدیریت ورزشی*، ۱۲(۶۴)، ۱۵۰-۱۳۳.

Doi: 10.22089/smrj.2020.8367.2867

گودرزی، صمد؛ باقری، قدرت‌الله و یزدانی، حمیدرضا. (۱۴۰۰). طراحی مدل عوامل مؤثر بر توسعه به کارگیری انرژی تجدیدپذیر در اماکن ورزشی ایران. *نشریه مدیریت ورزشی*، ۱۳(۱)، ۱۶۱-۱۸۱.
Doi: 10.22059/jsm.2019.264481.2146

جعفری، سعید؛ جلالی فراهانی، مجید و خبیری، محمد. (۱۳۹۹). بررسی موانع طراحی و ساخت اماکن ورزشی سبز از دیدگاه کارشناسان. *نشریه مدیریت ورزشی*، ۱۲(۱)، ۳۵-۵۶.
Doi: 10.22059/jsm.2020.216735.1695

رسولی پره یوسفیان، سعید؛ برقی مقدم، جعفر؛ جنانی، حمید؛ نجف‌زاده، محمدرحیم و روشن میلانی، افشین. (۱۴۰۱). مدیریت بهینه انرژی در اماکن ورزشی زیرمجموعه وزارت نیرو با تأکید بر انرژی‌های تجدیدپذیر (مطالعه استان آذربایجان شرقی). *پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش*، ۱۴(۱)، ۱۷۶-۱۶۱.

صادقی آرانی، زهرا؛ علیدوست قهفرخی، ابراهیم و امیدوار اشکلاک، مهدی. (۱۳۹۱). مدل‌سازی تعاملی مؤلفه‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز در مشاغل ورزشی: رویکردی فرآیندگرا و سلسله‌مراتبی. *مجله مطالعات نوین در مدیریت ورزشی*، ۳(۲)، ۴۴۱-۴۲۰.

یزدانی، فرشاد؛ فرقانی اوزرودی، محمداقبر و یعقوبی، علی. (۱۴۰۰). رابطه بین بازاریابی سبز و ادراک از معیارهای اخلاقی تولیدکنندگان با وفاداری مشتریان محصولات ورزشی. *مطالعات بازاریابی ورزشی*، ۲(۴)، ۹۷-۶۵.

Doi: <https://www.doi.org/10.34785/J021.2022.296>

References

- Alamsyah, D., Othman, N., & Mohammed, H. (2020). The awareness of environmentally friendly products: The impact of green advertising and green brand image. *Management Science Letters*, 10(9), 1961-1968. <http://dx.doi.org/10.5267/j.msl.2020.2.017>
- Ali, ABELHAK, & Ibrahim, BELHIMR. (2021). Using sports marketing methods by professional football clubs as a solution to respect the rules of fair financial play Case of Paris Saint-Germain club. *Scientific Research Bulletins*, 9(2), 348-359. <https://www.researchgate.net>.
- Amis, J., Pant, N., & Slack, T. (1997). Achieving a sustainable competitive advantage: A resource-based view of sport sponsorship. *Journal of sport management*, 11(1), 80-96. <https://doi.org/10.1123/jsm.11.1.80>
- Ansari ardali, A., Keshkar, S., & karegar, G. (2022). Identifying the requirements and actions for green management in relation to the sustainable development of Iranian football stadiums. *Sport ManagementStudies*, 14(75), 195220. <https://doi.org/10.22089/smrj.2021.10047.3312>. [In Persian]

- Ansari ardali, A., keshkar, S., & Karegar, G. A. (2023). Recognition and analysis of barriers and opportunities for the use of renewable energy sources in Iranian football stadiums. *Sport Management and Development*, 12(2), 40-41. <https://doi.org/10.22124/jsmd.2023.6800>. [In Persian]
- Ansari Ardali, Amir. (2020). *The role of using renewable energy sources on green marketing and sustainable development in selected football stadiums in Iran*. Master's thesis, Allameh Tabatabai University. Pages 1-132., Master's thesis, Allameh Tabatabai University. Pages 1-132. <https://aris.atu.ac.ir/keshkar>. [In Persian]
- Atghia, N., & Nazarian, A. (2024). Economic sustainability: a solution to the financial problems of football clubs. *Sport. Business and Management: An International Journal*, 14(1), 56-79. <https://doi.org/10.1108/SBM-03-2023-0024>
- Aquino, I., & Nawari, N. O. (2015). Sustainable Design Strategies for Sport Stadia. *Suburban Sustainability*, 3(1), 1-32. <http://dx.doi.org/10.5038/2164-0866.3.1.1020>
- Blumrodt, J., Desbordes, M., & Bodin, D. (2013). Professional football clubs and corporate social responsibility. *Sport, business and management: an international journal*, 3(3), 205-225. <http://dx.doi.org/10.1108/SBM-04-2011-0050>
- Bodong, S., Wiseong, J., Chengmeng, L., & Khakichi, A. (2023). Economic management and planning based on a probabilistic model in a multi-energy market in the presence of renewable energy sources with a demand-side management program. *Energy*, 126549. DOI: 10.1016/j.energy.2022.126549
- Burger, M., Graeber, B., & Schindlmayr, G. (2014). Managing energy risk: An integrated view on power and other energy markets. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118618509>
- Cayolla, R. R., Escadas, M., Biscaia, R., Kellison, T., Quintela, J. A., & Santos, T. (2023). Fans' perceptions of pro-environmental sustainability initiatives in sport and triple bottom line benefits. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, (ahead-of-print).competitive pricing of modular products for green consumers. *J. Clean. Prod.*142 (4), 4230e4242. <http://dx.doi.org/10.1108/IJSMS-07-2022-0141>
- Charviandi, A. (2023). Application of Shopping Bag to Consumer Green Purchase Behavior through Green Trust, and Green Perceived Value. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 1(2), 19-24. <https://doi.org/10.31004/riggs.v1i2.22>
- Da Silva, E. C., & Las Casas, A. L. (2017). Sports marketing plan: an alternative framework for sports club. *International Journal of Marketing Studies*, 9(4), 15-28. <http://dx.doi.org/10.5539/ijms.v9n4p15>

- Dangelico, R.M., Vocalelli, D., 2017. Green Marketing: an analysis of definitions, strategy steps, and tools through a systematic review of the literature. *J. Clean. Prod.* 165, 1263e1279.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.184>
- Dingle, G. W., & Stewart, B. (2018). Playing the climate game: Climate change impacts, resilience and adaptation in the climate-dependent sport sector. *Managing Sport and Leisure*, 23(4-6), 293-314.
<http://dx.doi.org/10.1080/23750472.2018.1527715>
- Dehghan Ghahfarokhi, A., Pur Sharif Surkuhi, B., Ansari Ardali, A., & Jalali Farahani, M. (2021). Prioritizing New Usable Technologies in Sports Facilities with an Emphasis on Reducing Energy Consumption. *Sport Management Studies*, 12(64), 133-150.
<https://doi.org/10.22089/smrj.2020.8367.2867>. [In Persian]
- Du, X., Xie, W., & Guan, W. (2024). Energy transition in sport and public facilities: pioneering sustainable economic pathways. *Economic Change and Restructuring*, 57(2), 44. <https://doi.org/10.1007/s10644-024-09616-x>
- Elnour, M., Fadli, F., Himeur, Y., Petri, I., Rezgui, Y., Meskin, N., & Ahmad, A. M. (2022). Performance and energy optimization of building automation and management systems: Towards smart sustainable carbon-neutral sports facilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, 112401. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112401>
- Ewim, D. R. E., Abolarin, S. M., Scott, T. O., & Anyanwu, C. S. (2023). A Survey on the Understanding and Viewpoints of Renewable Energy among South African School Students. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 9(2), 15375-01e.
<https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss2pp15375-01e>
- Goodarzi, S., Bagheri, G., & Yazdani, H. (2021). Developing the Model of Factors Affecting the Development of Renewable Energy Use in Iran Sport Facilities. *Sport Management Journal*, 13(1), 161-181. doi: 10.22059/jsm.2019.264481.2146. [In Persian]
- Hanif, H. (2022, February). Towards achieving Platinum standards for Green Building certification: a case study using Jakarta International Stadium (JIS) design. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 997, No. 1, p. 012006)*. IOP Publishing.
 DOI 10.1088/1755-1315/997/1/012006
- Jafari, S., Jalali Farahani, M., & Khabiri, M. (2020). Study of Barriers of Constructive and Designing Green Sport Environments from Expertise's Point of View. *Sport Management Journal*, 12(1), 35-56.
<https://doi.org/10.22059/jsm.2020.216735.1695>. [In Persian]
- Kao, T. F., & Du, Y. Z. (2020). A study on the influence of green advertising design and environmental emotion on advertising effect. *Journal of cleaner production*, 242, 118294.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118294>

- Katsaprakakis, D. A., Dakanali, I., Zidianakis, G., Yiannakoudakis, Y., Psarras, N., & Kanouras, S. (2019). Potential on Energy Performance Upgrade of National Stadiums: A Case Study for the Pancretan Stadium, Crete, Greece. *Applied Sciences*, 9(8), 1544-1575.
<https://doi.org/10.3390/app9081544>
- Kellison, T. B., Trendafilova, S., & McCullough, B. P. (2015). Considering the social impact of sustainable stadium design. *International Journal of Event Management Research*, 10(1), pp 63-83.
https://scholarworks.gsu.edu/kin_health_facpub/56/
- keshkar, S. (2023). Recognition and analysis of barriers and opportunities for the use of renewable energy sources in Iranian football stadiums. *Journal of Sport Management and Development*, 12(2), 1-27.
<https://doi.org/10.22124/jsmd.2023.6800>
- Lorgnier, N. (Ed.). (2017). *Routledge handbook of football marketing*. Taylor & Francis Limited. <https://doi.org/10.4324/9781315267203>
- Liu, Z., Ahmad, I., Perveen, Z., & Alvi, S. (2023). Do the globalization and imports of capital goods from EU, US and China determine the use of renewable energy in developing countries?. *Carbon Management*, 14(1), 1-12. <https://doi.org/10.1080/17583004.2023.2165162>
- Luan, N. T., Hau, D. N. D., & Thu, N. T. A. (2022). The Influence of Green Product Development Performance to Enhance Enterprise Effectiveness and Innovation. *Economies*, 10(5), 113.
<https://doi.org/10.3390/economies10050113>
- Mabon, L. (2022). Football and climate change: what do we know, and what is needed for an evidence-informed response? *Climate Policy*, 1-15. <https://doi.org/10.3390/en11092396>
- Manni, M., Coccia, V., Nicolini, A., Marseglia, G., & Petrozzi, A. (2018). Towards zero energy stadiums: The case study of the Dacia arena in Udine, Italy. *Energies*, 11(9), 2396. <https://doi.org/10.3390/en11092396>
- Mathew, M. D. (2022). Nuclear energy: A pathway towards mitigation of global warming. *Progress in Nuclear Energy*, 143, 104080.
<https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2021.104080>
- McCullough, B. P., Casper, J. C., & Kushner Smith, D. M. (2022). Fan Responses of Sponsored Environmental Sustainability Initiatives. *Sustainability*, 14(21), 14062. <https://doi.org/10.3390/su142114062>
- McCullough, B. P., Orr, M., & Kellison, T. (2020). Sport ecology: Conceptualizing an emerging subdiscipline within sport management. *Journal of Sport Management*, 34(6), 509-520.
<https://doi.org/10.1123/jsm.2019-0294>
- Nai-Jen, C., & Cher-Min, F. (2010). Green product quality, green corporate image, green customer satisfaction, and green customer loyalty. *African journal of business management*, 4(13), 2836-2844.
<https://doi.org/10.5897/AJBM.9000310>

- Nekmahmud, M., & Fekete-Farkas, M. (2020). Why not green marketing? Determinates of consumers' intention to green purchase decision in a new developing nation. *Sustainability*, 12(19), 7880. <https://doi.org/10.3390/su12197880>
- Perera, F., Ashrafi, A., Kinney, P., & Mills, D. (2019). Towards a fuller assessment of benefits to children's health of reducing air pollution and mitigating climate change due to fossil fuel combustion. *Environmental research*, 172, 55-72. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.016>
- Polonsky, M. J. (2011). Transformative green marketing: Impediments and opportunities *Journal of Business Research*, pp. 1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2011.01.016>
- Peyman, Z., & afshari, M. (2021). The analysis of sponsor's participation in the sports events based on sponsorship motivation matrix (case study, football Primer league of Iran). *Sport Management Studies*, 12(64), 207-232. <https://doi.org/10.22089/smrj.2020.9124.3091>. [In Persian]
- Rasouli pareh yousefian, S., Barghi Mogaddam, J., Janani, H., Najafzadeh, M. R., & roshan milani, A. (2022). Optimal energy management in sports venues under the Ministry of Energy with emphasis on renewable energy (East Azerbaijan Province). *Sport Physiology & Management Investigations*, 14(1), 161-176. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.1735.5354.1401.14.1.11.9.677>. [In Persian]
- Rezaei, F., Honari, H., Ghafouri, F., & Aghayi, T. (2022). The effects of green marketing drivers on the Performance of sport facilities with the mediating role of social responsibility. *Sports Marketing Studies*, 3(1), 171-144. [HTTPS://WWW.DOI.ORG/10.34785/J021.2022.006](https://www.doi.org/10.34785/J021.2022.006). [In Persian]
- Rosner, S., & Shropshire, K. (Eds.). (2011). *the business of sports*. Jones & Bartlett Publishers. <https://books.google.com/books?id=owSi55tLZAC&newbks=0&hl=en>
- Sfintes, R. (2020). Football stadium: An energy-efficient building and a source of renewable energy for the community. *Energy efficient building design*, 171-184. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40671-4_11
- Sadeqi-Arani, Z., Alidoust Ghahfarokhi, E., & Omidvar Ashklak, M. (2022). Interactive Modeling of Green Supply Chain Management Components in Sports Businesses: A Process-Oriented and Hierarchical Approach. *Journal of New Studies in Sport Management*, 3(2), 420-441. <https://doi.org/10.22103/jnssm.2022.19186.1070>. [In Persian]
- Saedi, A. H., & Ahmadi, A. (2023). Life cycle assessment of Iran energy portfolio: Renewable energy replacement approach. *Energy Science & Engineering*. <https://doi.org/10.1002/ese3.1422>
- Saengchai, S., Rodboonsong, S., & Jermsittiparsert, K. (2019). Environmental regulation, green product innovation and performance: Do the environmental dynamics matter in thai sports industry? *Journal of Human Sport and Exercise*, 14(Proc5), S2276-S2289. doi.org/10.14198/jhse.2019.14.Proc5.44

- Silveira, M. P., Cardoso, M. V., & Quevedo-Silva, F. (2019). Factors influencing attendance at stadiums and arenas. *Marketing Intelligence & Planning*, 37(1), 50-65. doi.org/10.1108/MIP-02-2018-0048
- Söderman, S. (2023). Chinese and other perspectives on football. In *The Footballization of China* (pp. 1-30). Edward Elgar Publishing. doi.org/10.4337/9781803928265.00006
- Solvalier, I. (2010). *Green Marketing Strategies-Case Study about ICA Group AB*. Karlstad University, Sweden .pp 1-107 .https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:324611/FULLTEXT04
- Biel, J., Finger, T., Niemann, A., Reinke, V., Kossakowski, R., Jungblut, J., & Llopis-Goig, R. (2023). A European public sphere united by football: a comparative quantitative text analysis of German, Norwegian, Polish and Spanish football media. *JCMS: Journal of Common Market Studies*. https://doi.org/10.1111/jcms.13559
- Stemler, S. (2001). An overview of content analysis. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 7(17), 137-46. https://doi.org/10.7275/z6fm-2e34
- Szczepkowski, J. (2021). Building and maintaining the relationship with football fans during COVID-19. *Journal of Physical Education and Sport*, 21, 1270-1275. DOI:10.7752/jpes.2021.s2161
- Ülkü, M. A., & Hsuan, J. (2017). Towards sustainable consumption and production: Competitive pricing of modular products for green consumers. *Journal of cleaner Production*, 142, 4230-4242. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.050
- León-Quismondo, J. (2021). Sustainability Marketing in the National Football League (NFL): The Case of the Philadelphia Eagles. In *Social and Sustainability Marketing* (pp. 721-738). Productivity Press. https://doi.org/10.4324/9781003188186
- Lobillo Mora, G., Ginesta, X., & de San Eugenio Vela, J. (2021). Corporate social responsibility and football clubs: the value of environmental sustainability as a basis for the rebranding of real Betis Balompie in Spain. *Sustainability*, 13(24), 13689. https://doi.org/10.3390/su132413689
- Lyu, S. O. (2024). Unveiling willingness to pay for green stadiums: Insights from a choice experiment. *Journal of Cleaner Production*, 434, 139985. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139985
- Panferov, D., & Averin, A. (2020). Improvements of football clubs' marketing strategies in Russian reality. *Laisvalaikio tyrimai*, 2(16). https://doi.org/10.33607/elt.v2i16.1028
- Wanless, L., Seifried, C., & Kellison, T. (2023). Renewable energy source diffusion in professional sport facilities. *Journal of Sport Management*, 1(aop), 1-13. https://doi.org/10.1123/jsm.2023-0081

- Wu, Mf. (2023). Toward sustainable energy management of a sports complex with use of solar energy and thermal demand management. *J. Cent. South Univ.* 30, 3586-3600.
<https://doi.org/10.1007/s11771-023-5486-2>.
- Yazdani, F., Forghani Ozrudi, M., & Yaghobi, A. (2021). Relationship between green marketing and the ethical measures of producers with the loyalty of sports products customers. *Sports Marketing Studies*, 2(4), 65-97. [HTTPS://WWW.DOI.ORG/10.34785/J021.2022.296](https://www.doi.org/10.34785/J021.2022.296). [In Persian]
- Zahedi, R., Zahedi, A., & Ahmadi, A. (2022). Strategic study for renewable energy policy, optimizations and sustainability in Iran. *Sustainability*, 14(4), 2418. <https://doi.org/10.3390/su14042418>.

استناد به این مقاله: انصاری اردلی، امیر؛ کشکر، سارا؛ کارگر، غلامعلی. (۱۴۰۴). شناسایی و تحلیل نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بر بازاریابی باشگاه‌های فوتبال ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵۵ (۱۴)، ۳۶-۵.



Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Forecasting Electricity Demand in Iran: The Approach of State-Space Models and Markov Regime Switching

Fariborz Partovi Rad  *

Ph.D. student, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i university, Tehran, Iran.

Teymor Mohammadi 

Professor, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i university, Tehran, Iran.

Mahnoosh Abdollah Milani 

Associate Professor, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i university, Tehran, Iran.

Morteza Khorsandi 

Associate Professor, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i university, Tehran, Iran.

Abstract

Forecasting electricity demand is one of the most important issues of the electrical energy system. Considering the structural changes in electricity demand and the stylized facts of electricity consumption, forecasting the amount of electricity demand will clarify the prospects of changes in the Iran's electric energy system. By using new approaches, this prediction will have higher reliability. In this research, using the state-space approach and combining it with Markov regime switching, the main sources of uncertainties were included in the model. By using the data of electric energy feed-in the system to supply electricity demand and the average real price of electricity and temperature and the number of customers in the ten-year period of 2013-2022, the parameters of the model were estimated based on the state-space approach and Markov switching. State-space approach in the form of time-varying parameters and Markov switching approach in the form of variance fluctuations were included in the model. The results showed that the model based on this integrated approach gives a more accurate prediction than the classical model of electricity demand. The standard error of the estimated equations is reduced to one-tenth (in the competing model, the standard error of the corresponding equation is 0.03, and in the integrated approach, it is 0.002 for peak and 0.004 off-peak periods). While this system has a serious challenge in providing electricity demand, the sensitivity of electricity demand to the real price of electricity and temperature changes is decreasing and the demand for marginal customer is increasing.

* Corresponding Author: Fariborz82@hotmail.com

How to Cite: Partovi Rad, F., Mohammadi, T., Abdollah Milani, M., Khorsandi, M. (2025). Forecasting Electricity Demand in Iran: The Approach of State-Space Models and Markov Regime Switching. Iranian Energy Economics, 55 (14), 37-78.

Introduction

Forecasting electricity demand is a critical issue within the electric energy system. Given the structural changes in electricity demand and the stylized facts of consumption patterns across various sectors, forecasting amount of demand clarifies the future trajectory of the Iran's electric energy system over the medium and long term. This study addresses the fundamental question of how a integrated approach, combining Markov regime switching and state-space modeling, can yield more accurate electricity demand forecasts compared to conventional methods. By integrating the state-space approach with Markov regime switching, the primary sources of uncertainty were incorporated into the model.

Given the multidisciplinary nature of this research, the study begins by examining the Iran's electric energy system. Particular attention is paid to presenting a clear picture of the current state of electricity demand and its structural changes. Based on observed phenomena, stylized facts and the theoretical foundations of time-series forecasting models, a integrated approach combining state-space models and Markov switching models was selected. This choice aims to leverage the strengths of each method while compensating for the individual limitations inherent in using either the state-space approach or the Markov switching approach in isolation.

Methods and Material

This study aims to gain a precise and up-to-date understanding of the evolving structure of electric energy demand in Iran. It seeks to disentangle the changes driven by technological, socio-economic, environmental, and regulatory factors and to establish a framework for accurate, robust demand forecasting based on these dynamics. By employing an integrated approach combining state-space models and Markov switching models, the research aims to provide an outlook on the challenges of meeting electricity demand, thereby generating the information necessary for the optimal development of supply-side technologies and the formulation of national electric energy policy.

Based on the research process and following the presentation of theoretical foundations and a review of prior related studies, the competing techniques model was selected for forecasting electricity demand. Through an analysis of Iran's electric energy system data, the key phenomena and stylized facts of electricity demand, as well as its structural changes were elucidated. Subsequently, after organizing the time series data, formulating the intended model, and implementing the necessary code in the relevant software (Win RATS Pro10.0), the competing techniques models and the integrated approach were executed.

Using data on electrical energy input (to meet demand), average real price of electricity, temperature, and the number of costumers over the ten-year period from 2013–2022, the time-varying parameters of the model were estimated based on a combined state-space and Markov switching approach. The state-space approach was incorporated to account for time-varying parameters, while the Markov switching approach addressed variance fluctuations within the model.

Results and Discussion

Since the beginning of the 2010s, the Iran's peak electricity demand during the hot months began shifting from the evening peak to an afternoon peak. Furthermore, the gap in electricity consumption between hot days and other days widened across all load regions. The rate of growth in electricity consumption during the hot months accelerated compared to that of other months, and fluctuations in consumption increased throughout the year particularly during the hot season. The question also arises as to whether these fluctuations and changes represent a transient, short-term phenomenon or signal structural changes in the electricity demand sector that will intensify in the coming years. Could signs or evidence of these phenomena have been identified in studies of Iran's electric power system? What impact will these phenomena have on the supply side of the electric power system? It is evident that a comprehensive analysis of structural changes in the Iran's electricity demand and the forecasting of electricity demand based on these changes has become essential.

The results demonstrated that the model based on this integrated approach yields more accurate forecasts than the classical electricity demand model. While the system faces serious challenges in meeting electricity demand, the sensitivity of demand to real price of electricity and temperature fluctuations has been declining, whereas marginal costumer electricity demand continues to rise.

Conclusion

The results of this modeling and its implementation demonstrate that the model based on this integrated approach yields more accurate electricity demand forecasts than the classical model. Given the importance of forecasting in this study and the research question, the Root Mean Square Error (RMSE) was selected as the metric for comparing the models. By employing an integrated approach the RMSE of the estimated equations is reduced to one-tenth of its original value (specifically, the RMSE is 0.03 for the competing model, whereas it is 0.002 for peak periods and 0.004 for off-peak periods under the integrated approach).

Iran's electric power system faces serious challenges in providing electricity demand. Power generation sector alone confronting a supply-demand imbalance of at least 16,000 MW of unmet demand at the time of this study. The research findings regarding the estimation of the model's time-varying parameters indicate that the sensitivity of electricity demand to real prices of electricity and temperature fluctuations is declining, whereas marginal costumer electricity demand is rising. These results point to an intensification of electricity supply challenges within the Iran's power system in the coming years.

Keywords: forecasting electricity demand, state-space model, Markov regime switching, Time-Varying Parameter, uncertainty of electricity demand

JEL Classification: C22 , C32 , C51 , C53



پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف^۱

فربرز پرتوی‌راد *

دانشجوی دکتری رشته علوم اقتصادی گرایش اقتصادسنجی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

تیمور محمدی

استاد دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

مهنوش عبدالله میلانی

دانشیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

مرتضی خورسندی

دانشیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

چکیده

پیش‌بینی تقاضای برق یکی از مهم‌ترین مسائل در سیستم انرژی الکتریکی به شمار می‌رود. با توجه به تحولات ساختاری و واقعیت‌های شکل گرفته در مصرف برق در بخش‌های مختلف، پیش‌بینی مقدار تقاضای برق می‌تواند دورنمای تحولات سیستم انرژی الکتریکی کشور را در میان مدت و بلند مدت روشن‌تر کند. به کارگیری رویکردهای نوین، قابلیت اطمینان این پیش‌بینی‌ها را افزایش می‌دهد. در این پژوهش، با استفاده از رویکرد فضا - حالت و تلفیق آن با انتقال رژیم مارکوف، منابع اصلی نااطمینانی در مدل لحاظ شده است. داده‌های انرژی الکتریکی ورودی به سیستم برای تأمین تقاضای برق، متوسط قیمت حقیقی برق، دما و تعداد مشترکان در بازه دهه ساله ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ به کار گرفته شده و پارامترهای مدل با رویکرد فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف برآورد شده‌اند. رویکرد فضا - حالت در قالب پارامترهای متغیر طی زمان و رویکرد انتقال رژیم مارکوف در قالب نوسانات واریانس در مدل گنجانده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل مبتنی بر این رویکرد تلفیقی، پیش‌بینی دقیق‌تری نسبت به الگوی کلاسیک تقاضای برق ارائه می‌دهد. خطای معیار معادلات برآوردی به ۰/۱ کاهش می‌یابد، در حالی که در مدل رقیب خطای معیار معادله مربوطه ۰/۰۳ و در رویکرد تلفیقی برای مقاطع اوج ۰/۰۲ و خارج از اوج ۰/۰۴ است. با وجود چالش جدی سیستم در تأمین تقاضای برق، حساسیت تقاضا نسبت به قیمت حقیقی برق و تغییرات دما رو به کاهش بوده و تقاضای برق مشترک نهایی روندی افزایشی دارد.

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی تقاضای برق، رویکرد فضا - حالت، انتقال رژیم مارکوف، پارامترهای متغیر طی زمان، نااطمینانی تقاضای برق

طبقه‌بندی JEL: C53 , C51 , C32 , C22

۱. مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته علوم اقتصادی دانشگاه علامه طباطبائی است.

* نویسنده مسئول: Fariborz82@hotmail.com

۱. مقدمه

تقاضای انرژی الکتریکی به بخش‌های خانگی، صنعت، تجاری، کشاورزی و ... و براساس رویکردی متعارف نواحی باری مصرف به نواحی کم‌باری، میان‌باری و پرباری در ساعت‌های مشخصی از روز تقسیم و پیش‌بینی تقاضای برق نیز متأثر از این رویکرد انجام می‌شده است. ساختار تقاضای انرژی الکتریکی کشور در چند سال گذشته دچار تحولات اساسی شده است. این تحولات ناشی از عوامل اقتصادی - اجتماعی، عوامل زیست‌محیطی و تغییر اقلیم و تغییر تکنولوژی‌های تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مفید بوده است (نمودارها و جداول پیوست). ناتوانی بخش عرضه سیستم انرژی الکتریکی کشور در دنبال کردن این تحولات موجب بروز مشکلاتی در تأمین انرژی الکتریکی در بخش‌های تقاضا شده است. تغییر و کاهش ساعت کار ادارات دولتی، اعمال خاموشی، اعمال محدودیت بر صنایع و افت فرکانس از راهکارهای مدیریت تقاضا در سال‌های اخیر شده است (پیوست). این تحولات حتی توسعه برخی تکنولوژی‌های بخش عرضه همچون نیروگاه‌های برقابی، نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای، تولید پراکنده و ... را با پرسش‌های جدی مواجه کرده است. بروز آثار تغییرات اقلیم همچون کاهش بارش‌ها و افزایش دما از یک‌سو موجب کاهش منابع انرژی اولیه و از سوی دیگر افزایش تقاضای برق شده است (نمودار پ.۱ و پ.۷). از این‌رو برای مدلسازی ساختار تحول یافته و پیچیده تقاضای برق می‌بایست از ابزارهای تحلیلی دقیق‌تری بهره گرفت، تا تعادل پایدار و با قابلیت اطمینان بالایی را برای سیستم عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی دست‌یافتنی ساخت.

گسترش تکنولوژی‌های انرژی‌بر، در کشور، مواجهه با پدیده‌هایی همچون استخراج رمزارز، پدیدار شدن پیک‌های متعدد در ماه‌های گرم سال (نمودار پیوست)، گسترش ماه‌های گرم در بسیاری از مناطق جغرافیایی، ظهور حامل‌های انرژی مفید جدید، افزایش تقاضای برق برای حمل و نقل، گسترش الزامات قانونی مقررات ملی ساختمان و الزام به استفاده از تکنولوژی‌های جدید، تغییر نگرش به ماهیت تقاضای برق و استفاده از ابزارهای تحلیلی دقیق‌تر را ضروری می‌نماید. به عنوان مثال (نمودار پ.۱۱)، مواجهه با این پدیده که در سال‌های اخیر مقدار توان مورد نیاز در ساعت‌های پیک ماه‌های سرد سال از مقدار توان بار پایه ماه‌های گرم سال هم کمتر شده است، این نتیجه حاصل می‌گردد که دیگر با یک مفهوم ثابت برای پیک در تمام روزهای سال مواجه نیستیم و ساعت‌های پیک در طول سال تغییر می‌کند.

با چشم‌پوشی از اعمال خاموشی‌ها و افت فرکانس، روند افزایشی مصرف برق تأمل‌برانگیز است (پیوست). نکته قابل تأمل آن است که در ۶ سال اخیر (از ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲) شاهد تغییر یا کاهش ساعت کاری ادارات در ماه‌های گرم سال به‌منظور کاهش تقاضای برق بوده‌ایم. همچنین الزام ادارات به تأمین برق در ساعات پیک ظهر با استفاده از برق اضطراری نیز از دیگر اقدامات برای کاهش تقاضا بوده است. عدم تعادل عرضه و تقاضای انرژی الکتریکی هم به ناتوانی بخش عرضه در توسعه تکنولوژی‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی مربوط می‌گردد و هم به عدم پیش‌بینی دقیق تقاضای برق مرتبط می‌گردد.

در این پژوهش به بررسی تأثیر انتخاب روش مناسب‌تر پیش‌بینی تقاضای برق برای یافتن پاسخ به چرایی تحولات تقاضای برق پرداخته خواهد شد. انتخاب رویکرد فضا - حالت در پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران را می‌توان به این کاربرد مهم مدل‌های فضا - حالت مرتبط دانست که مدل‌های فضا - حالت استخراج پارامترهای متغیر طی زمان^۱ از سری‌های زمانی تأمین تقاضای برق در سیستم انرژی الکتریکی را ممکن می‌سازد. با توجه به تغییرات پارامترهای الگوی تقاضای برق در طول زمان و تغییرات ساختاری در تقاضای برق، توسعه مدل فضا - حالت و تلفیق آن با انتقال رژیم مارکوف برای پیش‌بینی تقاضای برق، می‌تواند گامی به جلو در پیش‌بینی تقاضای برق باشد. از این‌رو پرسش اساسی این پژوهش را می‌توان چنین مطرح نمود: روش تلفیقی انتقال رژیم مارکوف و فضا - حالت چگونه می‌تواند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری نسبت به روش‌های مرسوم پیش‌بینی تقاضای برق ارائه دهد؟

بر مبنای پرسش اصلی پژوهش، پیشینه مرتبط با پیش‌بینی مقدار تقاضای برق مورد اشاره قرار می‌گیرد. سپس رویکرد و فرآیند انجام پژوهش ارائه خواهد شد. مبانی نظری تبیین و با توجه به سیستم انرژی الکتریکی کشور و مهم‌ترین مسائل سیستم انرژی الکتریکی و بررسی مصرف انرژی الکتریکی در کشور، نیاز مصرف برق پیک، کاهش دستوری تقاضای برق، الگوی توسعه‌یافته پیش‌بینی مقدار تقاضای برق تا حد ممکن به واقعیت نزدیک خواهد شد. تحولات ساختاری در سیستم انرژی الکتریکی ایران با تمرکز بر بخش تقاضا مورد بررسی قرار گرفته است. تحولات مصرف انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف تقاضا مورد توجه قرار گرفته است. نواحی باری در سیستم انرژی الکتریکی و ترکیب حامل‌های انرژی اولیه نیروگاه‌های کشور و فرکانس انرژی الکتریکی تولیدی به‌عنوان مهمترین ویژگی‌های سیستم انرژی الکتریکی مد نظر قرار گرفته است.

1. Time-varying-parameter

حکمرانی در صنعت برق کشور و دام اجتماعی موضوعاتی مهم در تحولات ساختاری سیستم انرژی الکتریکی کشور است که به‌عنوان پدیده‌ای مهم در صنعت برق کشور می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. تشریح داده‌های مورد استفاده، تجزیه و تحلیل داده‌ها و تشریح فروض اساسی در تبیین مدل، انتخاب و معرفی مدل رقیب انجام می‌شود. سپس مدل تلفیقی فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف برای پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در این پژوهش تشریح و تلفیق رویکرد فضا - حالت با انتقال رژیم مارکوف تبیین می‌گردد. تخمین پارامترهای مدل و آسیب‌شناسی مدل‌های توسعه‌یافته، ارائه خواهد شد. سپس خلاصه‌ای از نتایج حاصل از این پژوهش و پاسخ به پرسش اصلی آن ارائه خواهد شد، که روش تلفیقی انتقال رژیم مارکوف و فضا - حالت چگونه می‌تواند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری نسبت به روش‌های مرسوم پیش‌بینی تقاضای برق ارائه دهند. پیشنهاداتی برای ادامه پژوهش نیز ارائه خواهد شد.

اشاره به این نکته نیز حائز اهمیت است که عمده نمودارها و جدول‌های ارائه‌شده در این پژوهش از آمار، اطلاعات و داده‌های رسمی استخراج شده که در بخش منابع مورد استناد قرار گرفته است. برخی نمودارهای تکمیلی، جزئی و تفصیلی نیز در پیوست ارائه شده است. تمامی اطلاعات از منابع مختلف صحت‌سنجی شده و در مواردی حتی نسبت به تصحیح اطلاعات از منابع دقیق اقدام شده است. به عبارت دیگر استفاده از قضاوت کارشناسی و دقت و حساسیت در استفاده از اطلاعات و داده‌ها از ویژگی مهم این پژوهش است.

۲. پیشینه پژوهش

تاکنون مطالعات متعددی با موضوع پیش‌بینی تقاضای انرژی الکتریکی چه در داخل کشور و چه در خارج کشور انجام شده است. مروری بر یافته‌های برخی مطالعات در سال‌های اخیر که مرتبط با مسئله و موضوع این پژوهش است، ضرورت انجام مطالعه حاضر را بیان می‌کند. محمدی و پژوهان (۱۳۷۹) مبانی نظری قیمت‌گذاری رمزی را ارائه نموده و مورد برآورد تجربی قرار دادند. از نظر ایشان این روش برای انحصارات طبیعی که برای آن‌ها قیمت‌گذاری هزینه نهایی منجر به کسری می‌گردد، مناسب است. در این مقاله قیمت‌های رمزی خدمات برق برای کاربری‌های مختلف خانگی، صنعتی، کشاورزی، تجاری و عمومی محاسبه شده و به وسیله محاسبه تغییرات رفاه، میزان افزایش رفاه ناشی از حرکت از قیمت‌های فعلی به قیمت‌های رمزی، محاسبه شده است.

فولادی‌مقدم (۱۳۹۵) بیان می‌کند که کشش‌های قیمتی، متقاطع و درآمدی تقاضای برق مبنایی بسیار مهم برای سیاستگذاری و پیش‌بینی هستند. پارامترهای مولد این کمیته‌ها ممکن است طی زمان بی‌ثبات باشند. در این صورت کشش‌های محاسبه‌شده به دلیل خطای تصریح، اریب‌دار و ناسازگار خواهند بود.

شفیعی (۱۳۹۷) به بررسی تأثیر رژیم‌های نرخ حقیقی ارز بر تابع تقاضای برق صنعتی در ایران با رهیافت انتقال رژیم مارکوف در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۹۶ در دوره‌های دو ماهه می‌پردازد. پس از بررسی سری‌های زمانی از نظر مانایی، در این تحقیق تأثیر رژیم‌های نرخ حقیقی ارز بر تقاضای برق صنعتی تحلیل شده است.

ناگبه و همکاران^۱ (۲۰۱۸) بیان نمودند که در چند سال گذشته آزادسازی بخش عرضه برق، افزایش تنوع وسایل برقی و استفاده از آن‌ها و نیاز به پاسخگویی به تقاضای برق در هر لحظه، پیش‌بینی تقاضای برق را به یک چالش تبدیل کرده است. برای مواجهه با این چالش راه‌حل‌های بسیاری پیشنهاد شده‌اند. تقاضای برق با عوامل بسیاری همچون فعالیت‌های اقتصادی، نیاز خانگی و منابع جوی مرتبط می‌شود. همه این عوامل پیش‌بینی تقاضای برق را دشوار می‌سازد. برای پیش‌بینی تقاضای برق برخی روش‌های پارامتریک را پیشنهاد کردند که متغیرهای اصلی را تجمع می‌کنند که منشاء اصلی تقاضای برق هستند. ایشان پیشنهاد کردند که به منظور پیش‌بینی تقاضای برق در آینده تنها اطلاعات مصرف برق گذشته جای گرفته در مدل فضا - حالت اتورگرسیون برداری در نظر گرفته شود. مدلی که ایشان پیشنهاد کردند برای این هدف است تا در سطح یکپارچه شبکه ملی و منطقه‌ای به کار رود. برای تخمین پارامترهای این مدل از حداکثر درست‌نمایی، هموارسازی، آنالیز اجزاء اصلی و فیلتر کالمن استفاده شده است. کورنیاتی و همکاران^۲ (۲۰۱۸) مدل‌سازی و پیش‌بینی مصرف انرژی الکتریکی با استفاده از مدل فضا - حالت برای داده تک متغیره را تشریح کردند. مراحل مدل‌سازی با انتخاب مرتبه خودهمبستگی بهینه آغاز می‌شود، سپس تعیین بردار حالت از طریق تحلیل همبستگی کانونی، تخمین پارامترها و پیش‌بینی انجام خواهد شد. یافته این تحقیق نشان می‌دهد که مدل‌سازی مصرف انرژی الکتریکی با بهره‌گیری از مدل فضا - حالت مرتبه ۴ با مقدار متوسط قدر مطلق درصد خطا^۳ ۳/۶۵۵ درصد، دسته پیش‌بینی بسیار خوبی است.

1. Nagbe et al.

2. Kurniati et al.

3. Mean Absolute Percentage Error

هو و همکاران^۱ (۲۰۱۹) معتقدند تضمین پیش‌بینی پایدار تقاضای برق برای محافظت از منابع مادی از همه چیز مهمتر است. اما به خاطر اینکه داده‌های مصرف برق غالباً از سری‌های ناپایدار و پیچیده تشکیل می‌شوند، دستیابی به یک پیش‌بینی دقیق همیشگی، از روش ساده منفرد بسیار دشوار است. برای بهبود قدرت و دقت پیش‌بینی تقاضای برق، یک تلفیق تجزیه مد تجربی^۲ و مدل فضا - حالت را پیشنهاد می‌دهند که در آن تجزیه مد تجربی برای تجزیه کل سری زمانی (فیلترینگ نویز) اعمال می‌شود و مدل فضا - حالت برای پیش‌بینی زیرسری به کار می‌رود. پارامترهای مدل فضا - حالت با استفاده از حداکثر درست‌نمایی توسط فیلتر کالمن بهینه‌یابی می‌شوند. در مقایسه با مدل ARIMA و شبکه عصبی مصنوعی، مدل پیشنهادشده پیش‌بینی دقیقتر و پایدارتری ارائه می‌دهد.

لی و همکاران^۳ (۲۰۲۰) در مطالعه خود تأکید نمودند که پیش‌بینی تقاضای برق نقشی حیاتی در عملکرد سیستم‌های قدرت ایفاء می‌کند. چراکه این پیش‌بینی می‌تواند تصمیمات مدیریتی مناسبی برای کلیدزنی بار و شبکه قدرت فراهم آورد. بنابراین مدل‌های بسیاری برای تخمین تقاضای برق توسعه یافته‌اند. در حالی که پیش‌بینی غیردقیق تقاضای برق می‌تواند هزینه عملکرد سیستم قدرت را افزایش دهد، که این به معنای اتلاف منابع مالی قابل ملاحظه است. ایشان در مطالعه خود یک چارچوب مدل‌سازی جدید برای پیش‌بینی تقاضای برق پیشنهاد نمودند.

چراغی (۱۳۹۹) برای شناسایی کشش قیمتی برق خانگی، از روش شکستگی رگرسیون استفاده کرده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که یک درصد افزایش قیمت برق به‌طور متوسط منجر به کاهش مصرف برق به میزان حدود ۰/۴ تا ۰/۷ درصد می‌شود.

یانگ و پانگ^۴ (۲۰۲۱) با استفاده از آمار رسمی چین از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ با استفاده از مدل ARMA و تحلیل هم‌انباشتگی مبتنی بر خودرگرسیون برداری، تقاضای برق از ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ را پیش‌بینی کردند. علاوه بر این مقاله از آزمون ریشه واحد، آنالیز علیت گرانجر^۵، آزمون جانسن و سایر روش‌های آنالیز هم‌انباشتگی^۶ استفاده کرده است تا عوامل تعیین‌کننده تقاضای برق چین را به‌طور عملی مورد مطالعه قرار دهد و تعادل بلندمدتی را استوار سازد و رابطه نوسان آن را بین تقاضای برق و تولید ناخالص داخلی، نرخ شهری

1. Hu et al.

2. Empirical mode decomposition

3. Li et al.

4. Yang, L. & pang J.

5. Granger

6. Co-integration

شدن، نرخ صنعتی شدن و راندمان استفاده از برق، تبیین نماید. نتایج پیش‌بینی مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفت و توصیه‌های سیاستی مرتبط ارائه گردید تا منبع و داده‌های قابل اتکایی برای توسعه آتی صنعت برق چین فراهم گردد.

چن و همکاران^۱ (۲۰۲۲) در مطالعه خود رابطه علت و معلولی پویا بین قیمت انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی در مورد نروژ، نیوزلند و دو ایالت کانادا را مورد آزمون قرار دادند. یک مدل خود همبستگی برداری مارکوف سوئیچینگ^۲ با پارامترهای کنترل‌شده توسط زنجیره مارکوف پنهان استفاده گردید تا رابطه علت و معلولی را ممکن سازد.

آسانته و همکاران^۳ (۲۰۲۳) در مطالعه خود بیان می‌دارند که رفتار پویای مصرف ساعتی برق در طول دوره بحران توان الکتریکی در غنا را با استفاده از مدل خود همبسته مارکوف سوئیچینگ دو مرحله‌ای و مدل خود همبسته، استخراج نمودند. داده‌های ساعتی بین دوره زمانی اول ژانویه ۲۰۱۴ و ۳۱ دسامبر ۲۰۱۴ از شرکت شبکه برق غنا گرفته شد و برای این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. با بهره‌گیری از معیار اطلاعات مختلف مدل $MS(2)-AR(4)$ به‌عنوان مدل بهینه انتخاب گردید تا رفتار پویای مصرف برق در دوره بحران توان الکتریکی در غنا را توصیف کند.

مرور بخشی از پیشینه پژوهش به‌روشنی آشکار می‌سازد که پیش‌بینی تقاضای برق به یک چالش تبدیل شده است. این پیش‌بینی برای حفاظت از منابع، اهمیت روزافزون یافته است. همچنین نقشی حیاتی در عملکرد سیستم‌های قدرت ایفاء می‌کند. غالباً الگوهای فضا - حالت و $ARMA$ مورد استفاده قرار گرفته است.

۳. روش

فرآیند این پژوهش در نمودار (۱) به تصویر درآمده است. پس از جمع‌آوری اطلاعات، مصورسازی آن‌ها انجام شد تا بررسی و تحلیل داده‌ها و اطلاعات صنعت برق صورت گیرد (پیوست). سپس واقعیت‌های شکل گرفته^۴ در صنعت برق استخراج گردید. با مرور ادبیات مربوطه مدل رقیب برای پیش‌بینی تقاضای برق انتخاب شد. با استخراج واقعیت‌های شکل گرفته، پدیده‌های نوسانات متغیر، پرش واریانس، پویایی تقاضای برق، فصلی بودن و

1. Chen et al.

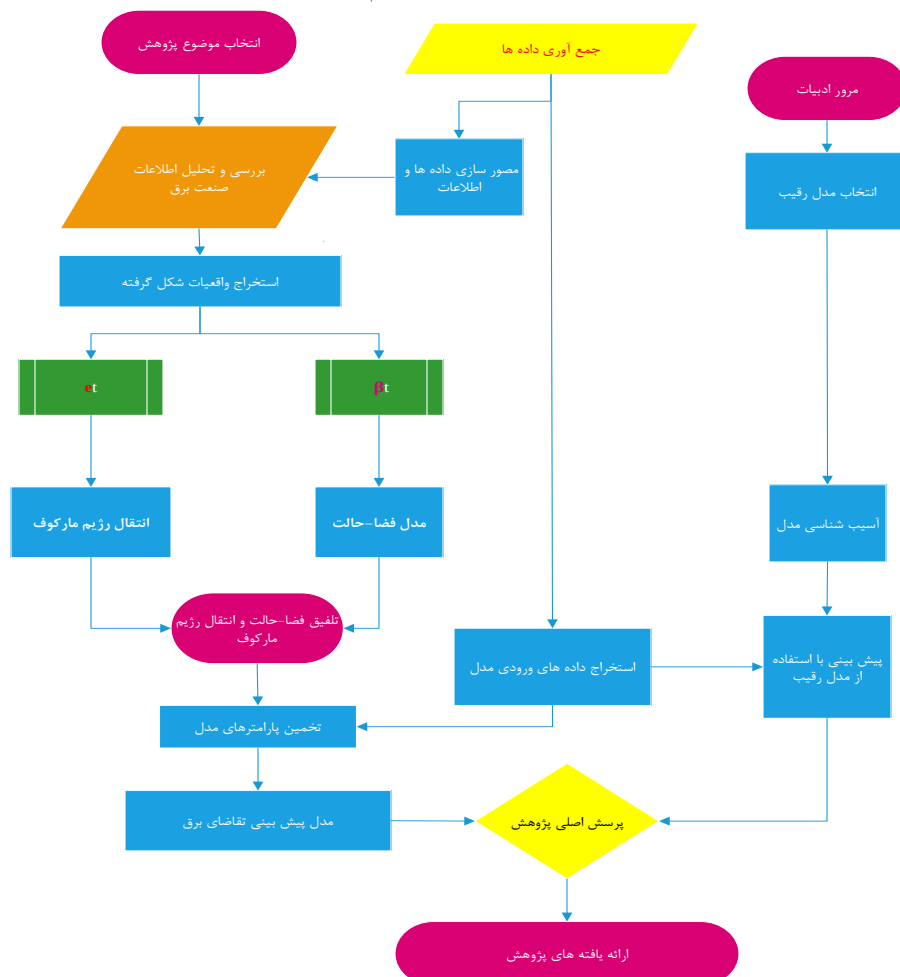
2. Markov-switching vector autoregression

3. Asante et al.

4. Stylized fact

تغییرات شدید غیر منتظره تقاضای برق مشاهده و توجه به آن‌ها ضرورت یافت. ضرورت لحاظ کردن پارامترهای متغیر طی زمان، به کارگیری رویکرد فضا - حالت و فصلی بودن و پرش و تغییرات شدید و غیر منتظره تقاضای برق، استفاده از رویکرد انتقال رژیم مارکوف را پیشنهاد نمودند. الگوی پیش‌بینی مقدار تقاضای برق با بهره‌گیری از رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف توسعه و با تشکیل داده‌های ورودی مدل، تخمین پارامترهای مدل انجام شد. همچنین مدل تکنیک رقیب نیز اجرا و پارامترهای مدل رقیب برآورد گردید. نتایج دو مدل جهت ارائه پاسخ به پرسش اساسی پژوهش مورد مقایسه قرار گرفت. سپس آسیب‌شناسی الگوها انجام‌شده و یافته‌های تحقیق ارائه گردید.

نمودار ۱. جریان فرآیند انجام پژوهش



انرژی الکتریکی به عنوان حامل انرژی ثانویه توسط تکنولوژی‌های مختلف بخش تقاضا به انرژی مفید تبدیل می‌شود. با توجه به سطح فعالیت بسیار پایین تکنولوژی‌های ذخیره انرژی الکتریکی در سیستم و ارتباط کامل و مستقیم مصرف و تولید برق، استفاده از داده‌های انرژی الکتریکی ورودی به سیستم و یا معادل آن، به عنوان داده مقدار تقاضای برق می‌تواند در نظر گرفته شود. با توجه به کانال کنترل توان اکتیو - فرکانس، انرژی الکتریکی تولیدی در سیستم به محض تولید، مصرف خواهد شد. لذا فرض معادل سازی مقدار تقاضای برق با انرژی ورودی به سیستم، فرضی واقع بینانه خواهد بود. به خصوص با در نظر گرفتن رابطه خطی بین مصرف و تولید و ثابت در نظر گرفتن ضریب تلفات در سیستم، نسبت انرژی ورودی در هر دوره به انرژی ورودی در دوره‌های قبل برابر با نسبت مصرف هر دوره به مصرف دوره‌های قبل خواهد بود. طبق قانون بقای انرژی، انرژی تولید شده در سیستم یا توسط بخش‌های تقاضا، مصرف یا به صورت خالص صادرات به سیستم‌های مجاور صادر و یا در سیستم تلف می‌گردد.

مهمترین متغیر قابل مشاهده^۱ تولید انرژی الکتریکی در هر ساعت از روز است. این اطلاعات با دقت بالا در سیستم انرژی اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به گستردگی، پراکندگی و گوناگونی مراکز اندازه‌گیری مصرف توسط مشترکین، دستیابی به داده‌های مصرف بسیار پیچیده و با خطا همراه خواهد بود.

در بسیاری از کشورها، روز چهارشنبه روز منتخب کاری ایام هفته است. در تحلیل سیستم انرژی الکتریکی برای سادگی به جای در نظر گرفتن تمام روزهای هفته، معمولاً روز چهارشنبه هر هفته به عنوان روز نوعی آن هفته در نظر گرفته می‌شود. با توجه به تعطیلی پنج شنبه و جمعه در ایران، می‌توان روز دوشنبه را به جای چهارشنبه به عنوان روز منتخب هفته در ایران پیشنهاد نمود. اما وجود تعطیلات ۲۷ روزه در تقویم کشور و در نظر گرفتن این نکته که برخی از این تعطیلات دو روز پیاپی را دربر می‌گیرد، در نظر گرفتن روز دوشنبه می‌تواند موجب بروز خطا گردد بنابراین انتخاب یک روز مشخص بسیار دشوار خواهد شد. از این رو به جای در نظر گرفتن یک روز مشخص از روزهای هفته، یک روز نوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به جای در نظر گرفتن تمام روزهای هفته، تنها روز نوعی هفته مدنظر خواهد بود. مصرف ۵۲ روز سال می‌تواند به عنوان مصرف روزهای سال

1. Observed variable

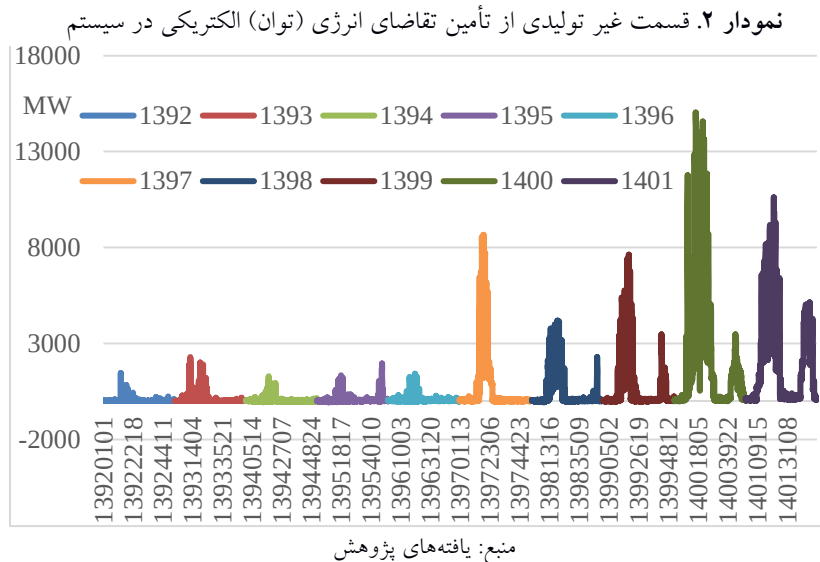
در نظر گرفته شود. تغییرات مصرف در ساعت‌های روز نوعی هفته‌های ماه‌های محدوده مطالعه براساس بیشترین مقدار تولید در هر ساعت از روزهای هر هفته انتخاب می‌گردد. بنابراین اطلاعات ۲۴ ساعت ۵۲ (۵۳) روز نوعی ۱۰ سال (۱۴۰۱-۱۳۹۲) مورد استفاده قرار گرفته است.

داده‌های انرژی مورد استفاده در این تحقیق شامل تولید ناویژه نیروگاه‌ها، معادل افت فرکانس، دریافتی برون‌مرزی، معادل افت فرکانس دریافتی برون‌مرزی، اعمال مدیریت صنایع و خاموشی است. مجموع شش مورد فوق، کل مقدار تقاضای برق در ۲۴ ساعت روزهای هر سال را نشان می‌دهد (پیوست).

نمودار ۲ قسمت غیرتولیدی از تأمین تقاضای انرژی (توان) الکتریکی در سیستم، شامل معادل افت فرکانس، اعمال مدیریت صنایع و خاموشی را نشان می‌دهد. تولید غیره ویژه نیروگاه‌ها و دریافتی برون‌مرزی را شامل نمی‌گردد. هدف از ارائه این نمودار تبیین نقش سایر ابزارهای مدیریت بار در تأمین تقاضای برق در سیستم انرژی الکتریکی کشور است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد این شیوه از مواجهه با تقاضای برق توسط حکمرانی صنعت برق رو به افزایش بوده و حتی به حدود ۱۶۰۰۰ مگاوات نیز رسیده است. البته باید در نظر داشت که این ابزارها در مدیریت بار در کنار تغییر ساعت کاری ادارات و اعمال دیگر محدودیت‌ها مورد استفاده بوده‌اند. ابزارهای غیرتولیدی در ایجاد تعادل بین عرضه انرژی الکتریکی و تقاضای آن از ماه‌های گرم گسترش یافته و به ماه‌های سرد نیز رسیده است.

نمودار ۳ کل انرژی الکتریکی (توان) ورودی به سیستم برای تأمین تقاضای برق را نشان می‌دهد. این نمودار تولید ناویژه نیروگاه‌ها، دریافتی برون‌مرزی، معادل افت فرکانس، اعمال مدیریت صنایع و خاموشی را شامل می‌گردد. در پیوست اجزاء تأمین تقاضای برق ارائه شده است.

تقاضای برق را می‌توان بر قالب یک مدل ساختاری در نظر گرفت. در این مدل تقاضای برق به‌عنوان تابعی از قیمت حقیقی برق، درجه حرارت، روند هفتگی، تعداد مشترکین مصرف برق و قیمت حامل انرژی جایگزین در نظر گرفته می‌شود.

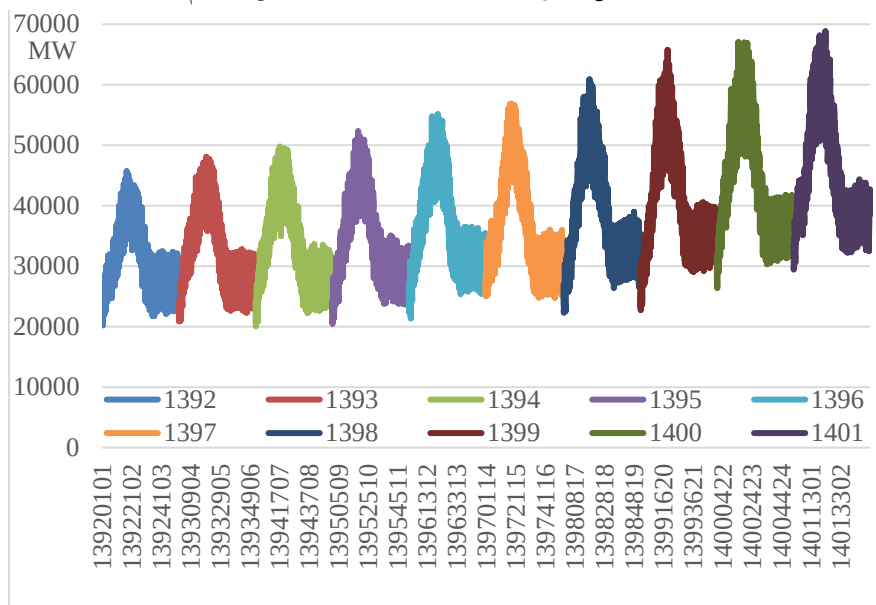


تغییرات دما: عامل دما در تغییرات تقاضای برق به عاملی اساسی تبدیل شده است. مدیریت شبکه به این واقعیت پی برده و همواره با افزایش دما نگران بروز پیک‌های لحظه‌ای و ساعتی شدید است. در این راستا مناطق گرم و مرطوب به لحاظ مدت و دوره زمانی طبقه‌بندی شده‌اند. مناطق گرمسیر ۱ و ۲ و ۳ و ۴ طبقه‌بندی مناطق گرم و مرطوب است. سایر مناطق نیز منطقه عادی در نظر گرفته می‌شود (جدول و نمودار پیوست). نمودار ۴ تغییرات دمای روزهای نوعی ایستگاه هواشناسی سینوپتیکی تهران (ژئوفیزیک) در دوره ۱۰ ساله ۱۴۰۱-۱۳۹۲ به عنوان منطقه جغرافیایی با بیشترین مقدار تقاضای برق در کشور را نشان می‌دهد.

تعداد مشترکین: رشد تقاضای برق را می‌توان به دو قسمت رشد کمی و رشد کیفی تقاضای برق تقسیم کرد. رشد کمی تقاضای برق ناشی از افزایش تعداد مشترکین است و رشد کیفی به سبب افزایش نوع و سطح فعالیت تکنولوژی‌های انرژی مفید در مشترک است. بنابراین می‌بایست ارتباط تغییرات تقاضای برق با تغییرات تعداد مشترکین جهت سنجش رشد کمی و کیفی تقاضای برق مورد بررسی قرار گیرد.

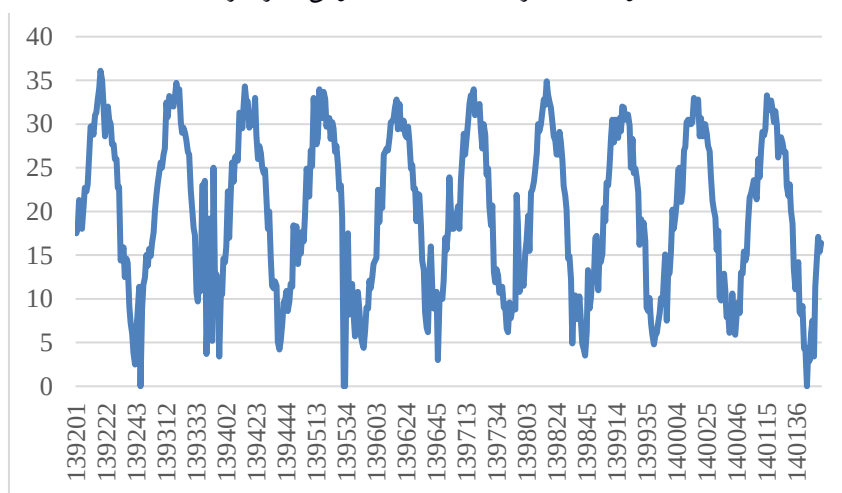
پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و ... | پرتوی‌راد و همکاران | ۵۱

نمودار ۳. کل تأمین تقاضای انرژی (توان) الکتریکی سیستم



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۴. تغییرات دمای روزهای نوعی شهر تهران

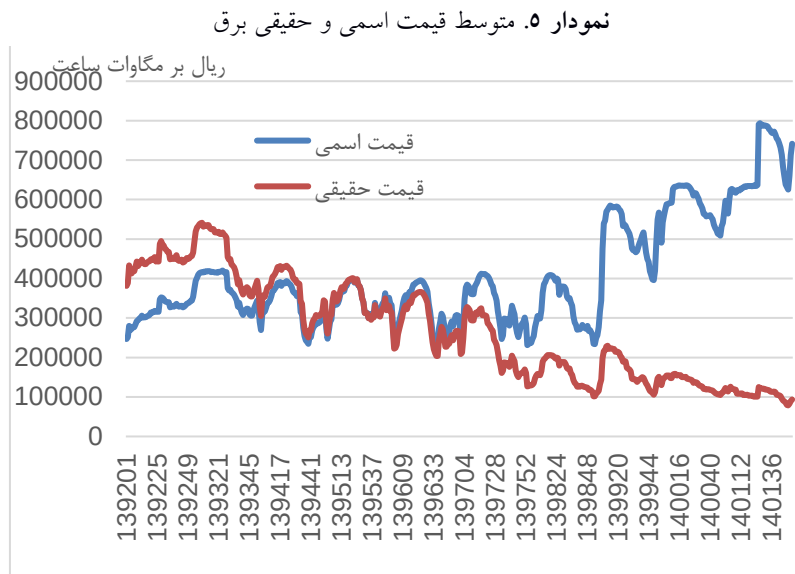


منبع: یافته‌های پژوهش

قیمت برق: بازار برق ایران پس از اجرای مدل بازار برق، نرخ را به عنوان قیمت متوسط روزانه برق اعلام می کند. بازار برق با در نظر گرفتن کلیه اطلاعات به خصوص برآورد تقاضای برق این نرخ را محاسبه و اعلام می نماید. این نرخ به عنوان سیگنال قیمتی بخش تقاضا در نظر گرفته شده است. این نرخ مناسب ترین نرخ روزانه قابل دسترس در بازار برق محسوب می گردد، که به طور رسمی توسط بازار برق اعلام و بخش عرضه سیستم انرژی الکتریکی آن را دریافت می کنند. تنها نرخ روزانه برق که قابلیت استفاده در این تحقیق را داشته و با انرژی ورودی به سیستم هماهنگی دارد متوسط قیمت روزانه است. همان گونه که در نمودار ۵ پیوست ملاحظه می گردد گرچه متوسط قیمت برق در بخش های مختلف به طور سالانه اعلام می گردد اما این قیمت قابلیت استفاده در برابر سری زمانی انرژی ورودی به سیستم را ندارد. با توجه به اینکه عرضه کنندگان انرژی الکتریکی چند روز قبل، پیشنهاد تولید و قیمت خود را اعلام و مدیریت شبکه براساس برآورد خود از تقاضای برق نسبت به پذیرش یا عدم پذیرش آن اقدام و برنامه تولید را اعلام می نماید. لذا متوسط قیمت روزانه به عنوان قیمت تعادل عرضه و تقاضای برق (قیمت مشتق شده)^۱ در نظر گرفته شده است. نمودار ۵ متوسط نرخ روزانه برق به قیمت های جاری و متوسط قیمت روزانه به قیمت های ثابت ۱۳۹۵ با استفاده از شاخص بهای کالاها و خدمات عمومی بانک مرکزی را نشان می دهد.

روند هفتگی: نمودار ۳ تأثیر روند هفتگی بر مصرف انرژی الکتریکی را به خوبی نشان می دهد. حتی در صورت وجود ریشه واحد، قطعاً شماره هفته در مصرف برق مؤثر است. اینکه تقاضای برق در کدام هفته از سال مورد سنجش قرار می گیرد، در مقدار تقاضای برق مؤثر است. مصرف برق در هفته های دهم تا سی ام بیشتر و مصرف برق در هفته سی ام تا هفته آخر سال کمتر است.

1. Drive Price



منبع : یافته‌های پژوهش

قیمت گاز طبیعی: قیمت گاز طبیعی در بخش‌های تجاری، خانگی و صنعت (نمودار پیوست) فاقد روندی مناسب برای لحاظ کردن متغیر قیمت گاز طبیعی به‌عنوان جانشین حامل انرژی الکتریکی در مدل پیش‌بینی تقاضای برق است.

برای سری داده‌ها باید آزمون ریشه واحد انجام شود. وجود ریشه واحد بیانگر آن است که الگو شبیه گام تصادفی^۱ است. در صورت وجود ریشه واحد، باید از داده‌ها زدوده شود. این بررسی برای ارتباط تقاضای برق هر دوره با دوره مشابه قبل باید انجام شود. جدول ۱ نتایج آزمون ریشه واحد را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد هر داده با داده ۵۲ دوره قبل خود ارتباط معنی‌دار داشته و براساس نتایج آزمون، وجود ریشه واحد را نمی‌توان رد کرد. از این رو یک تفاضل ۵۲ تایی باید گرفته شود. تقاضای برق هر دوره نسبت به ۵۲ دوره قبل خود و با تأثیر یک جمله خطا وارد وادی جدید می‌شود. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد آزمون ریشه واحد با استفاده از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته^۲ انجام شده است.

1. Random walk

2. Augmented Dickey-Fuller

جدول ۱. نتایج آزمون ریشه واحد

Null Hypothesis: DLE52 has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=17)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-6.086505	0.0000
Test critical values:	1% level		-3.444158	
	5% level		-2.867522	
	10% level		-2.570019	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(DLE52)				
Method: Least Squares				
Date: 02/09/24 Time: 13:13				
Sample (adjusted): 56 521				
Included observations: 466 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLE52(-1)	-0.233806	0.038414	-6.086505	0.0000
D(DLE52(-1))	-0.181473	0.048896	-3.711418	0.0002
D(DLE52(-2))	-0.161150	0.045668	-3.528695	0.0005
C	0.009579	0.002252	4.253390	0.0000
R-squared	0.191299	Mean dependent var	-4.60E-05	
Adjusted R-squared	0.186048	S.D. dependent var	0.038560	
S.E. of regression	0.034788	Akaike info criterion	-3.870534	
Sum squared resid	0.559119	Schwarz criterion	-3.834962	
Log likelihood	905.8345	Hannan-Quinn criter.	-3.856534	
F-statistic	36.42885	Durbin-Watson stat	1.987433	
Prob(F-statistic)	0.000000			

منبع: یافته‌های پژوهش

یک مدل اقتصادسنجی کلاسیک، مدل ARMA، به‌عنوان مدل تکنیک رقیب در پیش‌بینی تقاضای برق انتخاب شده است. با استفاده از داده‌های ریشه واحدزدایی‌شده، نسبت به تخمین پارامترهای مدل اقدام شد. نتیجه تخمین پارامترها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج تخمین پارامترهای مدل تکنیک رقیب

Dependent Variable: DLE52 Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH) Date: 02/09/24 Time: 12:54 Sample: 53 521 Included observations: 469 Convergence achieved after 26 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.040350	0.003455	11.67836	0.0000
AR(3)	0.162826	0.047961	3.394981	0.0007
AR(1)	0.637295	0.032307	19.72649	0.0000
AR(4)	-0.066280	0.048873	-1.356170	0.1757
AR(6)	0.069304	0.037196	1.863209	0.0631
MA(52)	-0.601970	0.032029	-18.79435	0.0000
SIGMASQ	0.000889	4.51E-05	19.70660	0.0000
R-squared	0.621539	Mean dependent var		0.040771
Adjusted R-squared	0.616624	S.D. dependent var		0.048505
S.E. of regression	0.030033	Akaike info criterion		-4.106503
Sum squared resid	0.416711	Schwarz criterion		-4.044554
Log likelihood	969.9749	Hannan-Quinn criter.		-4.082128
F-statistic	126.4554	Durbin-Watson stat		2.023866
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.88	.41-.45i	.41+.45i	-.28-.59i
	-.28+.59i	-.49		
Inverted MA Roots	.99	.98+.12i	.98-.12i	.96-.24i
	.96+.24i	.93-.35i	.93+.35i	.88-.46i
	.88+.46i	.81+.56i	.81-.56i	.74+.66i
	.74-.66i	.66+.74i	.66-.74i	.56+.81i
	.56-.81i	.46-.88i	.46+.88i	.35-.93i
	.35+.93i	.24-.96i	.24+.96i	.12-.98i
	.12+.98i	-.00-.99i	-.00+.99i	-.12-.98i
	-.12+.98i	-.24-.96i	-.24+.96i	-.35-.93i
	-.35+.93i	-.46+.88i	-.46-.88i	-.56-.81i
	-.56+.81i	-.66+.74i	-.66-.74i	-.74+.66i
	-.74+.66i	-.81+.56i	-.81-.56i	-.88+.46i
	-.88+.46i	-.93+.35i	-.93-.35i	-.96+.24i
	-.96+.24i	-.98+.12i	-.98-.12i	-.99

منبع: یافته‌های پژوهش

جهت صحت‌گذاری تخمین انجام‌شده ضروری است آسیب‌شناسی مدل تکنیک رقیب انجام شود. جدول ۳ نتایج آسیب‌شناسی مدل تکنیک رقیب را ارائه می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد Q-stat ها معنی‌دار نبوده و خودهمبستگی‌ها نزدیک به صفر است. با توجه به جدول ۳ مدل تکنیک رقیب به شکل ARMA به صورت قابل قبول، تخمین خورده است.

جدول ۳. نتایج آسیب شناسی مدل تکنیک رقیب

Date: 02/09/24 Time: 13:12 Sample: 1 522 Included observations: 469 Q-statistic probabilities adjusted for 5 ARMA terms					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.013	-0.013	0.0783	
		2 0.024	0.024	0.3590	
		3 -0.008	-0.007	0.3881	
		4 0.004	0.003	0.3939	
		5 0.016	0.016	0.5144	
		6 0.006	0.006	0.5308	0.466
		7 -0.067	-0.068	2.6985	0.259
		8 -0.040	-0.042	3.4560	0.327
		9 0.083	0.086	6.7351	0.151
		10 -0.004	-0.001	6.7424	0.241
		11 -0.069	-0.076	9.0613	0.170
		12 0.013	0.016	9.1461	0.242
		13 -0.009	-0.002	9.1820	0.327
		14 0.022	0.013	9.4163	0.400
		15 0.052	0.048	10.750	0.377
		16 0.073	0.088	13.364	0.270
		17 0.033	0.039	13.880	0.308
		18 0.025	0.004	14.190	0.361
		19 0.014	0.010	14.282	0.429
		20 0.034	0.046	14.840	0.463
		21 0.072	0.071	17.391	0.361
		22 -0.002	0.000	17.393	0.428
		23 -0.003	0.007	17.398	0.496
		24 0.011	0.015	17.458	0.559
		25 0.022	0.016	17.705	0.607
		26 -0.098	-0.102	22.519	0.370
		27 -0.008	0.001	22.552	0.427
		28 -0.039	-0.018	23.318	0.442
		29 0.125	0.125	31.122	0.150
		30 0.013	0.001	31.209	0.182
		31 0.004	-0.002	31.218	0.220
		32 -0.014	-0.010	31.324	0.258
		33 0.077	0.059	34.311	0.191
		34 -0.007	-0.027	34.335	0.227
		35 0.001	0.001	34.336	0.268
		36 -0.032	-0.027	34.869	0.289

منبع: یافته‌های پژوهش

کیم و نلسون^۱ (۱۹۹۹) معتقدند که بسیاری از مطالعات این امکان را در نظر نگرفتند که ممکن است بیش از یک منبع برای نااطمینانی وجود داشته باشد. بنابراین مطالعات مذکور در نظر نگرفتند که نااطمینانی از منابع متفاوت ممکن است آثار متفاوتی بر تصمیم‌گیری عوامل اقتصادی و به عبارتی فعالیت اقتصادی داشته باشد. بررسی خطاهای پیش‌بینی استاندارد شده حاصل از به‌کارگیری مدل پارامترهای متغیر طی زمان نشان می‌دهد که این مدل به‌طور کامل برخی از پویایی‌ها در واریانس شرطی خطای پیش‌بینی را توصیف نمی‌کنند. از این‌رو مدل پارامتر متغیر طی زمان نمی‌تواند به‌عنوان مدل مناسب در نظر گرفته شود. چرا که همبستگی

1. Kim C. J. & Nelson C. R.

سریالی باقیمانده در مجذور خطای پیش‌بینی استاندارد شده ممکن است به سبب واریانس شرطی در حال تغییر در جمله اختلال e_t باشد. بنابراین در حالی که مدل پارامتر متغیر طی زمان از لحاظ کردن نااطمینانی در حال تغییر به سبب شوک‌های تصادفی آینده ناتوان است، اما مدل واریانس مارکوف سوئیچینگ با ضرایب رگرسیون ثابت از لحاظ کردن فرآیند یادگیری عوامل اقتصادی ناتوان است. این ملاحظات یک مدل عمومی پیشنهاد می‌کند که واریانس شرطی در حال تغییر به سبب ضرایب متغیر طی زمان و واریانس ناهمسانی مارکوف سوئیچینگ را در جمله اختلال دربر بگیرد. مدل مورد استفاده جهت تلفیق رویکرد فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف به صورت زیر در نظر گرفته شده است.

$$LE_t = \beta_{0t} + \beta_{1t} LP_t + \beta_{2t} TE_t + \beta_{3t} W_t + \beta_{4t} LCO_t + e_t$$

$$\beta_{it} = \beta_{it-1} + v_{it}$$

$$e_t \sim \text{i.i.d. } N(0, \sigma_{est}^2)$$

$$v_{it} \sim \text{i.i.d. } N(0, \sigma_{vi}^2) \quad i=0,1,2,3,4$$

$$\sigma_{st}^2 = \sigma_0^2 + (\sigma_1^2 - \sigma_0^2) S_t \quad \sigma_1^2 > \sigma_0^2$$

$$\Pr [S_t=1 | S_{t-1}=1] = p_{11}$$

$$\Pr [S_t=0 | S_{t-1}=0] = p_{00}$$

$$LE_t = \text{لگاریتم نسبت مقدار تقاضای برق در دوره } t \text{ به دوره } ۵۲ \text{ قبل}$$

$$LP_t = \text{لگاریتم قیمت حقیقی برق در دوره } t$$

$$TE_t = \text{دمای شهر تهران در دوره } t$$

$$W_t = \text{روند هفتگی در دوره } t \text{ (شماره هفته)}$$

$$LCO_t = \text{لگاریتم تعداد مشترکین در دوره } t$$

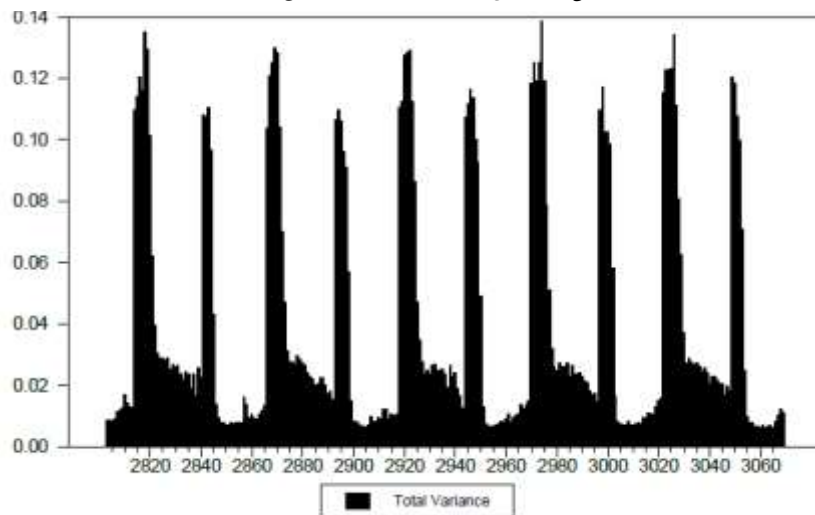
معادله اول تابع تقاضای برق را نشان می‌دهد. البته در نسخه‌های اولیه تقاضای برق مورد تخمین، متغیرهای دیگری همچون قیمت گاز طبیعی لحاظ شده بود، اما به دلیل غیر معنی‌داری، حذف شده‌اند. ضرایب مربوطه در مقاطع اوج و خارج اوج در معادله اول متفاوت خواهد بود. معادله دوم، امکان متغیر بودن حساسیت یا واکنش مقدار تقاضای برق را نسبت به متغیرهای مورد نظر در تابع تقاضای برق، نشان می‌دهد. v_{it} جمله خطای هریک از ضرایب خواهد بود. e_t جمله خطای معادله تخمینی برق در دو مقطع اوج و خارج اوج است. σ_{st}^2 واریانس رژیم‌های مختلف اوج و خارج اوج در تابع تقاضای برق است. p_{00} احتمال گذر بین دو رژیم صفر به صفر و p_{11} احتمال گذر از رژیم یک به یک است. $1-p_{00}$ و $1-p_{11}$ احتمال گذر از یک رژیم به رژیم دیگر است.

تفاوت عمده آرچ^۱ و واریانس ناهمسانی مارکوف سوئیچینگ آن است که در حالی که واریانس غیر شرطی برای آرچ ثابت است، واریانس غیر شرطی، خود موضوعی برای انتقال‌ها (تغییرات ساختاری) برای واریانس ناهمسانی مارکوف سوئیچینگ است. با در نظر گرفتن واریانس ناهمسانی مارکوف سوئیچینگ در جمله اختلال مدل فوق، درواقع به بخشی از تغییرات در واریانس شرطی خطای پیش‌بینی به‌عنوان نتیجه حاصل از تغییرات رژیم درون‌زا در ساختار واریانس توجه شده است.

۴. یافته‌ها

نمودار ۶ کل واریانس پیش‌بینی تقاضای برق را در بخشی از ۴۶۹ هفته دوره مطالعه ۱۳۹۲-۱۴۰۱ نشان می‌دهد. واریانس کل^۲ شکل نوسانی را نشان می‌دهد. این نمودار درواقع واریانس یا نوسان تقاضای برق است. اینک باید آشکار گردد چه بخشی از کل واریانس در قالب رویکرد مارکوف سوئیچینگ و چه بخشی از آن در قالب رویکرد فضا - حالت قابل توضیح است. لازم به توضیح است که ارقام محور افقی می‌بایست با سال‌های محدوده مطالعه انطباق یابد.

نمودار ۶. کل واریانس تقاضای برق در بخشی از دوره مطالعه



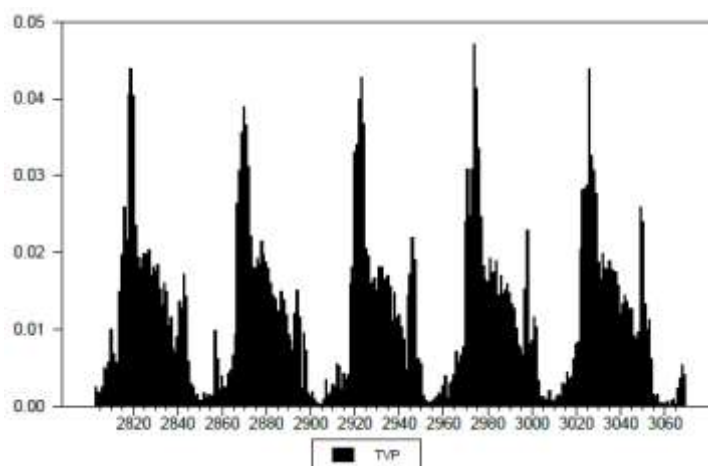
منبع: یافته‌های پژوهش

1. Autoregressive conditional heteroskedasticity
2. Total variance

پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و ... | پرتوی‌راد و همکاران | ۵۹

در نمودار ۷ بخش مربوط به پارامترهای متغیر طی زمان از کل واریانس استخراج شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد بدون در نظر گرفتن پارامتر متغیر طی زمان و یا بدون در نظر گرفتن رویکرد فضا - حالت، پیش‌بینی تقاضای برق، پیش‌بینی مناسبی نخواهد بود.

نمودار ۷. بخش پارامتر متغیر طی زمان از کل واریانس تقاضای برق

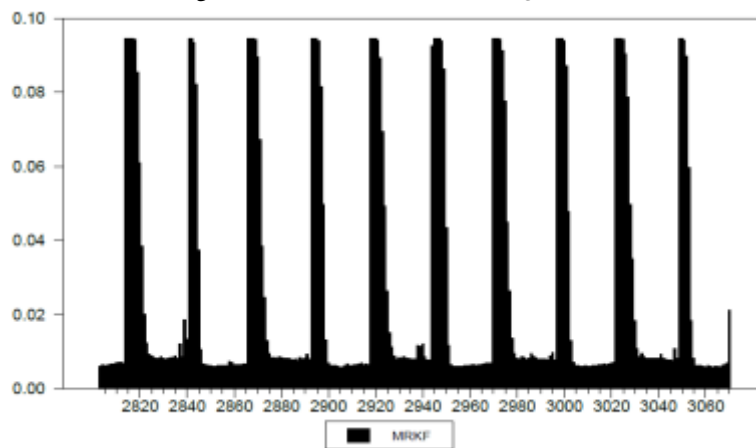


منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۸ نشان می‌دهد که چه بخشی از کل واریانس مربوط به مارکوف سوئیچینگ است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در حالی که واریانس ناشی از رویکرد پارامتر متغیر طی زمان در کل هفته‌های سال پخش شده‌اند، اما واریانس ناشی از رویکرد مارکوف سوئیچینگ تنها به شکل شاخک‌هایی بروز می‌کند. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد رژیم‌هایی در مقاطع اوج و خارج اوج هفته‌های مصرف برق وجود دارند. یک رژیم صفر وجود دارد که مربوط به خارج اوج است و یک رژیم یک وجود دارد که مربوط به اوج است. در رژیم یک شاخک‌های خیلی بالا قابل مشاهده است.

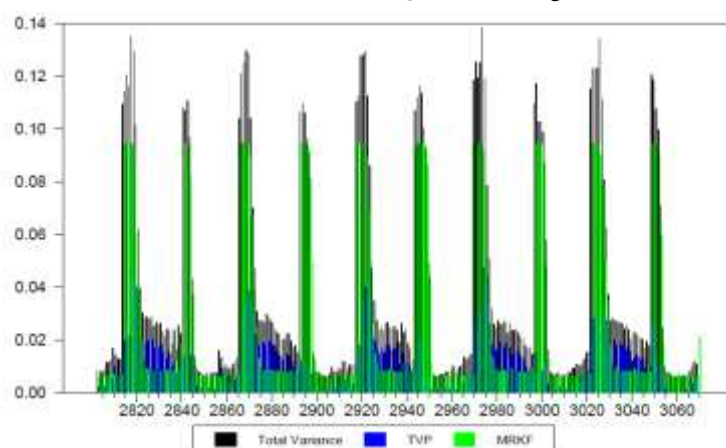
نمودار ۹ به خوبی این موضوع را نشان داده است. در نمودار ۹ کل نوسانات به رنگ مشکی نشان داده شده است. قسمت آبی رنگ منسوب به پارامترهای متغیر طی زمان یا بخش فضا - حالت از مدل و قسمت سبز رنگ مربوط به بخش مارکوف سوئیچینگ از مدل است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد در کل سال به‌خصوص در خارج اوج بخش فضا - حالت بیشتر نقش بازی می‌کند و تبیین می‌کند که همچنان که مدل تقاضای برق دارای پارامترهای متغیر طی زمان است، به ویژه در اوج‌ها مارکوف سوئیچینگ نقش به‌سزایی دارد.

نمودار ۸. بخش مربوط به مارکوف سوئیچینگ از کل نوسانات



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۹. کل نوسانات، بخش فضا - حالت و مارکوف سوئیچینگ



منبع: یافته‌های پژوهش

پس از تخمین پارامترها، پارامترهای متغیر طی زمان β_t ، براساس رویکرد فضا - حالت استخراج شد. نمودار ۱۰ تغییرات ضریب متغیر قیمت حقیقی برق β_{1t} را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد ضریب متغیر قیمت برق منفی است. منفی بودن این ضریب با تئوری تقاضا انطباق دارد و با افزایش قیمت برق، تقاضای برق کاهش می‌یابد. در مقاطع اولیه دوره مورد برآورد، کشش که به‌طور متوسط حدود ۳- بوده به رقمی کمتر از ۰/۵- تقلیل می‌یابد. کشش که به‌طور ذاتی منفی است، با رقم تقریبی متوسط

پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا-حالت و ... | پرتوی‌راد و همکاران | ۶۱

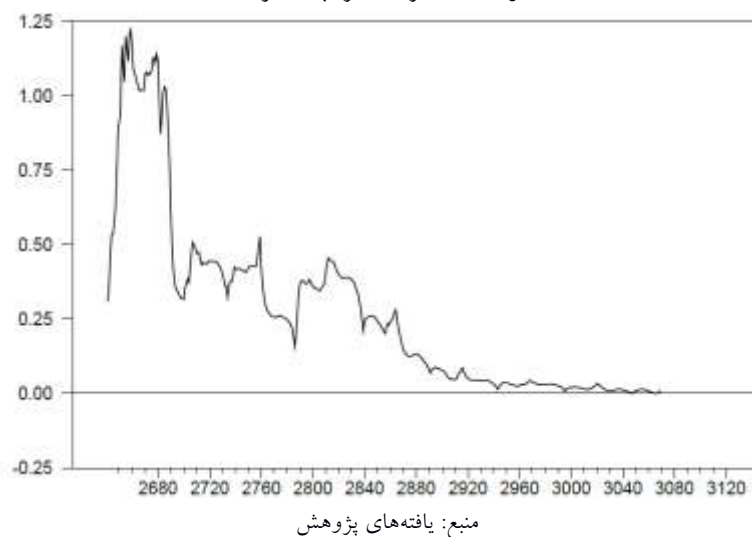
حدود ۳ به رقمی کمتر از ۰/۵ تقلیل می‌یابد. ضمن اذعان به کم‌کشش‌تر شدن، رقم قدر مطلق آن بسیار کاهش یافته است.

نمودار ۱۱ ضریب متغیر دما β_{2t} را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد این ضریب مثبت است. اما حساسیت این ضریب در حال کاهش است. به نظر می‌رسد به خاطر نصب برخی تجهیزات خنک‌کنندگی و حتی گرمایش، چسبندگی در تقاضای برق ایجاد می‌شود.

نمودار ۱۰. تغییرات ضریب قیمت حقیقی برق

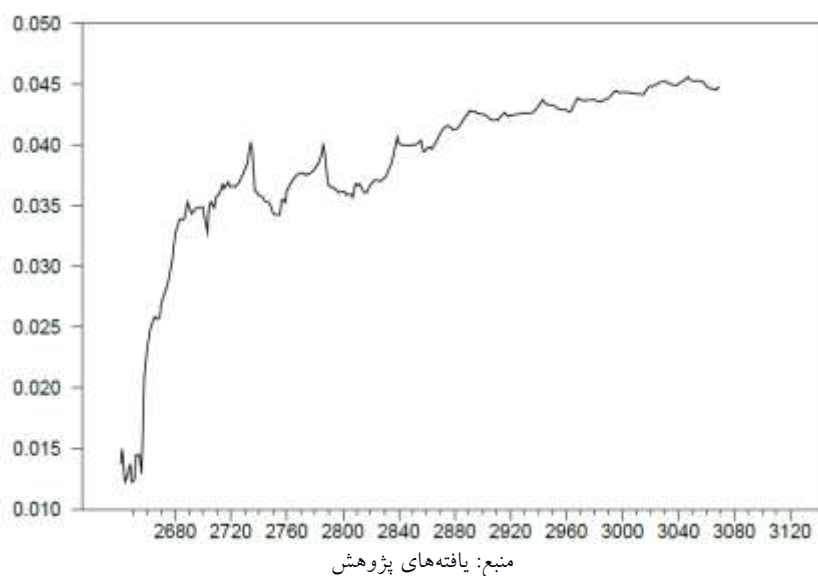


نمودار ۱۱. تغییرات ضریب متغیر دما



نمودار ۱۲ تغییرات ضریب تعداد مشترکین β_{4t} را نشان می‌دهد. ضریب متغیر تعداد مشترکین مثبت است و طی زمان در حال افزایش است. به عبارتی با افزایش مشترک جدید، مصرف برق با شدت بیشتری افزایش می‌یابد.

نمودار ۱۲. ضریب متغیر تعداد مشترکین



با مقایسه خروجی مدل تکنیک رقیب و رویکرد فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف پاسخی برای پرسش اساسی این پژوهش قابل ارائه است. در جدول ۴ نتایج تخمین مدل فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف مشاهده می‌شود. مطابق نتایج حاصل از اجرای مدل به صراحت می‌توان بیان نمود که به کارگیری رویکرد فضا - حالت و تلفیق آن با انتقال رژیم مارکوف پیش‌بینی دقیق‌تری از تقاضای برق ارائه می‌نماید.

پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و ... | پرتوی‌راد و همکاران | ۶۳

جدول ۴. نتایج تخمین مدل فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف

MAXIMIZE - Estimation by BFGS				
Convergence in 6 Iterations. Final criterion was 0.0000000 <= 0.0000100				
LOW ITERATION COUNT ON BFGS MAY LEAD TO POOR ESTIMATES FOR STANDARD ERRORS				
Annual Data From 2611:01 To 3121:01				
Usable Observations	459			
Skipped/Missing (from 511)	52			
Function Value	NA			
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. SIGMAE(1)	۰/۰۰۲۶۷۴۷۵۰	۰/۰۰۰۱۳۸۰۱۳	۱۹/۳۸۰۴۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰
2. SIGMAE(2)	۰/۰۰۴۵۶۶۱۴۶	۰/۰۰۰۱۳۳۶۴۳۲	۳/۴۱۶۶۷	۰/۰۰۰۰۶۳۳۹۲
3. SIGMAV(1)	۰/۰۰۲۷۳۵۱۵۵۴۴	۰/۰۰۰۰۱۹۲۶۲	۱۴۲۰/۰۱۰۶۸	۰/۰۰۰۰۰۰۰
4. SIGMAV(2)	۰/۰۰۲۵۰۸۵۸۴۳	۰/۰۰۰۰۶۹۵۴۱۸	۳۶/۰۷۳۰۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰
5. SIGMAV(3)	۰/۰۰۲۲۵۲۹۸۴	۰/۰۰۰۰۰۱۵۶۰	۱۴۴۴/۲۰۷۶۰	۰/۰۰۰۰۰۰۰
6. SIGMAV(4)	۰/۰۰۰۱۶۶۲۸۴	۰/۰۰۰۰۰۲۴۱۲	۶۸/۹۳۰۸۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰
7. SIGMAV(5)	۰/۰۰۰۱۱۰۲۰۳	۰/۰۰۰۰۰۸۵۳۸	۱۲/۹۰۷۹۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰
8. THETA(1,1)	۳۷/۴۲۹۹۴۷۸۳۲	۱۴/۴۶۹۳۵۱۴۸۸	۲/۵۸۶۸۴	۰/۰۰۹۶۸۵۹۶
9. THETA(1,2)	۴۱/۳۳۶۸۰۶۲۲۵	۱۶/۳۱۸۶۰۶۲۴۶	۲/۵۳۳۱۱	۰/۰۱۱۳۰۵۵۸

منبع: یافته‌های پژوهش

۵. بحث و نتیجه‌گیری

از یک سو مدل پارامترهای متغیر طی زمان (رویکرد فضا - حالت) از لحاظ کردن نااطمینانی در حال تغییر به سبب شوک‌های تصادفی آینده ناتوان است، از سوی دیگر مدل واریانس مارکوف سوئیچینگ با ضرایب رگرسیون ثابت از لحاظ کردن فرآیند یادگیری عوامل اقتصادی ناتوان است. این ملاحظات رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف را پیشنهاد می‌کند. عوامل اقتصادی (بخش تقاضا) با استفاده از اطلاعات گذشته نسبت به تغییر پارامتر β_t اقدام می‌نماید. از سوی دیگر جمله اختلال ε_t قرارگیری در رژیم‌های اوج مصرف برق و غیر اوج آن را مدل می‌کند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که تخمین تقاضای برق باید عنصر پارامتر متغیر طی زمان را داشته باشد. گرچه پارامتر متغیر طی زمان (رویکرد فضا - حالت) باید برای کل طول سال در نظر گرفته شود، اما نقش مارکوف سوئیچینگ باید در تفکیک اوج و خارج اوج تقاضای برق مورد ملاحظه واقع شود.

با توجه به نمودار ۱۰ واقعیتی برای کشور قابل استنتاج است و آن اینکه قدر مطلق ضریب متغیر قیمت حقیقی در حال کاهش است. این موضوع نشان می‌دهد که حساسیت واکنش تقاضای برق توسط بخش‌های مختلف تقاضا نسبت به قیمت حقیقی برق مدام در حال کاهش است. براساس الگوی تخمینی این پژوهش و با توجه به اینکه رقم قدر مطلق کشش قیمتی تقاضای برق رو به کاهش بوده است حساسیت مصرف‌کننده نسبت به تغییرات قیمتی کمتر و در نتیجه در محدوده قیمت‌های فعلی با توجه به تأثیر سایر شرایط، انتظار کاهش در مقدار تقاضا وجود ندارد. با توجه به تأثیر سایر عوامل، مقدار تقاضای برق رو به افزایش خواهد بود.

به علت قیمت حقیقی پایین برق، افزایش قیمت مسکن، افزایش هزینه ساخت و الزامات مقررات ملی ساختمان و دیگر عوامل اقتصادی - اجتماعی، بخش‌های تقاضا در طراحی و نصب تجهیزات برقی تصمیماتی گرفته و به آن تجهیزات چسبندگی پیدا کرده‌اند. شدت مصرف انرژی آن‌ها طی زمان ثابت است. بخش تقاضا با تغییرات کوچک و کوتاه‌مدت قیمت برق حاضر به تغییر تکنولوژی انرژی مفید نخواهد بود.

به ظاهر حتی در خصوص درجه حرارت هم که باید واکنش آن مثبت باشد، وضعیتی مشابه قیمت حقیقی برق ملاحظه می‌گردد و حساسیت مردم در این زمینه نیز رو به کاهش است. به عنوان مثال با تصور اینکه تکنولوژی مناسب برای تولید انرژی مفید خنک‌کنندگی و گرمایش داکت اسپلیت است، این تکنولوژی انتخاب شده و در دوره طولانی به کار گرفته خواهد شد.

در سال‌های اخیر سطح توقعات و استانداردها به گونه‌ای تغییر کرده است که مشترک جدید با به کارگیری تکنولوژی‌های جدید همچون در بازکن برقی، داکت اسپلیت، آسانسور، پله برقی، پمپ آب، ماشین ظرفشویی، سیستم اعلام و اطفاء حریق، اجاق برقی، کوره القایی، برقی کردن پمپ آب چاه‌های کشاورزی، ویدئو پروژکتور در بخش آموزش و ... نسبت به مشترکین سال‌های قبل نیاز به مصرف برق بیشتر دارند. ضریب تأثیر مشترکین در طی زمان در حال افزایش است. این پدیده نشان از رشد کیفی تقاضای برق دارد. افزایش سطح فعالیت تکنولوژی‌های انرژی مفید موجب رشد کیفی تقاضای برق می‌شود.

با توجه به تحولات ساختاری در تقاضای برق در کشور، به منظور برقراری تعادل در سیستم انرژی الکتریکی کشور نه تنها می‌بایست از الگوهای پیشرفته در پیش‌بینی تقاضای

پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و ... | پرتوی‌راد و همکاران | ۶۵

برق بهره گرفت، بلکه خط مشی انرژی کشور در توسعه تکنولوژی‌های سیستم نیازمند پیش‌بینی دقیق‌تر تحولات تقاضای انرژی الکتریکی است. در غیر این صورت تعادل عرضه و تقاضای برق در کشور در سال‌های آینده با مشکلات جدی تأمین تقاضای برق همراه خواهد شد.

پیشنهاد می‌شود برای مطالعات آتی، از سری زمانی برای قیمت مصرف‌کننده برق به جای قیمت روزانه بازار برق، جهت پیش‌بینی مقدار تقاضای برق مورد استفاده قرار گیرد.

۶. تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

۷. سپاسگزاری

از هیئت تحریریه به ویژه سردبیر محترم پژوهشنامه و نیز ویراستار محترم که با دقت فراوان در ارتقای کیفی مقاله از هیچ راهنمایی دریغ ننمودند، بسیار سپاسگزاری می‌گردد. همچنین شایسته است از جناب آقای مهندس حمید مرادی از مدیران شرکت مدیریت شبکه برق کشور سپاسگذاری گردد. چرا که بدون همراهی و مساعدت ایشان دستیابی به بسیاری از اطلاعات مورد نیاز مقدور نبود.

ORCID

Fariborz Partovi Rad

 <https://orcid.org/0009-0000-4707-9869>

Teymor Mohammadi

 <https://orcid.org/0000-0003-4394-774X>

Mahnoosh Abdollah Milani

 <https://orcid.org/0000-0002-1200-1436>

Morteza Khorsandi

 <https://orcid.org/0000-0003-3398-4782>

۸. منابع

محمودی، تیمور و پژوهیان، جمشید. (۱۳۷۹). قیمت‌گذاری بهینه رمزی برای صنعت برق ایران. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی.

شفیعی، سپیده. (۱۳۹۷). تأثیر رژیم‌های نرخ ارز بر تقاضای برق صنعتی: رهیافت انتقال رژیم مارکوف، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی، پژوهشکده علوم اقتصادی.

فولادی مقدم، شهاب‌الدین. (۱۳۹۵). برآورد تابع تقاضای برق خانگی دارای پارامتر متغیر طی زمان رهیافت فضا - حالت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده علوم اقتصادی.

چراغی، افشین. (۱۳۹۹). تخمین کشش قیمتی تقاضای برق خانگی با استفاده از روش شکستگی رگرسیون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مدیریت و اقتصاد. شرکت مادر تخصصی توانیر، معاونت تحقیقات و منابع انسانی، آمارهای تفصیلی صنعت برق ایران، سال‌های متمادی.

معاونت اور برق و انرژی وزارت نیرو، مروی بر ۳۳ سال آمار انرژی کشور ۱۳۹۹-۱۳۶۷، زمستان ۱۴۰۱.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی، ۱۴۰۱-۱۳۹۲. شرکت مدیریت شبکه برق کشور، اطلاعات نیاز مصرف برق در پیک.

وزارت راه و شهرسازی، دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان، مبحث ۱۹ صرفه‌جویی در مصرف انرژی، سال ۱۳۹۹، مبحث ۱۳ طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌ها ۱۳۹۵، مبحث ۱۵ آسانسورها و پلکان برقی ۱۳۹۲.

شرکت مدیریت شبکه برق کشور، اطلاعات تولید ساعتی برق، از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱

تصویب‌نامه هیأت وزیران، تعیین الگوی مصرف برق، طبقه‌بندی مناطق گرم و مرطوب و مدت دوره زمانی آن، مصوب ۱۳۸۶/۰۴/۲۷.

سازمان هواشناسی کشور، اطلاعات دما در ایستگاه سینوپتیکی ژئوفیزیک تهران، ۱۴۰۱-۱۳۹۲.

وزارت نیرو، معاونت سرمایه انسانی، تحقیقات و فناوری اطلاعات، گزارش عملکرد سال ۱۴۰۱ صنعت آب و برق، مرداد ۱۴۰۲.

References

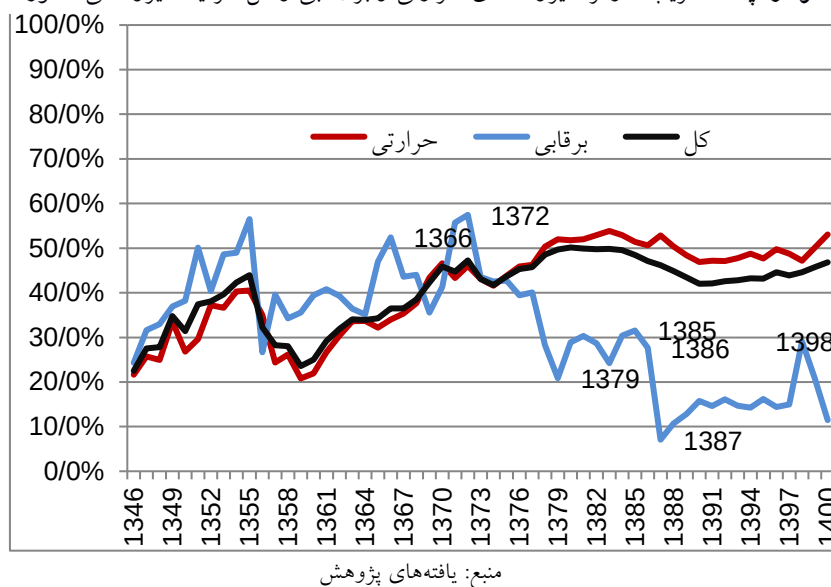
- Asante, S., Ofe, H., Ewura, K., Anipa, P. & Arafat, B. 2023. Modelling the Hourly Consumption of Electricity during Period of Power Crisis Central Bank of the Islamic Republic of Iran, Consumer Price Index (CPI), 2013-2022. [In Persian]
- Chen, Y., Mamon R., Spagnolo, F. & Spagnolo, N. 2022 Renewable energy and economic growth: A Markov-switching approach, Energy
- Cheraghi, A. (2020). Estimating the Price Elasticity of Residential Electricity Demand Using the Regression Discontinuity Method. Master's Thesis, Sharif University of Technology, Faculty of Management and Economics. [In Persian]
- Fouladi Moghaddam, S. (2016). Estimating a Residential Electricity Demand Function with Time-Varying Parameters Using the State-Space Approach. Master's thesis. Allameh Tabataba'i University, Faculty of Economics. [In Persian]
- Hu, Z., Ma, J., Yang, L. & Pang, M. 2019. Monthly electricity demand forecasting using empirical mode decomposition-based state space model. Energy & Environment

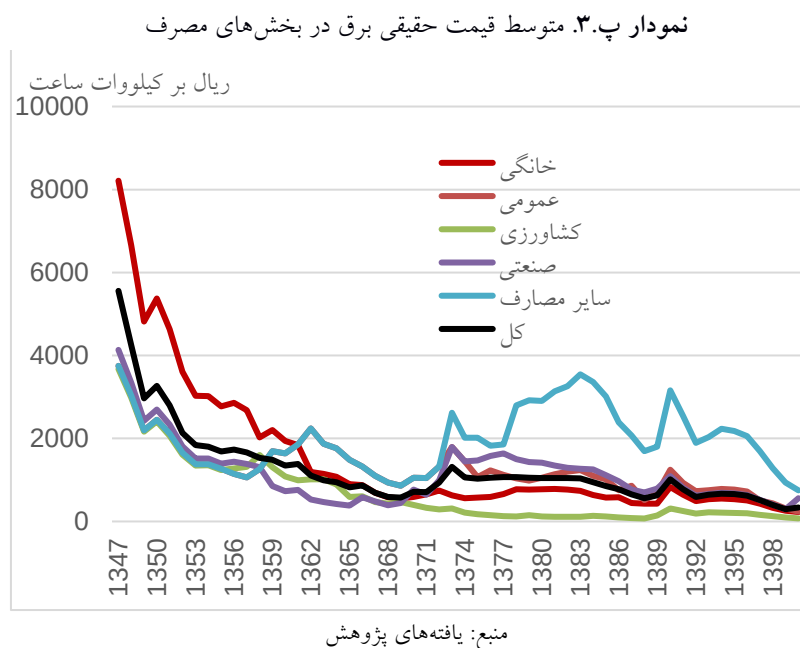
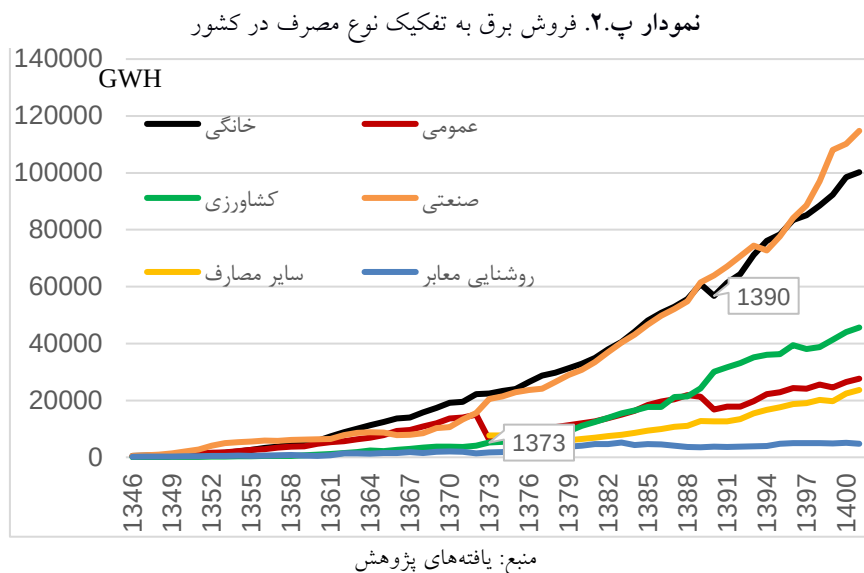
- Iran Grid Management Co., information on peak electricity consumption needs. [In Persian]
- Iran Grid Management Co., Hourly electricity generation data from the years 2013 -2022. [In Persian]
- Iran, Council of Ministers, Determining Electricity Consumption Patterns, Classifying Hot and Humid Regions, and Specifying the Relevant Time Periods (Approved July 18, 2007). [In Persian]
- Iran Meteorological Organization, temperature data for the Tehran Geophysics Synoptic Station (2013-2023). [In Persian]
- Kim, C. J., Nelson, C. R. (1999). State-Space Model with Regime Switching, Classical and Gibbs -Sampling Approaches with Applications, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England
- Kurniati, D., Hoyyi, A. & Widiharih, T. 2018.State space model approach for forecasting the use of electrical energy (a case study on: PT. PLN (Persero) district of Kroya). Journal of Physics: Conference Series
- Li, R., Chen, X., Balezentis, T., Streimikiene, D. & Niu, Z. 2020. Multi-step least squares support vector machine modeling approach for forecasting short-term electricity demand with application. Neutral computing and applications, volume 33, pages 301-320 (2021).
- Ministry of Energy, Deputy for Human Capital, Research, and Information Technology: Water and Electricity Industry Performance Report 2022, August 2023. [In Persian]
- Ministry of Energy, Deputy for Electricity and Energy, A Review of the Iran's Energy Statistics (1988-2021), Winter 2023. [In Persian]
- Ministry of Roads and Urban Development, Road, Housing and Urban Development Research Center: Topic 19-Energy Conservation (2020); Topic 13-Design and Execution of Building Electrical Installations (2016); Topic 15-Elevators and Escalators (2013). [In Persian]
- Mohammadi, T., Pajooyan, J. (2000). Optimal Ramsey Pricing for Iran's Electricity Industry. Quarterly Journal of Economic Research.
- Nagbe, K., Cugliari, J. & Jacques, J. 2018. Short-Term Electricity Demand Forecasting Using a Functional State Space Model, Energies
- Shafiee, S. (2018). The Impact of Exchange Rate Regimes on Industrial Electricity Demand: A Markov-Switching Approach. Master's Thesis, Allameh Tabataba'i University, Institute for Economic Research. [In Persian]
- Tavanir Co. Deputy for Research and Human Resources, Detailed Statistics of Electricity Industry in Iran. [In Persian]
- Yang, I., Pang, J. 2021.Analysis and Research on Forecasting Electricity Demand Based on ARMA and VAR Model.

پیوست

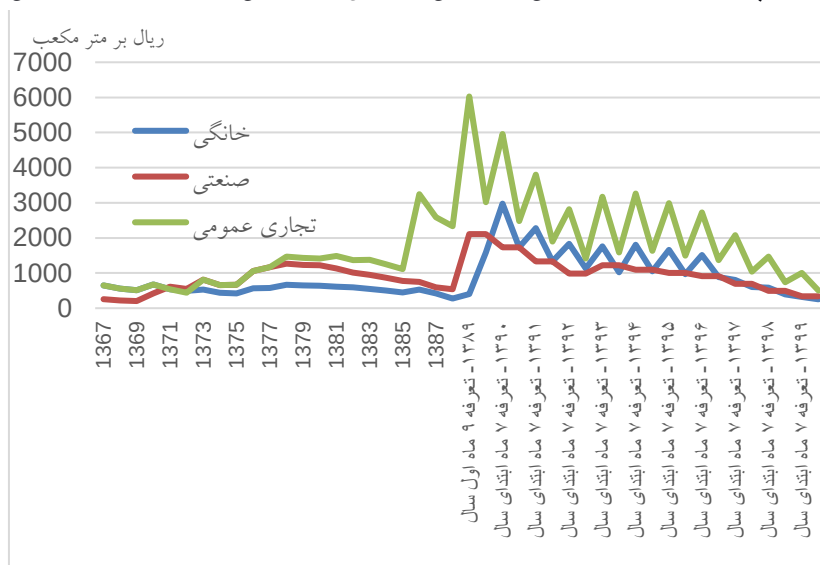
نمودارها و جداول ارائه شده در این پیوست با استفاده از اطلاعات و داده های منابع معرفی شده در فهرست منابع فارسی این مقاله، استخراج شده و به تصویر درآمده است.

نمودار پ.۱. ضریب کارکرد نیروگاه های حرارتی و برق آبی و کل ظرفیت نیروگاهی کشور



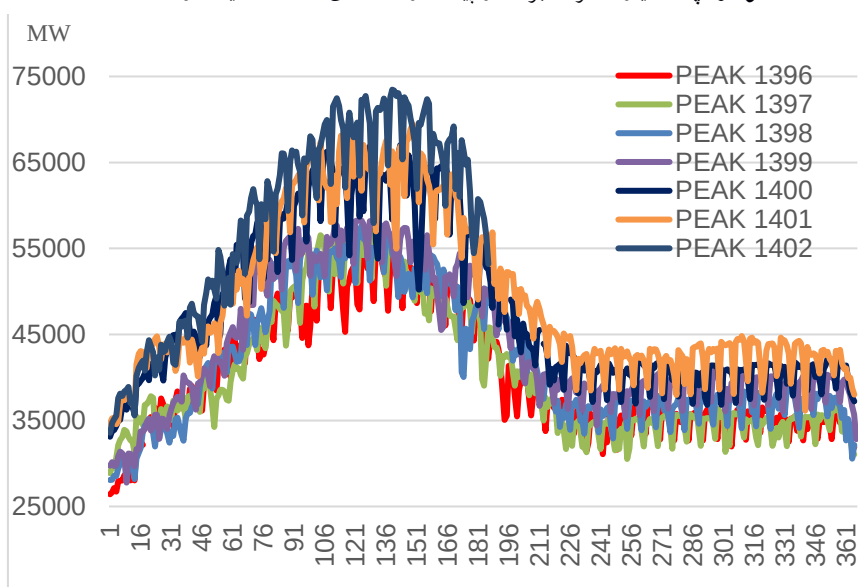


نمودار پ.۴. متوسط قیمت حقیقی گاز طبیعی در بخش‌های خانگی، صنعت و تجاری عمومی

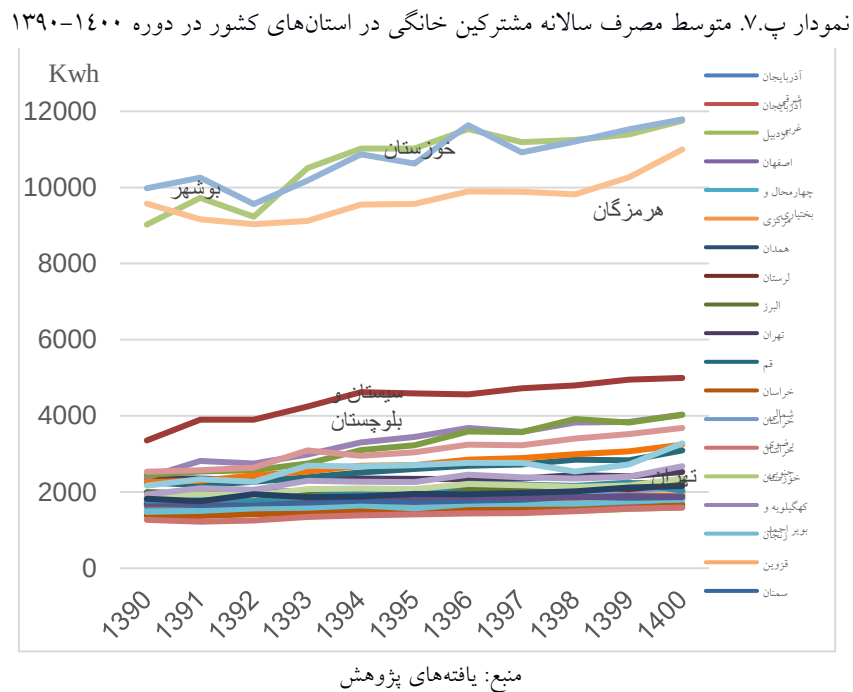
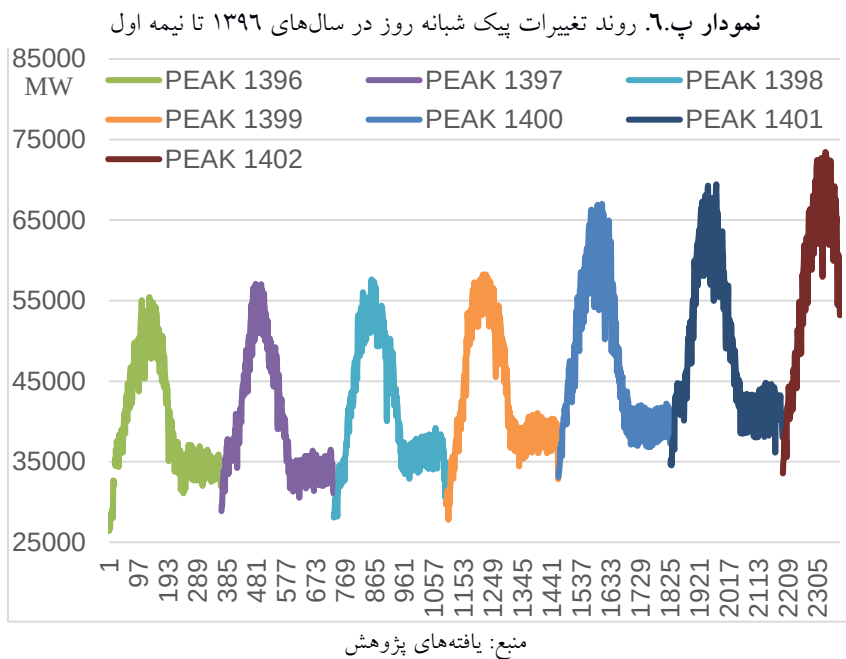


منبع: یافته‌های پژوهش

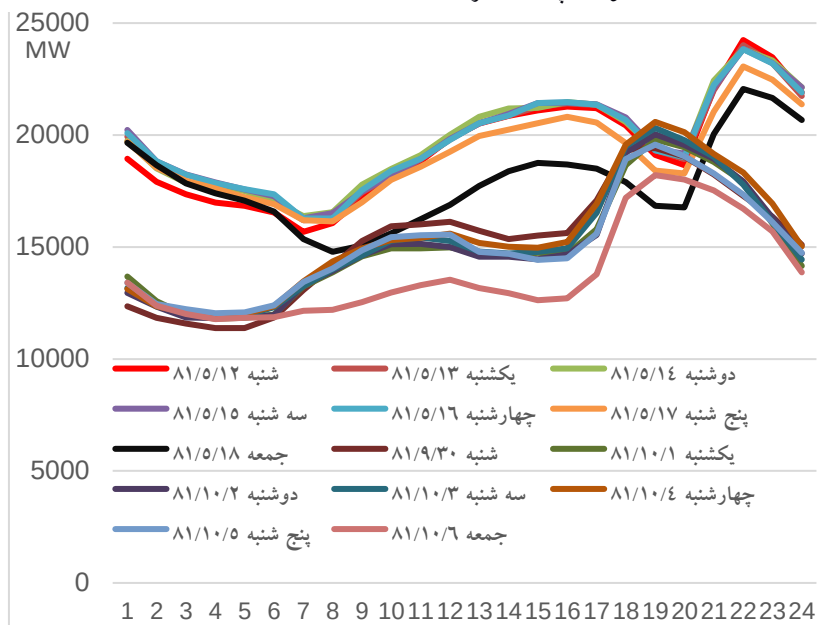
نمودار پ.۵. نیاز مصرف برق در پیک در سال‌های ۱۳۹۶ تا نیمه اول ۱۴۰۲



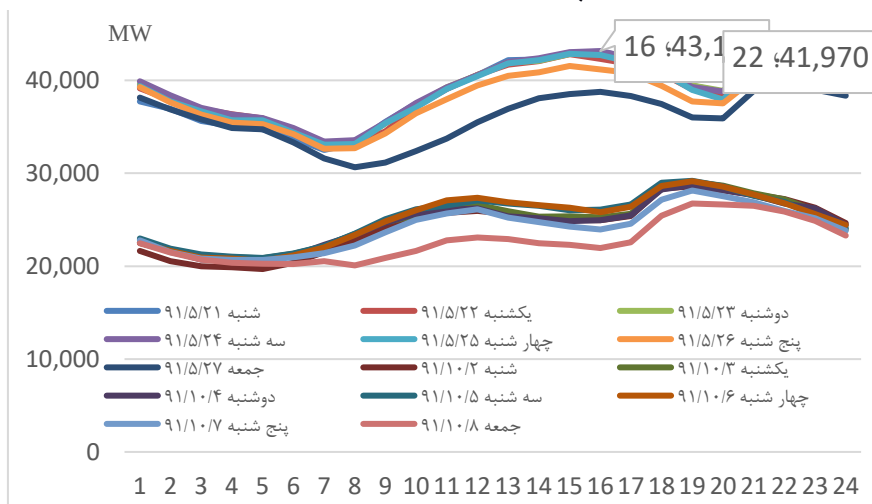
منبع: یافته‌های پژوهش



نمودار پ.۸. تغییرات بار در دو هفته سال ۱۳۸۱

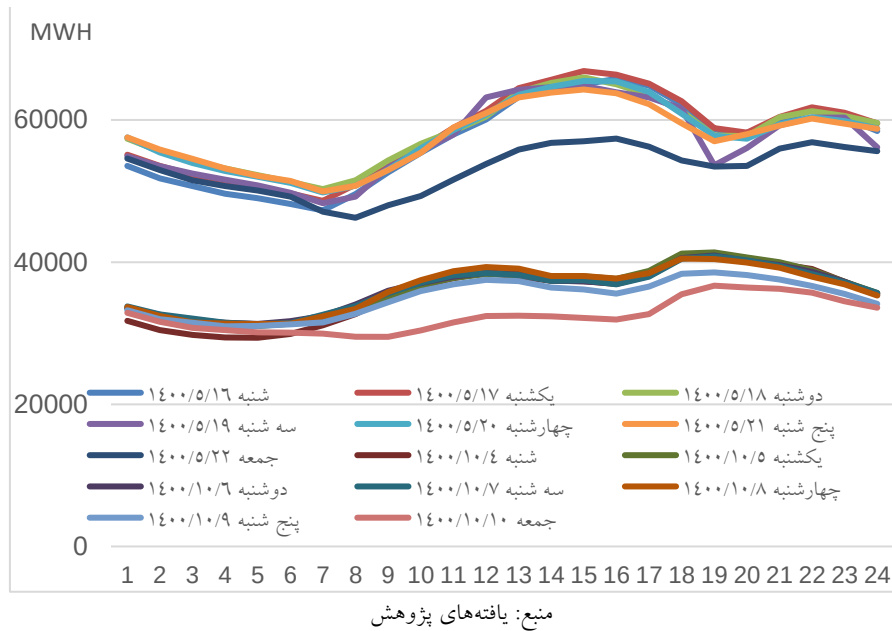


نمودار پ.۹. تغییرات بار در دو هفته سال ۱۳۹۱

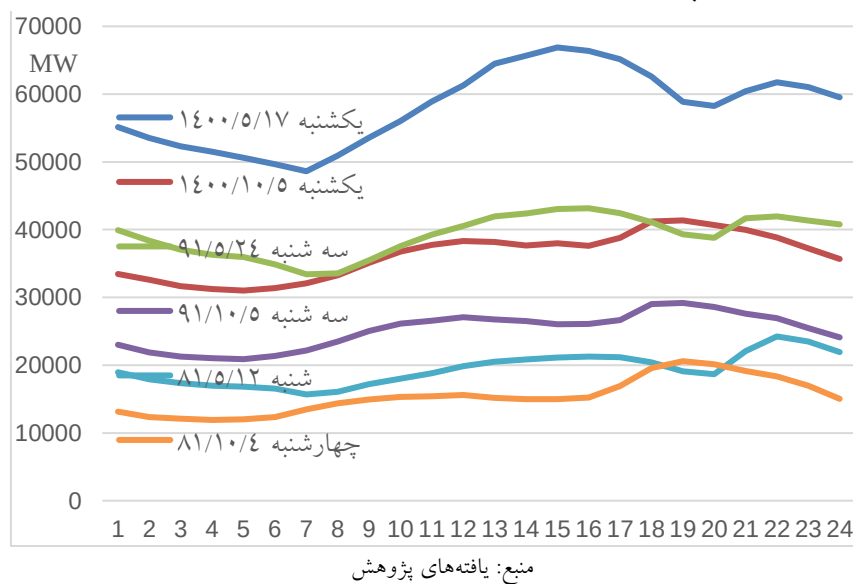


پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و ... | پرتوی‌راد و همکاران | ۷۳

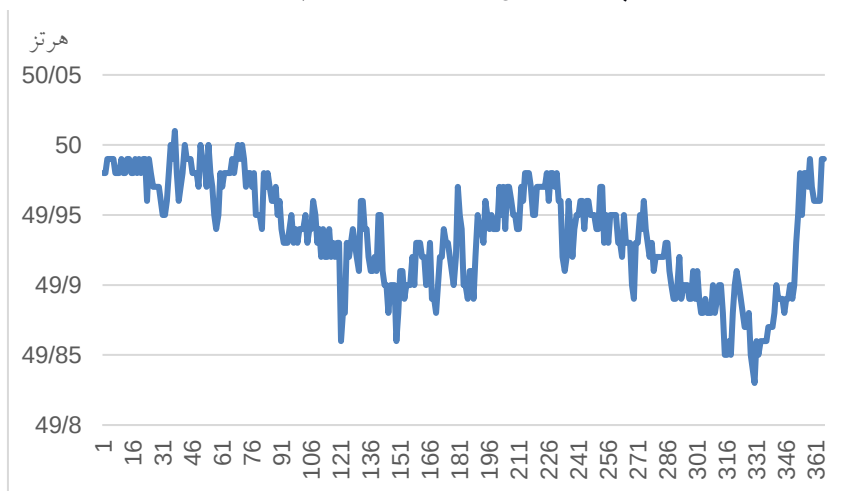
نمودار پ.۱۰. تغییرات تولید در دو هفته منتخب سال ۱۴۰۰



نمودار پ.۱۱. تغییرات بار در روزهای منتخب سال ۱۳۸۱ و ۱۳۹۱ و ۱۴۰۰

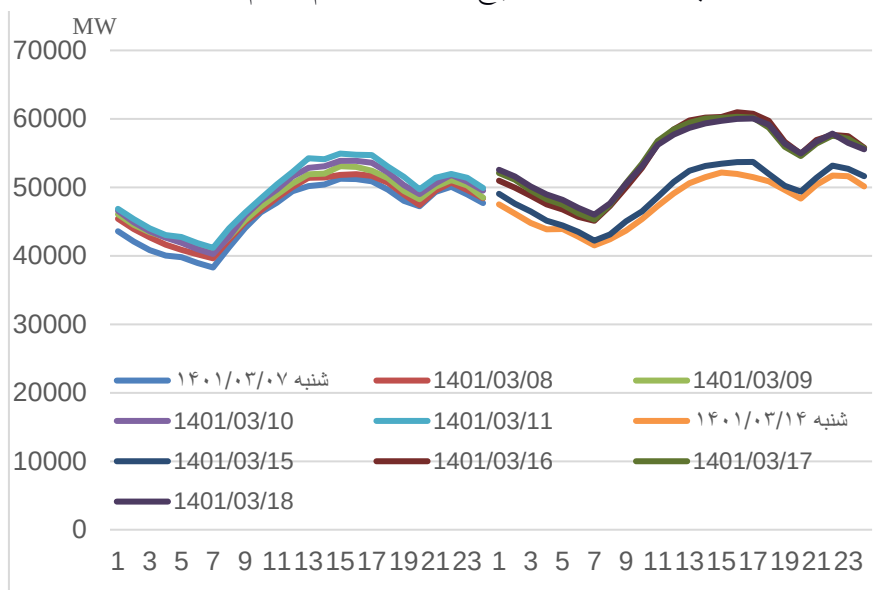


نمودار پ.۱۲. فرکانس شبکه در ساعت‌های پیک سال ۱۴۰۱



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار پ.۱۳. تغییرات بار در پنج روز اول هفته دوم و سوم خرداد ۱۴۰۱



منبع: یافته‌های پژوهش

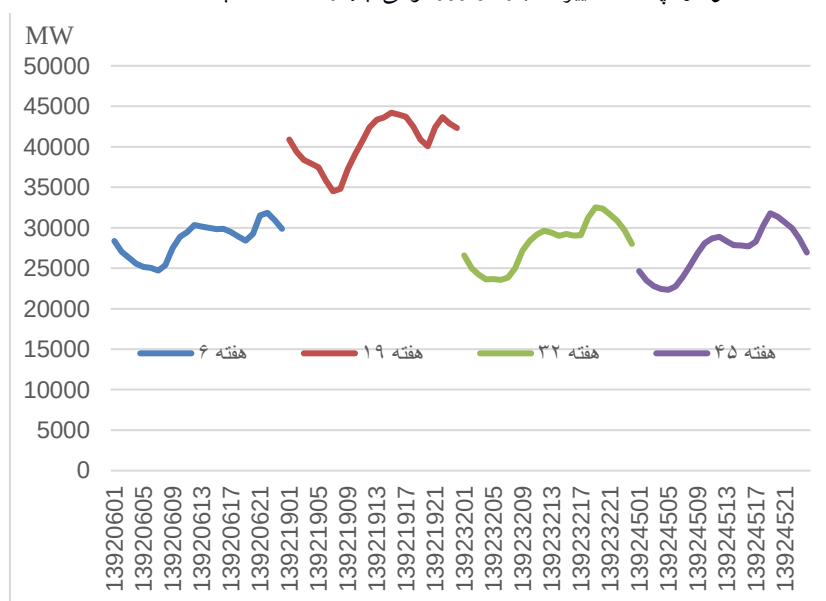
پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و ... | پرتوی‌راد و همکاران | ۷۵

جدول پ.۱. اجزای بخش تولید در سیستم انرژی الکتریکی در سال ۱۴۰۰ و ۱۳۹۲

اجزای بخش تولید انرژی الکتریکی	سال ۱۴۰۰		سال ۱۳۹۲	
	مقدار (مگاوات ساعت/ مگاوات)	سهم (درصد)	مقدار (مگاوات ساعت/ مگاوات)	سهم (درصد)
تولید ناویژه نیروگاه‌ها	۳۵۶۱۳۶۵۴۵	۹۵/۵۶	۲۶۱۳۶۱۶۷۰/۷	۹۸/۵۹
معادل افت فرکانس	۱۲۴۸۲۶۲	۰/۳۳		
دریافتی برون مرزی	۳۰۵۰۵۹۲	۰/۸۲	۳۷۲۳۵۹۶/۵	۱/۴۰
معادل افت فرکانس دریافتی برون مرزی	۹۸۹۹			
اعمال مدیریت صنایع	۶۷۶۲۵۱۸	۱/۸۱	۸۶۲۱/۱	
خاموشی	۵۴۸۳۶۱۷	۱/۴۷	۹۶۸۵/۴	

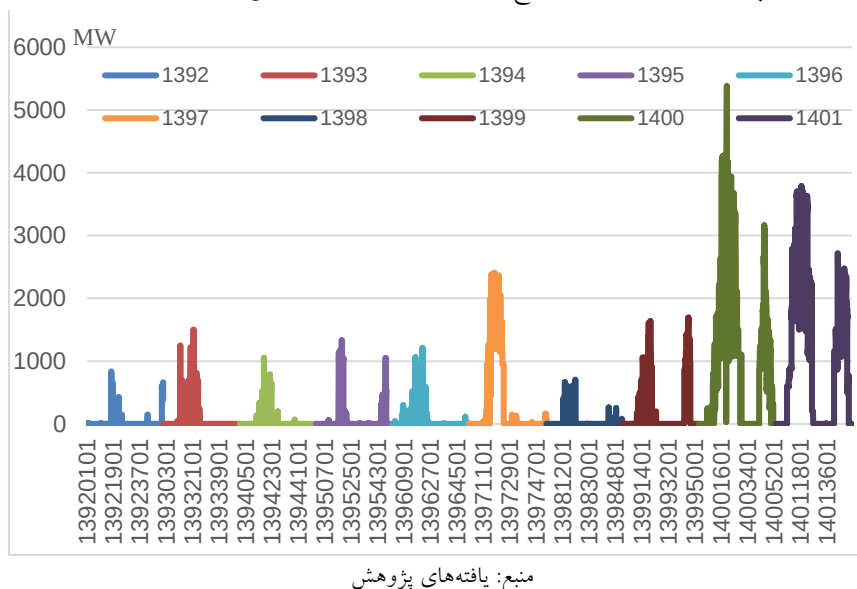
منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار پ.۱۴. تغییرات بار در روز نوعی چهار هفته منتخب سال ۱۳۹۲

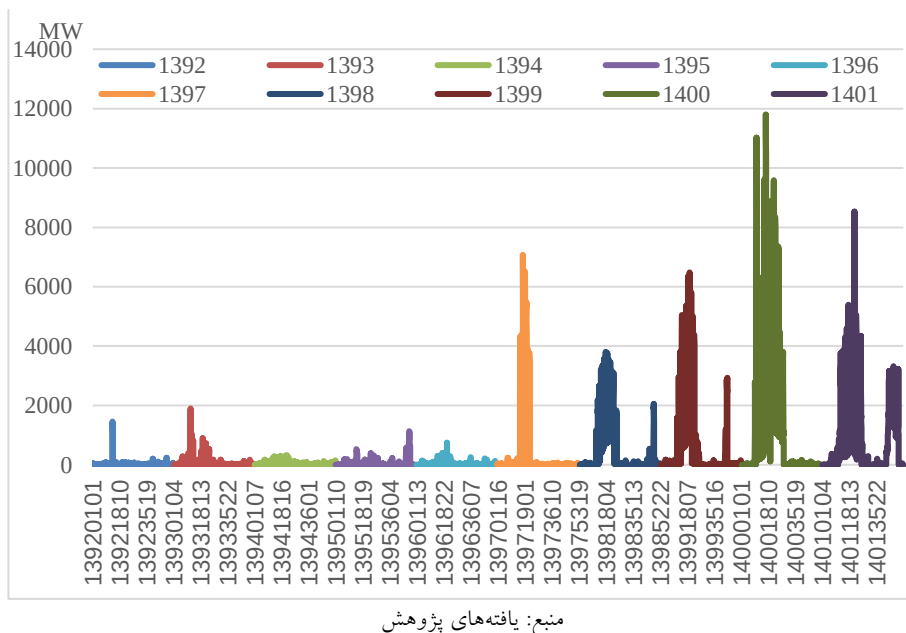


منبع: یافته‌های پژوهش

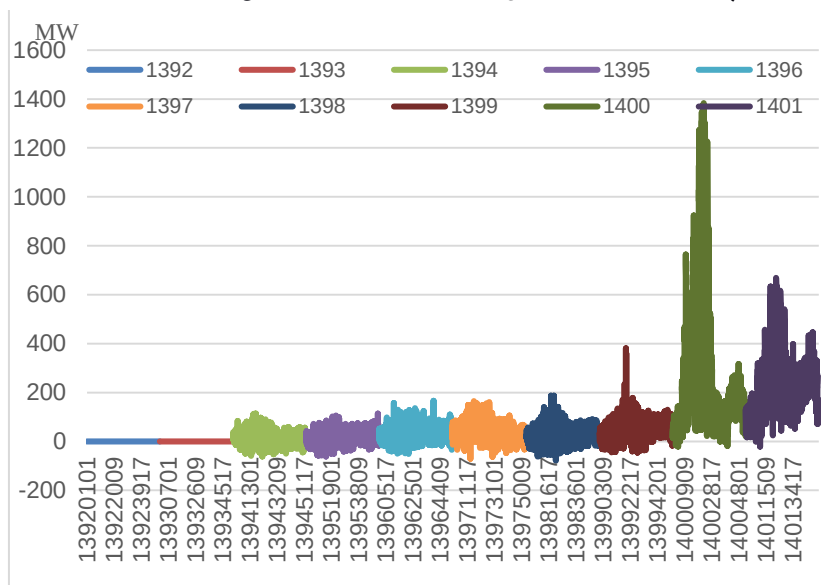
نمودار پ.۱۵. اعمال مدیریت صنایع در ساعت‌های روزهای نوعی از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱



نمودار پ.۱۷. خاموشی‌ها در ساعت‌های روزهای نوعی از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱

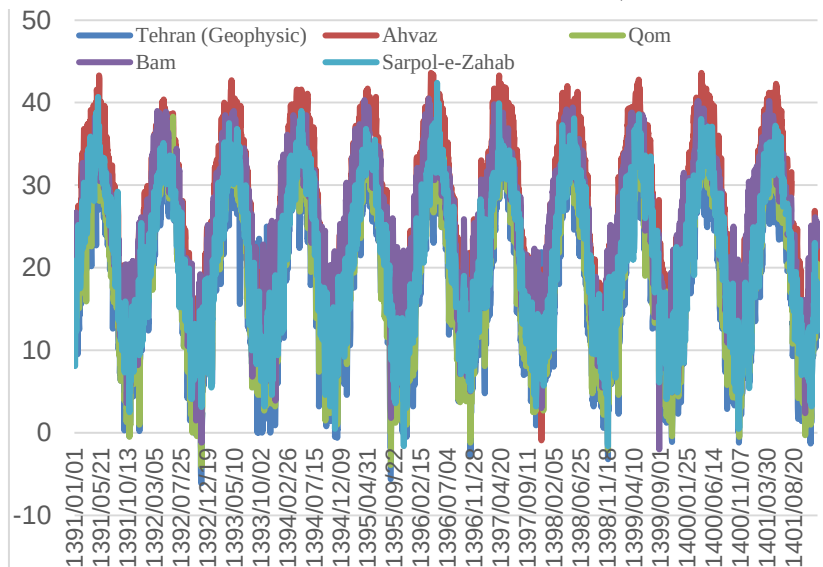


نمودار پ.۱۸. معادل افت فرکانس در ساعتهای روزهای نوعی از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار پ.۱۹. تغییرات متوسط دمای روزانه ۵ ایستگاه منتخب



منبع: یافته‌های پژوهش

جدول پ.۲. طبقه‌بندی مناطق کرم و مرطوب و مدت و دوره زمانی

منطقه	شهر (ایستگاه سینوپتیکی منتخب)	مدت (ماه)	دوره زمانی
گرمسیر ۱	اهواز	۹	از ابتدای فروردین تا پایان آذر
گرمسیر ۲	سر پل ذهاب	۶	از ابتدای اردیبهشت تا پایان مهر
گرمسیر ۳	بم	۶	از ابتدای اردیبهشت تا پایان مهر
گرمسیر ۴	قم	۲	تیر ماه و مرداد ماه
عادی	تهران	-	-

منبع: یافته‌های پژوهش

استناد به این مقاله: پرتوی‌راد، فریبرز؛ محمدی، تیمور؛ عبدالله میلانی، مهنوش؛ خورسندی، مرتضی. (۱۴۰۴). پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا-حالت و انتقال رژیم مارکوف، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵۵ (۱۴)، ۷۸-۳۷.



Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Selecting the Most Reliable Electricity Supplier for Gol Gohar Steel Factories: Ranking of Power Plants Using Multi-Criteria Decision-Making Methods

Seyed Ali Tohidi 

Master of Industrial Engineering, Financial Engineering, K. N. Toosi University of Technology.

Mohammad Mousazadeh 

Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, College of Farabi, University of Tehran.

Majid Mirzaei Ghazani 

Associate Professor, Faculty of Industrial Engineering, K. N. Toosi University of Technology.

Nasser Safaie 

Assistant Professor, Faculty of Industrial Engineering, K. N. Toosi University of Technology.

Abstract

With the increase in electricity consumption in the country over the last few years, despite the strategic nature of the steel industry in the country, the supply of electricity for steel companies has faced serious problems; In this study, we have first examined the strategies for improving the quality and increasing the production rate of Gol Gohar Steel Company through forming a SWOT matrix. Then, considering that sustainable electricity supply is identified as the key strategy to achieve this goal, using multi-criteria decision-making methods, different power plants are ranked for electricity supply of this company. For this purpose, using two main indicators of maintenance planning, i.e. reliability and availability, the options have been evaluated, and the ranking of power plants has been done using different methods: AHP, EDAS, TOPSIS, and MAUT. Also, for the weighting of criteria, two methods of forming a pairwise comparison matrix (PCM) and Shannon's method have been used. The results indicate that among the three power plants—Kahnouj, Goharan, and Samangan—the power supply from the Samangan power plant will be the most reliable for the Golgohar company. Specifically, in three out of four decision-making methods, the Samangan power plant was identified as the best option, while it ranked second in the remaining method. Additionally, the Kahnouj

* Corresponding Author: mousazadeh@ut.ac.ir

How to Cite: Tohidi, S A., Mousazadeh, M., Mirzaei Ghazani, M., Safaie, N. (2025). Selecting the Most Reliable Electricity Supplier for Gol Gohar Steel Factories: Ranking of Power Plants Using Multi-Criteria Decision-Making Methods. Iranian Energy Economics, 55 (14), 79-111.

power plant and the Goharan power plant were identified as the second and third-best options, respectively.

Introduction

The Iranian steel industry plays a pivotal role in the country's economy, contributing around 30% of the gross national product (GDP). Official statistics from the Chamber of Commerce of Industries and Mines show that the steel industry adds a substantial value of \$20 billion annually. This high level of productivity comes with significant energy consumption, as the industry utilizes 20 billion kilowatt hours of electricity per year. With a power plant capacity of 6,000 megawatts, the steel industry presents a compelling opportunity for large private and semi-state companies to generate their electricity, potentially easing the government's energy burden.

In the steel industry, continuous electricity supply is crucial to ensure high production performance and minimize costs. The frequent power outages lead to production stops, increased production time, and higher costs, particularly due to the impact on electric arc furnaces. The lack of energy sources and power outages in recent years have posed significant challenges to energy-intensive industries like steel production.

In this study, we are aiming to find the best power plant to supply reliable electricity for the steel company with a special focus on key criteria such as "availability" and "reliability". Additionally, investing in providing electricity from such a power plant will be very profitable for the company, enabling it to easily cover the cost of its electricity supply and allocate surplus profits to other areas.

Methods and Material

After gathering the required data for each option in every criterion, as well as for each sub-criterion separately, the next step involves calculating the importance coefficient for each sub-criterion using the paired comparisons method and the Shannon entropy method. After this, we will prioritize each option using four different methods: AHP, MAUT, TOPSIS, and EDAS.

The data for this study was gathered by technical experts, production planners, and maintenance and repair personnel at Mapna company. Some of the data was collected by monitoring users in the power plants using CMMS software modules, while other data was obtained from existing gauges on the facilities or through time measurements. Additionally, some data was sourced from the annual reports of Golghar Kerman Company.

Researchers are employing multiple decision-making methods to compare results and integrate them into a final ranking in their research. They are also exploring various traditional and modern methods for ranking in multi-criteria decision-making.

Results and Discussion

Based on the results obtained from various methods, it is evident that the TOPSIS and EDAS methods yield similar results. Additionally, the AHP method aligns with the two aforementioned methods in selecting the best power plant, differing only in

the other two priorities. Furthermore, in the MAUT method, the third priority is akin to the two aforementioned methods, while the first and second priorities differ.

As the rankings of power plants using different methods produced different results, to achieve a consensus and establish a final ranking, the results were integrated using the Copeland method. The merged result indicates that the Samangan power plant has the highest priority, followed by the Kohnuj power plant in second place and the Gohran power plant in third place.

Conclusion

An unprecedented increase in electricity consumption in the country, both in the domestic and industrial sectors, has led to urban outages and created problems for the manufacturing and industrial sectors. One of the ways to stabilize the power supply of industries, especially steel factories, which are a strategic part of the country's industry, is to establish power plants and use the dedicated capacity of power plants without depending on the country's national electricity network.

In this research, we aim to determine the best power plant to provide reliable electricity for Golghar steel factories by relying on four multi-criteria decision-making methods. We first identified the indicators and criteria influencing the selection of the best power plant with the participation of industry experts. Then, we extracted the required data quantitatively and qualitatively from the body of experts and information systems available at Golgohar Company.

Next, we calculated the weights of the criteria using two methods pairwise comparison matrix and Shannon Entropy method. Finally, we ranked the power plants using four multi-criteria decision-making methods including AHP, MAUT, TOPSIS, and EDAS methods. After integrating the results via the Copland method, the Samangan power plant was identified as the best power plant, and the Goharan and the Kohnuj power plants were ranked second and third.

For the development of this research, it is suggested to add other decision-making indicators to the problem in addition to the key performance indicators in the field of maintenance planning. The use of new decision-making methods such as the best-worst (BWM) method or the use of other integration methods in the final ranking of options can be another way to develop this research. Also, considering some parameters of the problem as fuzzy variables with uncertainty and using fuzzy versions of multi-criteria decision-making methods are among other suggestions for development.

Keywords: Maintenance, Reliability, Multi-Criteria Decision Making, SWOT matrix

JEL Classification: D91 , L42 , L94



انتخاب قابل اطمینان ترین تأمین کننده برق برای کارخانجات فولادسازی گل گهر: رتبه بندی نیروگاه ها با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره

کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، مهندسی مالی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

سید علی توحیدی

استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشکده گان فارابی، دانشگاه تهران.

محمد موسی زاده

دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

مجید میرزایی قزانی

استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

ناصر صفایی

چکیده

با افزایش مصرف برق در کشور طی چند سال اخیر، علی رغم راهبردی بودن صنعت فولاد در کشور، تأمین برق برای شرکت های فولادی با مشکلات جدی روبه رو شده است؛ در این مطالعه، ابتدا به بررسی راهبردهای بهبود کیفیت و افزایش نرخ تولید شرکت فولاد گل گهر از طریق تشکیل ماتریس SWOT پرداخته ایم. سپس، با توجه به اینکه تأمین برق قابل اطمینان، کلیدی ترین راهبرد برای نیل به این هدف شناسایی شده است، با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره به رتبه بندی نیروگاه های مختلف برای تأمین برق قابل اطمینان این شرکت پرداخته ایم. به این منظور، با استفاده از دو شاخص اصلی نگهداری و تعمیرات، یعنی قابلیت اطمینان و در دسترس بودن به ارزیابی گزینه ها پرداخته و رتبه بندی نیروگاه ها با استفاده از چهار روش تصمیم گیری AHP، TOPSIS، EDAS و MAUT انجام شده است. همچنین برای وزن دهی معیارها از دو روش تشکیل ماتریس مقایسات زوجی (PCM) و روش شانون بهره گرفته شده است. نتایج حل نشان دهنده آن است که از میان سه نیروگاه کهنوج، نیروگاه گهران و نیروگاه سمنگان، تأمین برق قابل اطمینان شرکت گل گهر توسط نیروگاه سمنگان قابل اتکاتر خواهد بود. به طور خلاصه، در سه روش از چهار روش تصمیم گیری، نیروگاه سمنگان به عنوان نیروگاه برتر شناخته شده و در دیگر روش نیز در جایگاه دوم رتبه بندی قرار گرفت. همچنین در مجموع، نیروگاه کهنوج نیروگاه گهران به عنوان دومین و سومین نیروگاه شناسایی شدند.

کلیدواژه ها: نگهداری و تعمیرات، قابلیت اطمینان، تصمیم گیری چندمعیاره، ماتریس SWOT

طبقه بندی JEL: L94, L42, D91

* نویسنده مسئول: mousazadeh@ut.ac.ir

۱. مقدمه

صنایع فولادی یکی از بزرگ ترین و مهم ترین بخش های تولیدی کشور محسوب می شوند و حدود ۳۰ درصد از تولید ناخالص داخلی^۱ را در اختیار دارند. طبق آمارهای رسمی اتاق بازرگانی صنایع و معادن کشور^۲ در سال ۱۴۰۰، ارزش افزوده صنعت فولاد، سالانه به ۲۰ میلیارد دلار می رسد و صنایع فولادی برای ایجاد این میزان ارزش افزوده، سالانه ۲۰ میلیارد کیلووات ساعت برق مصرف می کنند. وجود ظرفیت نیروگاهی ۶ هزار مگاواتی در صنعت فولاد، شرکت های بزرگ خصوصی و شبه دولتی در این حوزه را برای تولید برق و کاهش بار انرژی از روی دوش دولت ترغیب می کند.

شرکت های فولادسازی برای داشتن بهترین عملکرد در تولید، به برق پیوسته با قطعی شبکه کمتر نیاز دارد. معیارهای در دسترس بودن^۳ و قابلیت اطمینان^۴ باعث کمتر شدن قطعی کوتاه مدت شده و در صنایع فولاد توقفات کوتاه در تولید موجب هزینه های بالایی در بهای تمام شده محصول می گردد. از جمله توقفات و خسارات تولید در زمان قطع برق می توان به پایین آمدن دمای کوره های قوس الکتریکی و افزایش زمان و هزینه تولید اشاره کرد. کمبود منابع انرژی و قطعی برق طی سال های اخیر، به یکی از چالش های بزرگ صنایع به ویژه صنایع انرژی بر مانند فولاد تبدیل شده است البته قطعی گاز در زمستان هم مسئله دیگری برای صنایع تولیدی محسوب می شود که بر میزان تولید، فروش و صادرات اثر منفی می گذارد.

با در نظر گرفتن چالش های ذکر شده به ویژه برای صنایع فولادی، این مطالعه در راستای یافتن قابل اطمینان ترین نیروگاه برای تأمین برق شرکت فولادی گل گهر انجام شده است. اهمیت این پژوهش برای شرکت های فولادی از این جهت بسیار بالا است که انتخاب یک نیروگاه کارا برای تأمین برق و متناسب با معیارهای کلیدی نظیر «در دسترس بودن» و «قابلیت اطمینان» می تواند از افزایش قیمت تمام شده و افزایش زمان تولید بکاهد و از خواب سرمایه یا ماشین آلات صنعتی جلوگیری کند. همچنین سرمایه گذاری جهت تأمین برق از چنین نیروگاهی، سودآوری بسیار بالایی برای شرکت خواهد داشت که به راحتی می تواند هزینه تأمین برق خود را از این راه به دست بیاورد و مازاد سودآوری آن را نیز صرف سایر امور کند.

1. Gross Domestic Product (GDP)
2. chambertrust.ir
3. Availability
4. Reliability

براساس بررسی‌هایی که در معاونت کسب‌وکار اتاق بازرگانی و صنایع و معادن تهران صورت گرفته و مبتنی بر گزارشات سالانه وزارت نیرو^۱، سالنامه آماری^۲ و گزارشات معاملات انرژی در سایت بورس انرژی^۳، در کنستاتره‌سازی ۳۳۷ مگاوات در هر ساعت برق مصرف می‌شود. به علاوه، در گندله‌سازی ۴۴۵ مگاوات، در احیای مستقیم آهن اسفنجی ۴۶۸ مگاوات و در ذوب و فولادسازی مصرف برق به ۳۷۱۷ مگاوات در ساعت می‌رسد. در بخش مقاطع طولیل مانند میل‌گرد، نبشی و ناودانی نیز مصرف در حدود ۱۷۸ مگاوات برآورد شده است. با کنار هم گذاشتن عوامل اثرگذار بر دینامیک عرضه و تقاضای برق که مورد اشاره قرار گرفت، به نظر می‌رسد با توجه به رشد مصرفی که به ویژه در بخش خانگی (۳۲٪ از مصرف کل کشور) وجود دارد مشکل قطعی برق صنایع در سال‌های آتی همچنان باقی است که این امر ضربه سنگینی بر ظرفیت تولید این بنگاه‌های اقتصادی وارد خواهد کرد. درواقع صنایع در سال‌های پیش رو با دو چالش اساسی (۱) قطعی گسترده برق و (۲) افزایش قیمت برق روبه‌رو خواهند بود. هرچند که وزارت نیرو درصدد ایجاد مشوق‌هایی برای تولید برق از طریق منابع مختلف هست، اما دولت به دلیل برخی قوانین بالادستی، حق تولید و توسعه نیروگاه‌های جدید را ندارد. درنتیجه، به دلیل ارزشمند بودن هر کیلووات برق تولیدی برای شرکت‌های تولیدی آهن و فولاد، واحدهای تولیدی می‌بایست برای رفع چالش‌های مربوط به تأمین برق خود بیاندیشد و این امر آن‌ها را به سمت و سوی مدیریت مصرف انرژی و تأمین برق به صورت خودتأمین سوق خواهد داد.

شرکت فولاد گل‌گهر استان کرمان بیش از ۱۲ سال است که در صنعت فولاد ایران پیش‌تاز تولید محصولات فولادی می‌باشد. طی ۵ سال اخیر، به دلیل کمبود برق در ساعات اوج مصرف و پیک‌های بار، برخی از نیروگاه‌های تأمین‌کننده برق گل‌گهر دچار اختلالات پراکنده و مداوم چشمگیری شدند. این قطعی‌ها موجب افزایش ضایعات و کاهش کیفیت محصولات می‌شد. درنتیجه، این تحقیق به دنبال انتخاب قابل اطمینان‌ترین نیروگاه برای تأمین برق شرکت گل‌گهر صورت گرفته است. در جدول (۱) به کمک ماتریس SWOT و با توجه به شرایط محیطی و سطح فناوری که شرکت فولادی گل‌گهر دارد، به تحلیل وضعیت شرکت فولادی گل‌گهر پرداخته شده است. هدف این تحلیل

1. moe.gov.ir

2. www.amar.org.ir

3. www.irenex.ir

شناسایی استراتژی‌هایی است که شرکت باید برای ارتقای کیفیت محصول و افزایش فروش اتخاذ کند.

جدول ۱. ماتریس SWOT^۱

نقاط قوت داخلی (S)	نقاط ضعف داخلی (W)	عوامل درونی	عوامل بیرونی
۱. به دنبال ایجاد تنوع در سبد محصول ۲. دارای مشتریان ثابت و برنر بودن ۳. برخورداری از تکنولوژی القایی برای ذوب ۴. نرخ تولید محصول بالا	۱. الکتریکی بودن کوره‌ها و نیازمند بودن به برق ثابت و قابل اطمینان ۲. مشکل تأمین برق در صورت نداشتن نیروگاه اختصاصی ۳. آلودگی به شدت بالای زیست محیطی در صورت افزایش نرخ تولید ۴. محدود کردن مصرف برق این صنعت در اولین گروه در زمان اوج بار مصرف برق	عوامل درونی	عوامل بیرونی
راهبرد SO	راهبرد WO	۱. نزدیک بودن به جنوب کشور برای تأمین آب ۲. نزدیک بودن به چندین نیروگاه برق برای تأمین برق ۳. حمایت‌های مالی دولت از صنایع راهبردی مانند فولاد ۴. نزدیکی بودن به معادن سنگ آهن	فرصت‌های محیطی (O)
راهبرد ST	راهبرد WT	۱. کمبود منابع آبی برای تأمین آب ۲. قطعی برق در پیک‌های اوج مصرف برق ۳. رقیب‌های به شدت خلاق در نوآوری و سبد محصول ۴. هزینه‌های بالای ضایعات و محصولات معیوب	تهدیدات محیطی (T)
۱. ایجاد سبد متنوع محصول با در نظر گرفتن محصولات متنوع شرکت‌های رقیب ۲. با افزایش نرخ تولید و کاهش قطعی برق در نتیجه کاهش هزینه‌های ضایعات با تأمین به اندازه برق و آب	۱. داشتن یک شبکه برق پشتیبان جهت پشتیبانی هنگام قطعی برق و نظافت کوره‌ها جهت کاهش مصرف برق	۱. ساخت یا واردات کوره‌های القایی جدید با مصرف کمتر برق با کمک حمایت‌های دولتی ۲. افزایش کیفیت محصول با یافتن معادن با خلوص بیشتر و کاهش هزینه تمام‌شده	۱. انتخاب بهترین نیروگاه از نظر شاخص‌های نت یا ساخت نیروگاه برای تأمین برق

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول (۱)، برای افزایش فروش محصولات شرکت گل گهر کرمان و همچنین افزایش سهم بازار خود، می‌بایست از راهبردهای ضعف - فرصت^۲ (به منظور کاهش اثرات

1. SWOT (Strength Weakness Opportunity Thread)
 2. Weaknesses – Opportunities

ناشی از نقاط ضعف سازمان در بهره‌گیری از فرصت‌های موجود) و ضعف - تهدید^۱ (به منظور حداقل سازی ضعف‌های سازمان در برابر تهدیدهای شناسایی شده) بهره برد. با توجه به این دو راهبرد در خواهیم یافت که بهترین راهبرد شرکت در این خواهد بود که مشکل تأمین برق قابل اطمینان و با ثبات خود را به وسیله تأمین برق از یکی از نیروگاه‌های اطراف خود برطرف کند. کیفیت برق آن نیروگاه، با پایداری و با ثبات شبکه برق تأمین تعیین می‌شود.

با توجه به چالش گل‌گهر در تأمین برق با کیفیت که در ابتدا بیان شد، این مطالعه در پی آن است که با استفاده از شاخص‌های حیاتی و کاربردی نگهداری و تعمیرات، به رتبه‌بندی نیروگاه‌های موجود از منظر قابلیت اطمینان جهت تأمین برق این شرکت پردازد. در این مقاله، در بخش دوم به مرور مطالعات پیشین پرداخته خواهد شد. در بخش سوم، شاخص‌ها و معیارهای مورد استفاده که با توجه به نظرات خبرگان انتخاب گردیده‌اند، مورد بحث قرار خواهند گرفت. در بخش چهارم، به معرفی و استفاده از روش‌های رتبه‌بندی مورد نظر پرداخته می‌شود. در بخش پنجم تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از رتبه‌بندی نیروگاه‌ها با استفاده از روش‌های مختلف ارائه شده است و در نهایت، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری این پژوهش در بخش ششم ارائه شده است.

۲. مروری بر پیشینه تحقیق

۲-۱. پژوهش‌های داخلی

در زمینه تحقیق این پژوهش، مقالات متعددی یافت می‌شود که هدف آن انتخاب تأمین‌کننده برق و یا زنجیره تأمین برق با معیارهایی متفاوت است.

منظور و رحیمی (۱۳۹۴) با در نظر گرفتن معیارهای مختلف اقتصادی زیست‌محیطی، سیاسی، اجتماعی، امنیت انرژی و فنی، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای وزن‌دهی به معیارها و روش پرومته^۲ به ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌های مختلف تولید برق پرداخته‌اند. در بین ۲۳ معیاری که اوزان هریک را خبرگان تعیین کردند، هزینه تمام‌شده برای هر کیلووات ساعت در رتبه اول، امنیت تأمین منبع ورودی نیروگاه در رتبه دوم، سرمایه‌گذاری اولیه در رتبه سوم، تأثیر در حفظ و صرفه‌جویی در منابع پایان‌پذیر در رتبه چهارم و تأثیر در نوع بخشی به سیستم عرضه در رتبه پنجم قرار گرفت است.

1. Weaknesses – Threats

2. Promethee

امیدیان و حیدریه (۱۳۹۷) تحقیقی در زمینه اولویت بندی راهبرد زنجیره تأمین در تولید برق به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام دادند. در آن پژوهش سعی شده است با مطرح کردن رویکرد مدیریت زنجیره تأمین بزرگ (لارج)، با به کارگیری روش توصیفی - پیمایشی و دریافت نظر هشت نفر خبره در صنعت برق، هریک از ابعاد رویکرد لارج با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی^۱ و به کمک نرم افزار تحت وب سلسله مراتبی فازی چانگ بررسی و اولویت بندی شود.

عباسی قله سرخ (۱۳۹۸) تحقیقی در زمینه شناسایی و رتبه بندی راهبردهای مؤثر در بهبود عملکرد زنجیره تأمین با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۲ در شرکت توزیع نیروی برق اهواز داشته است. خلیفه سلطانی (۱۴۰۰) تحقیقی در زمینه استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای اولویت بندی میزان تأثیر واحدهای مختلف شرکت توزیع برق در زنجیره تأمین (مطالعه موردی شرکت توزیع برق یزد) انجام داده است. در آن پژوهش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و با استفاده از نظر خبرگان فعال در صنعت برق، به تفکیک کارشناسان شرکت توزیع برق استان یزد، سهم واحدهای مختلف شرکت توزیع برق در کیفیت برق تحویلی و زنجیره تأمین آن اولویت بندی شده است.

پورجوادی و همکاران (۱۴۰۰) نیز تحقیقی در زمینه زنجیره تأمین برق انجام دادند. نتیجه پژوهش آنها نشان می دهد که زنجیره تأمین برق یکی از مواردی است که به دلیل وجود تعارض میان افراد ذی نفعان، دارای ریسک های متعددی می باشد. آن پژوهش سپس به شناسایی و اولویت بندی ریسک های مرتبط با زنجیره تأمین برق می پردازد. با توجه به اهمیت ریسک ها در صنعت نیروگاهی، به عنوان مطالعه موردی، ارزیابی عوامل ریسک در زنجیره تأمین نیروگاه دالاهو انجام شده است. این ارزیابی در سه مرحله شناسایی، اولویت بندی و تحلیل انجام شده است.

لطفی و همکاران (۱۴۰۰) مطالعه ای در زمینه پتانسیل سنجی مزرعه های خورشیدی با روش های تصمیم گیری چند معیاره در ایران داشته اند. با توجه به اینکه ایران از ظرفیت بالایی برای استفاده از انرژی خورشیدی دارد اما شناخت مناطق مناسب برای احداث نیروگاه های خورشیدی یک موضوع بسیار مهم است. درواقع آن مطالعه در راستای ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی ۹ استان در ایران با ۳ نوع روش تصمیم گیری چند معیاره مجموع

1. Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

2. Analytic Hierarchy Process (AHP)

ساده وزنی، تاپسیس و الکتراه می‌باشد. در این راستا از ۳ معیار اصلی محل نصب، شرایط آب و هوایی و ریسک استفاده شده است، که شامل ۱۱ زیر معیار بوده و با روش آنتروپی شانون وزن‌دهی شدند.

افشاریان و سهرابی (۱۴۰۰) مطالعه‌ای در زمینه رتبه‌بندی نیروگاه‌های بادی و خورشیدی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۱ با در نظر گرفتن شاخص‌های مالی و اقتصادی در ایران داشته‌اند. در آن پژوهش که به دنبال رتبه‌بندی مناطق در ایران می‌باشد. ابتدا مناطقی که در سال‌های اخیر تاکنون اقدامی برای تأسیس نیروگاه‌های بادی و خورشیدی (تجدیدپذیر) صورت پذیرفته است شناسایی شد. پس از انتخاب اولیه مناطق که به کمک استخراج معیارهایی همچون طول و عرض جغرافیایی، سرعت باد و حداکثر ساعات آفتابی انجام شد، اولویت‌بندی با روش تحلیل سلسله‌مراتبی و ناظر به معیارهای احداث مزارع خورشیدی و بادی (همچون بازگشت سرمایه، تأثیرات سیاسی، اقتصادی، چگالی باد، زاویه تابش) انجام پذیرفته است.

۲-۲. پژوهش‌های خارجی

گارگ و همکاران (۲۰۰۷)^۲ یک روش محاسباتی برای مسئله ارزیابی و انتخاب نیروگاه بهینه ارائه می‌دهند. روش ارائه شده مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه نامگذاری شده است و اساساً مبتنی بر روش تاپسیس است. در آن مقاله، یک طرح طبقه‌بندی و کدگذاری جامع بر اساس ۱۹۰ معیار مرتبط برای یک نیروگاه حرارتی پیشنهاد شده است که برای توسعه یک پایگاه داده بزرگ از نیروگاه‌های موجود و بازیابی بعدی آن‌ها مناسب است.

اتماجا و باسار (۲۰۱۲)^۳ در تحقیقی ارزیابی نیروگاه‌های ترکیه را با استفاده از فرآیند شبکه تحلیلی^۴ انجام داده‌اند. مطالعه آن‌ها برای تعیین میزان کفایت ظرفیت نیروگاه‌های موجود در ترکیه و نیروگاه‌هایی که در حال ساخت هستند یا برای تأسیس در آینده نزدیک در نظر گرفته شده است به کار برده می‌شود. جایگزین‌هایی که در نظر گرفته می‌شوند نیز نیروگاه‌های طبیعی هستند نظیر: نیروگاه‌های انرژی گاز، باد، زمین گرمایی، برق آبی و زغال سنگ و همچنین نیروگاه‌های هسته‌ای. با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره فرآیند

1. Analytic Hierarchy Process (AHP)

2. Garg et al.

3. Atmaca and Basar

4. Analytic Network process (ANP)

تحلیلی شبکه، ارزیابی شش نیروگاه مختلف انرژی با توجه به معیارهای اصلی مانند فناوری و پایداری، تناسب اقتصادی، کیفیت زندگی و اثرات اجتماعی - اقتصادی صورت گرفته است. سینگ و همکاران (۲۰۱۳)^۱ مطالعه‌ای در مورد انتخاب مبدل حرارتی برای عملیات حرارتی با شاخص‌های چندگانه با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره. انجام داده است. زارع و همکاران (۲۰۱۵)^۲ تحقیقی با هدف ارائه یک چارچوب تحلیل SWO برای تجزیه و تحلیل زنجیره تأمین برق با استفاده از روش ترکیبی تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس فازی^۳ داشته‌اند. در آن مقاله چارچوبی مبتنی بر تحلیل SWOT جهت برای تحلیل زنجیره تأمین برق در شمال غرب ایران ارائه شده است.

همچنین، کومار و همکاران (۲۰۲۰)^۴ تحقیقی در رابطه با تعیین و اولویت‌بندی مولفه‌های بحرانی که نیروگاه حرارتی نیاز به نگهداری تعمیرات پیشگیرانه آن‌ها دارند با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه داده است. داده‌های جمع‌آوری شده در آن مقاله مربوط به یکی از نیروگاه‌های حرارتی بوده است و در نهایت علت اصلی قطعی واحد نیروگاه حرارتی به دلیل نقص در عملیات فرمان قطع اضطراری اصلی سوخت^۵ در محافظت از دیگ بخار در برابر هرگونه ناامنی شناسایی شده است. تایلان و همکاران (۲۰۲۰)^۶ در مطالعه‌ای در مورد ارزیابی سیستم‌های انرژی با استفاده از رویکردهای فازی توسعه‌یافته با روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی، ویکور فازی^۷ و تاپسیس داشته‌اند. آن مطالعه با هدف شناسایی مناسب‌ترین سیستم‌های انرژی در کشور عربستان انجام شده است.

باکت و همکاران (۲۰۲۱)^۸ مطالعه‌ای با هدف تعیین تصمیمات بهینه سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر انجام داده‌اند؛ پنج گزینه انرژی تجدیدپذیر در ترکیه شناسایی شدند که عبارتند از: انرژی آبی، انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی زمین گرمایی و انرژی زیست توده. در آن مقاله، ابتدا با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی وزن معیارها شناسایی شد و سپس رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس روش ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه‌حل^۹

1. Sing et al.

2. Zare et al.

3. Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)

4. Rakesh Kumar

5. Master fuel tripping

6. Taylan et al.

7. Fuzzy VIKOR

8. Buket et al.

9. Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS)

صورت گرفت. نتایج توصیه می‌کند که سرمایه‌گذاری، بر روی انرژی آبی و انرژی بادی می‌بایست بیشترین اولویت را داشته باشد.

جدول ۲. جدول مرور ادبیات داخلی و خارجی

ردیف	نویسندگان	سال	نوع پژوهش	نوع داده	روش تصمیم‌گیری	کاربرد
۱	منظور و رحیمی	۱۳۹۴	داخلی	قطعی	AHP	اولویت بندی نیروگاه‌های تولید برق در ایران
۲	امیدیان و حیدریه	۱۳۹۷	داخلی	فازی	AHP	زنجیره تأمین تولید برق
۳	عباسی قله سرخ	۱۳۹۸	داخلی	قطعی	AHP	بهبود زنجیره تأمین برق
۴	خلیفه سلطانی	۱۴۰۰	داخلی	قطعی	AHP	زنجیره تأمین برق
۵	پورجواد و همکاران	۱۴۰۰	داخلی	فازی	AHP	زنجیره تأمین برق
۶	لطفی و همکاران	۱۴۰۰	داخلی	قطعی	TOPSIS, SAW ELECTERE	اولویت‌بندی برای ساخت نیروگاه‌های خورشیدی
۷	افشاریان و سهرابی	۱۴۰۰	داخلی	قطعی	AHP	اولویت‌بندی برای احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر
۸	گارگ و همکاران	۲۰۰۷	خارجی	قطعی	TOPSIS	ارزیابی و انتخاب توان حرارتی نیروگاه‌ها
۹	اتماجا و باسار	۲۰۱۲	خارجی	قطعی	ANP	ارزیابی نیروگاه‌ها
۱۰	سینگ و همکاران	۲۰۱۳	خارجی	فازی	TOPSIS	انتخاب مبدل حرارتی برای عملیات حرارتی
۱۱	زارع و همکاران	۲۰۱۵	خارجی	فازی	AHP, TOPSIS	زنجیره تأمین برق
۱۲	کومار و همکاران	۲۰۲۰	خارجی	قطعی	AHP	تعیین خرابی اجزای بحرانی نیروگاه
۱۳	باکت و همکاران	۲۰۲۱	خارجی	فازی	AHP, FMEA EDAS	اولویت‌بندی انرژی‌های تجدیدپذیر کشور ترکیه
۱۴	تایلان و همکاران	۲۰۲۰	خارجی	فازی	AHP, TOPSIS, VIKOR	ارزیابی سیستم‌های انرژی
۱۵	پژوهش حاضر	۱۴۰۳	داخلی	قطعی	AHP, TOPSIS, MAUT, EDAS	انتخاب برترین نیروگاه

۳. شرح گزینه‌ها و معیارهای رتبه‌بندی گزینه‌ها

شرکت‌های فولادی برای ساخت نیروگاه باید نیروگاه را در جای تعیین شده از سوی شرکت برق بسازند. در نتیجه شرکت فولادی پس از ساخت نیروگاه در محل تعیین شده و با توجه به درآمد از نیروگاه خود، برق مورد نیازش را از بورس انرژی از یکی از نیروگاه‌های اطراف خود تأمین می‌کند. به دلیل وجود کارخانجات فولادی زیاد در استان کرمان که یک قطب مهم صنایع فلزی در ایران است و کمبود آب در این استان، و همچنین نبود نیروگاه آبی یا بادی و حضور پر رنگ نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در استان کرمان، شرکت فولاد گل گهر کرمان به عنوان شرکت نیازمند برق و سرمایه‌گذار به عنوان یک مورد مطالعاتی انتخاب شده است. حال آنکه سه نیروگاه سمنگان، کهنوج و گوهران به دلیل در دست داشتن اطلاعات نگهداری و تعمیرات آن‌ها و نزدیک بودن نیروگاه‌ها به کارخانه جهت مقایسه و رتبه‌بندی به منظور تأمین برق کارخانجات گل گهر کرمان انتخاب شده‌اند.^۱

از طرفی دیگر، برای ارزیابی نیروگاه‌ها جهت تأمین برق کارخانجات فولادسازی گل گهر سیرجان، دو معیار اصلی در دسترس بودن و قابلیت اطمینان در نظر گرفته شده است که با استاندارد بر استانداردهای ISO14224 و EN15341 انتخاب شده است. در تعیین معیارها و زیرمعیارها که در جدول ۳ نیز ارائه شده است، سه خبره از واحدهای فنی و نگهداری و تعمیرات شرکت مپنا و با همکاری واحد برنامه‌ریزی و تولید کارخانه فولاد گلگهر کرمان، مشارکت داشتند. که این معیارها به صورت مصاحبه و با اجماع این کارشناسان بر روی چند معیار حیاتی و پرکاربرد در طی چند جلسه برگزیده شدند. در مجموع، انتخاب این شاخص‌ها براساس نقشه راهبرد سازمان بوده که به خط مشی سازمان نیز ختم شده است و در تحلیل و بررسی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است.

معیار در دسترس بودن، مشتمل بر سه زیرمعیار (۱) زمان در سرویس بودن واحد (داده عددی)، (۲) کیفیت سوخت (داده توصیفی) و (۳) تعداد تریپ در واحد (داده عددی) است. از طرف دیگر، معیار قابلیت اطمینان که به عنوان احتمال کارکرد صحیح و بدون اشکال یک سیستم یا آیت، در شرایط مشخص و از پیش تعیین شده برای یک زمان مشخص را مطرح می‌کند، خود از ۵ زیر معیار (۱) شاخص میانگین زمان بین دو خرابی^۲، (۲) شاخص

1. www.mapnaom.com

2. Mean Time Between Failure (MTBF)

میانگین زمان تا خرابی^۱، ۳) شاخص میانگین زمان لازم تعمیر^۲، ۴) شاخص میانگین زمان انتظار برای (شروع) تعمیر^۳ و ۵) شاخص تکرار خرابی تشکیل شده است که هر پنج زیرمعیار از نوع داده‌های عددی هستند.

جدول ۳. معیارها و زیر معیارهای انتخاب برترین نیروگاه

معیار	شرح معیار	زیر معیار	شرح زیرمعیار
در دسترس بودن	مقدار زمانی است که یک تجهیز/ دارایی می‌تواند در صورت نیاز مورد استفاده قرار گیرد.	زمان در سرویس بودن واحد	مدت زمان فعال عملیاتی
		کیفیت سوخت	میزان با کیفیت بودن سوخت و فاسد نبودن آن
		تعداد تریپ در واحد	تعداد توقف‌ها در واحد
قابلیت اطمینان	توانایی تجهیز/ دارایی برای انجام در کار مورد نیاز، بدون شکست، برای یک دوره زمانی مشخص‌شده و تحت شرایط داده شده	MTBF	میانگین زمان بین دو خرابی
		MTTF	میانگین زمان تا خرابی
		MTTR	میانگین زمان تعمیر
		MTWR	میانگین زمان انتظار برای تعمیر
		تکرار خرابی	تعداد خرابی رخ داده در طول زمان عملیاتی واحد

منبع: یافته‌های پژوهش

شاخص میانگین زمان بین دو خرابی^۴: این شاخص زمان قابل پیش‌بینی‌ای که از خرابی قبلی تا خرابی بعدی یک سیستم مکانیکی یا الکتریکی در عملکرد نرمال آن می‌گذرد را اندازه‌گیری می‌کند. درواقع این شاخص کمک می‌کند تا بتوانید پیش‌بینی کنید که سیستم شما چه مدت کار می‌کند و تا خرابی بعدی چه میزان زمان باقی مانده است. این شاخص در سیستم‌هایی کاربرد دارد که قابل تعمیر باشند و منظور از خرابی در تعریف این پارامتر، خرابی‌هایی است که باعث توقف کامل و از کار افتادن سیستم می‌شود

1. Mean Time to Failure (MTTF)
2. Mean Time to Repair (MTTR)
3. Mean Time Wait Repair (MTWR)
4. MTBF

و آن را ملزوم به تعمیر شدن می کند. همچنین تعمیرات دوره ای و متوقف کردن سیستم که طبق برنامه تعمیر و نگهداری انجام می گیرد (مثل کالیبراسیون یا تعویض دوره ای قطعات)، مربوط به این شاخص نیست. هرچه مقدار شاخص میانگین زمانی بین دو خرابی بزرگ تر باشد، سیستم زمان بیشتری را خوب کار می کند و دیرتر خراب می شود.

شاخص میانگین زمان تا خرابی^۱: متوسط زمانی است که یک قطعه یا دستگاه پس از شروع به کار، به اولین خرابی خود می رسد. این خرابی به گونه ای است که دستگاه دیگر قادر به ادامه فعالیت عادی خود نیست. میانگین زمان تا خرابی را معمولاً به ساعت یا هزار ساعت تخمین می زنند و معمولاً در مشخصات قطعات آن را ذکر می کنند. اگر مقدار این شاخص برای قطعه ای صد هزار ساعت اعلام شد، به این معناست که انتظار می رود به طور میانگین بعد از گذشت این مدت زمان، اولین خرابی منجر به توقف کارکرد در قطعه رخ دهد. لازم به ذکر است، این زمان صرفاً یک تخمین است و هیچ تضمینی وجود ندارد که قطعه بعد از چند ساعت از شروع فعالیت خراب نشود یا حتماً بعد از صد هزار ساعت قطعه خراب نخواهد شد و شاید خیلی بیش از آن نیز دوام داشته باشد. همچنین این زمان اعلام شده، زمان فعالیت قطعه است.

شاخص میانگین زمان تعمیر^۲: شاخصی است که بخش های تعمیر و نگهداری برای اندازه گیری میانگین زمان لازم برای تعیین علت و رفع تجهیزات خراب استفاده می کنند. این شاخص به طور دقیق مشخص خواهد کرد که تیم تعمیر و نگهداری با چه سرعتی می تواند به خرابی های برنامه ریزی نشده پاسخ دهد و آن ها را ترمیم کند. شاخص میانگین زمان تعمیر مدت زمان را از ابتدای حادثه تا زمان بازگشت تجهیزات یا سیستم به تولید در نظر نمی گیرد و به عبارت ساده تر زمان آچار به دست بودن یا تعمیر وسیله به دست تعمیرکار را محاسبه می کند.

شاخص میانگین زمان انتظار برای (شروع) تعمیر^۳: به زمان لازم برای تأمین قطعه برای بخش نیاز به تعمیر یا تأمین نیرو برای بخش نیازمند تعمیر اطلاق می شود. وقفه زمانی که در این شاخص محاسبه می گردد شامل این موارد است: اطلاع رسانی به تکنسین های

1. MTTF
2. MTTR
3. MTWR

نگهداری و تعمیرات، تشخیص مسئله، رفع مشکل، جمع‌آوری مجدد، هم‌ترازی و اعتبارسنجی تجهیزات، بازنشانی، آزمایش و راه‌اندازی تجهیزات یا سیستم تولید. شاخص تکرار خرابی واحد: تعداد خرابی‌هایی که در طول زمان عملیاتی واحد رخ می‌دهد که منجر به این می‌شود که واحد نیروگاه قادر به انجام وظیفه اصلی خود که تولید برق است نباشد.

۴. روش‌شناسی تصمیم‌گیری چندمعیاره

برای پاسخ به سؤال کلیدی این پژوهش، داده‌های نگهداری و تعمیرات مربوط به سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ نیروگاه‌ها استخراج شد. همچنین، برای هر گزینه در هر معیار و به تفکیک هر زیرمعیار، پس از محاسبه ضریب اهمیت هر زیرمعیار با استفاده از روش مقایسات زوجی و روش آنترופی شانون، به اولویت‌بندی هر گزینه با استفاده از چهار روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۱، نظریه مطلوبیت چندشاخصه^۲، تاپسیس و روش «ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه‌حل»^۳ پرداخته خواهد شد. برای حل مدل تحلیل سلسله‌مراتبی از نرم‌افزار اکسپرت‌چویس^۴ و برای محاسبه سایر روش‌ها، از تابع‌نویسی در نرم‌افزار اکسل بهره برده شد. لازم به ذکر است، دلیل انتخاب روش تحلیل سلسله‌مراتبی، پرکاربرد بودن آن در پژوهش‌های مشابه بوده است. حال آنکه روش‌های «ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه‌حل» و تاپسیس هر دو بر پایه ایده‌آل‌های مثبت و منفی بنا شده‌اند و با توجه به رویکرد متفاوت با روش تحلیل سلسله‌مراتبی، به‌عنوان پیوست تقویت‌کننده روش مذکور قابل توصیه هستند. و در نهایت، استفاده از روش «نظریه مطلوبیت چندشاخصه» نیز در راستای تنوع‌بخشی به روش‌ها و با رویکرد استفاده از یک روش کیفی (مبتنی بر مفهوم مطلوبیت) مدنظر بوده است.

درواقع، به منظور حصول نتیجه‌ای پایدار و قابل اطمینان، استفاده از چندین روش تصمیم‌گیری و ادغام نتایج در قالب یک رتبه‌بندی نهایی مدنظر محققین این پژوهش قرار گرفته است. همچنین سعی شده است تنوعی از روش‌های کلاسیک و نوین در تصمیم‌گیری چندمعیاره در رتبه‌بندی به کار گرفته شود.

1. Analytical Hierarchy process (AHP)

2. Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)

3. Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS)

4. Exprt Choice Software

۴-۱. ماتریس تصمیم مسئله

ماتریس تصمیم یک جدول ساده است که در آن به M گزینه براساس N معیار امتیاز داده می شود. هر چه تعداد معیارها از تعداد گزینه ها بیشتر باشد انتخاب نهایی بهتر است. همچنین برای نمره دهی به گزینه ها براساس معیارها می توان از نظرات خبرگان استفاده کرد یا اینکه از آمارها و مقادیر واقعی استفاده کرد. ماتریس تصمیم زیر، نشان دهنده ارزش هر گزینه در هر زیرمعیار احصاء شده مسئله است. داده های موجود در این مطالعه توسط خبرگان فنی، برنامه ریزی تولید و نگهداری و تعمیرات شرکت مپنا گردآوری شده است. برخی از این داده ها توسط کاربران ناظر در این نیروگاه ها در ماژول های نرم افزار 'CMMS، برخی دیگر با نشانگرهای موجود بر روی تأسیسات یا به صورت زمان سنجی و برخی دیگر از گزارش های سالانه شرکت گلگهر کرمان^۲ گردآوری شده اند.

جدول ۴. ماتریس تصمیم مسئله

نیروگاه	معیار در دسترس بودن			معیار قابلیت اطمینان			
	زمان در سرویس بودن واحد	کیفیت سوخت	تعداد تریپ در واحد	MTBF	MTTF	MTTR	MTWR
نیروگاه سمنگان	۴۴۶۵	۴	۲	۲۲۳۲	۲۵۴۸	۴	۱
نیروگاه گهران	۴۴۴۰	۲	۶	۷۴۴	۱۰۲۰	۲	۴
نیروگاه کهنوج	۲۲۳۷	۱	۱	۴۴۶۴	۵۳۴۲	۱۶	۱

منبع: یافته های پژوهش

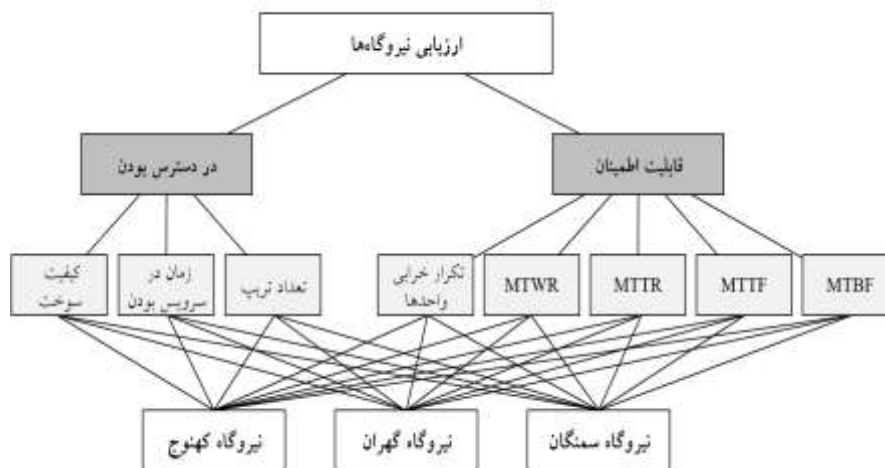
این ماتریس به عنوان ماتریس مادر، در محاسبه اولویت بندی هر گزینه براساس معیارهای معرفی شده استفاده خواهد شد. درواقع هر روش تصمیم گیری چندمعیاره، به دنبال انجام عملیات و پردازش مخصوص به خود بر روی این ماتریس می باشند که طبیعتاً رتبه بندی های متفاوتی نیز از هر روش حاصل خواهد شد.

1. Computerized Maintenance Management System

۲. گزارشات فصلی تعمیراتی و مصرف برق نیروگاه گلگهر

۲-۴. روش تحلیل سلسله‌مراتبی

در این مسئله با توجه به اینکه معیارهای ما دارای یک سری شاخص در مجموعه خود هستند و همین طور به دلیل وابستگی معیارها به یکدیگر از روش جبرانی مانند روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده گردیده است. در این روش، هدف از تصمیم‌گیری به صورت سلسله‌مراتبی از عوامل و عناصر تشکیل‌دهنده تصمیم ترسیم می‌شود. فرآیند سلسله‌مراتبی، نیازمند شکستن مسأله تصمیم با چندین شاخص به سلسله‌مراتبی از سطوح است. بدین منظور از درخت تصمیم استفاده می‌شود که از چهار سطح تشکیل شده است: سطح اول شامل هدف کلی از تصمیم‌گیری می‌باشد. در سطح دوم معیارهای کلی قرار دارند که تصمیم‌گیری براساس آن‌ها صورت می‌گیرد. در سطح سوم زیرمعیارها قرار می‌گیرند. در سطح چهارم گزینه‌های مورد ارزیابی قرار دارند. شکل (۱) نمودار درختی سلسله‌مراتبی برای برگزیدن بهترین نیروگاه با توجه به معیارها و زیرمعیارهای تعیین شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نمودار درختی شاخص‌ها، معیارها و گزینه‌ها

در روش تحلیل سلسله‌مراتبی پس از ساخت ماتریس‌های مقایسات زوجی (جداول پ ۱ الی ۱۱ طبق پیوست ۱)، اوزان زیرمعیارها با استفاده از روش EV^1 یا همان بیشترین مقدار ویژه به دست می‌آید. پس از آن، با به دست آوردن ماتریس‌های ارزش نسبی هر معیار و

انتخاب قابل اطمینان ترین تأمین کننده برق برای کارخانجات فولادسازی گل گهر: ... | توحیدی و همکاران | ۹۷

ارزش نسبی گزینه‌ها در هر زیرمعیار، با ضرب دو ماتریس مذکور، رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها حاصل خواهد شد. در جداول ۵ و ۶ به ترتیب، وزن زیرمعیارها و رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی ارائه شده است.

جدول ۵. وزن زیرمعیارها با استفاده از روش AHP

زیرمعیار	زمان در سرویس بودن واحد	کیفیت سوخت	تعداد تریپ در واحد	MTBF	MTTF	MTTR	MTWR	تکرار خرابی واحد
وزن	۰/۶۶۹	۰/۱۷۵	۰/۰۵۷	۰/۰۲۹	۰/۰۳۴	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۶. امتیاز نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش AHP

نیروگاه	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
امتیاز	۰/۴۰۶	۰/۳۷۲	۰/۲۲۲
رتبه	اول	دوم	سوم

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۴. روش وزن‌دهی آنتروپی شانون

روش آنتروپی^۱ یکی از روش‌های محاسبه وزن در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است که محاسبه وزن به صورت مستقیم از ماتریس تصمیم استخراج می‌شود. به ویژه این روش هنگامی که پراکندگی داده‌ها مبنای وزن معیارها است توصیه می‌شود. همان‌طور که در جدول ۴ نیز قابل مشاهده است، ماتریس تصمیم این پژوهش نیز پراکندگی زیاد داده‌های ورودی مسئله را نمایش می‌دهد. در این روش، ابتدا ماتریس تصمیم را به روش نرم ساده (معادله ۱) نرمال‌سازی می‌کنیم. سپس با استفاده از معادلات (۲) الی (۴)، وزن نهایی هر زیرمعیار محاسبه می‌شود. نتیجه حاصل از نرمال‌سازی در جدول ۷ و وزن نهایی هر زیرمعیار در جدول ۸ ارائه شده است.

1. Entropy

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum a_{ij}} \quad (۱)$$

$$E_j = -k \sum r_{ij} \ln(r_{ij}) = \frac{1}{\ln(m)}, 0 \leq E_j \leq 1 \quad (۲)$$

$$d_j = 1 - E_j \quad (۳)$$

$$W_j = \frac{d_j}{\sum d_j} \quad (۴)$$

جدول ۷. نرمال‌سازی با استفاده از روش نرم ساده

نیروگاه	معیار در دسترس بودن			معیار قابلیت اطمینان			
	زمان در سرویس بودن واحد	کیفیت سوخت	تعداد تریپ در واحد	MTBF	MTTF	MTTR	MTWR
نیروگاه سمنگان	۰/۴۰۰	۰/۵۷۱	۰/۲۲۲	۰/۳۰۰	۰/۲۸۶	۰/۱۸۲	۰/۱۶۷
نیروگاه گهران	۰/۳۹۹	۰/۲۸۶	۰/۶۶۷	۰/۱۰۰	۰/۱۴۴	۰/۰۹۱	۰/۶۶۷
نیروگاه کهنوج	۰/۲۰۱	۰/۱۴۳	۰/۱۱۱	۰/۶۰۰	۰/۶۰۰	۰/۷۲۷	۰/۱۶۷

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۸. ماتریس اوزان زیرمعیارها با استفاده از روش آنتروپی شانون

زیرمعیار	زمان در سرویس بودن واحد	کیفیت سوخت	تعداد تریپ در واحد	MTBF	MTTF	MTTR	MTWR	تکرار خرابی واحد
E_j مقدار	۰/۹۶۱	۰/۸۷۰	۰/۷۷۳	۰/۸۱۷	۰/۸۳۱	۰/۶۹۱	۰/۷۹۰	۰/۷۷۳
d_j مقدار	۰/۰۳۹	۰/۱۳۰	۰/۲۲۷	۰/۱۸۳	۰/۱۶۹	۰/۳۰۹	۰/۲۱۰	۰/۲۲۷
W_j مقدار	۰/۰۲۶	۰/۰۸۷	۰/۱۵۲	۰/۱۲۲	۰/۱۱۳	۰/۲۰۶	۰/۱۴۱	۰/۱۵۲

منبع: یافته‌های پژوهش

لازم به ذکر است، در سه روش نظریه مطلوبیت چندشاخصه^۱، روش تاپسیس و روش «ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه‌حل»^۲، از همین اوزان در محاسبه مطلوبیت و رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده شده است.

1. Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)

2. Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS)

۴-۴. روش نظریه مطلوبیت چندشاخصه^۱

این روش بر تشکیل تابع مطلوبیت تصمیم برای هر شاخص تأکید دارد و با ترکیب این توابع مطلوبیت، مطلوبیت هر گزینه را تعیین می کند. در این روش، ابتدا با استفاده از روش بی مقیاس سازی ویژگی ها^۲ و طبق معادله (۵) و (۶) به ترتیب برای معیارهای مثبت و منفی، به نرمال سازی ماتریس تصمیم می پردازیم.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min\{a_{ij}\}}{\max\{a_{ij}\} - \min\{a_{ij}\}} \quad (5)$$

$$r_{ij} = \frac{\max\{a_{ij}\} - a_{ij}}{\max\{a_{ij}\} - \min(a_{ij})} \quad (6)$$

سپس با استفاده از دو معادله (۷) و (۸) امتیازدهی و رتبه بندی گزینه ها مشخص می شود.

$$u_{ij} = \frac{e^{r_{ij}^2} - 1}{e - 1} \quad (7)$$

$$U_i = \sum w_j u_{ij} \quad (8)$$

نتیجه نرمال سازی ماتریس تصمیم، ماتریس مطلوبیت نهایی و امتیاز نهایی گزینه ها به ترتیب در جداول ۹ الی ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۹. ماتریس تصمیم نرمال شده به روش بی مقیاس سازی ویژگی

نیروگاه	معیار در دسترس بودن			معیار قابلیت اطمینان			
	زمان در سرویس بودن واحد	کیفیت سوخت	تعداد تریپ در واحد	MTBF	MTTF	MTTR	MTWR
نیروگاه سمنگان	۱	۱	۰/۸۰۰	۰/۴۰۰	۰/۳۵۴	۰/۸۵۷	۱
نیروگاه گهران	۰/۹۹۳	۰/۳۳۳	۰	۰	۰	۱	۰
نیروگاه کهنوج	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱

منبع: یافته های پژوهش

1. Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)
2. Feature Scaling

جدول ۱۰. ماتریس مطلوبیت نهایی در روش نظریه مطلوبیت چندشاخصه

نیروگاه	معیار در دسترس بودن			معیار قابلیت اطمینان			
	زمان در سرویس بودن واحد	کیفیت سوخت	تعداد تریپ در واحد	MTBF	MTTF	MTTR	تکرار خرابی واحد
نیروگاه سمنگان	۱	۱	۰/۵۲۲	۰/۱۰۱	۰/۰۷۷	۰/۶۳۲	۱
نیروگاه گهران	۰/۹۸۴	۰/۰۶۸	۰	۰	۰	۱	۰
نیروگاه کهنوج	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۱. امتیاز نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش نظریه مطلوبیت چندشاخصه

نیروگاه	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
امتیاز	۰/۵۶۴	۰/۲۳۸	۰/۶۸۰
رتبه	دوم	سوم	اول

منبع: یافته‌های پژوهش

۵-۴. روش تاپسیس

روش تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ است که به رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌پردازد. در این روش از دو مفهوم «ایدئال مثبت و منفی» و «شباهت به ایدئال» استفاده گردیده است. ایدئال همان‌طور که از نام آن پیداست، آن حلی است که از هر جهت بهترین باشد که بیشتر در عمل وجود نداشته و سعی بر آن است که به آن نزدیک شویم. به منظور اندازه‌گیری شباهت یک طرح (یا گزینه) به ایدئال مثبت و ایدئال منفی، فاصله آن طرح (یا گزینه) از ایدئال مثبت و ایدئال منفی اندازه‌گیری خواهد شد. سپس گزینه‌ها براساس نسبت فاصله از ایدئال منفی به مجموع فاصله از ایدئال مثبت و ایدئال منفی ارزیابی و رتبه‌بندی می‌خواهند شد.

در روش تاپسیس، ابتدا ماتریس تصمیم را به روش نرم اقلیدسی (معادله ۹) نرمال کرده و سپس با ضرب وزن هر معیار در اعداد نرمال شده (تشکیل ماتریس V از طریق معادله ۱۰) و محاسبه فاصله هر گزینه نسبت به گزینه ایدئال مثبت و گزینه ایدئال منفی (معادله ۱۱)،

1. Multi-Attribute Decision Making (MADM)

انتخاب قابل اطمینان ترین تأمین کننده برق برای کارخانجات فولادسازی گل گهر: ... | توحیدی و همکاران | ۱۰۱

رتبه بندی نهایی گزینه ها براساس معادله ۱۲ به دست می آید. نتایج حاصل از حل گام به گام مسئله در جداول ۱۲ الی ۱۴ ارائه شده است.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_j a_{ij}}} \quad (9)$$

$$V_{ij} = r_{ij} \times W_j \quad (10)$$

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_j (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad , \quad S_i^- = \sqrt{\sum_j (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (11)$$

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (12)$$

جدول ۱۲. ماتریس تصمیم نرمال شده به روش نرم اقلیدسی

نیروگاه	معیار در دسترس بودن			معیار قابلیت اطمینان			
	زمان در سرویس بودن واحد	کیفیت سوخت	تعداد تریپ در واحد	MTBF	MTTF	MTTR	MTWR
نیروگاه سمنگان	۰/۶۶۷	۰/۸۷۳	۰/۳۱۲	۰/۴۴۲	۰/۴۲۴	۰/۲۴۱	۰/۲۳۶
نیروگاه گهران	۰/۶۶۵	۰/۴۳۶	۰/۹۳۷	۰/۱۴۷	۰/۱۷۰	۰/۱۲۰	۰/۹۴۳
نیروگاه کهنوج	۰/۳۳۵	۰/۲۱۸	۰/۱۵۶	۰/۸۸۵	۰/۸۹۰	۰/۹۶۳	۰/۲۳۶

منبع: یافته های پژوهش

جدول ۱۳. ماتریس V در روش تاپسیس

نیروگاه	معیار در دسترس بودن			معیار قابلیت اطمینان			
	زمان در سرویس بودن واحد	کیفیت سوخت	تعداد تریپ در واحد	MTBF	MTTF	MTTR	MTWR
نیروگاه سمنگان	۰/۰۱۷۴	۰/۰۷۵۹	۰/۰۴۷۴	۰/۰۵۳۹	۰/۰۴۷۹	۰/۰۴۹۵	۰/۰۳۳۲
نیروگاه گهران	۰/۰۱۷۳	۰/۰۳۷۹	۰/۱۴۲۴	۰/۰۱۷۹	۰/۰۱۹۱	۰/۰۲۴۸	۰/۱۳۲۹
نیروگاه کهنوج	۰/۰۰۹۰	۰/۰۱۸۹	۰/۰۲۳۷	۰/۱۰۸۰	۰/۱۰۰۵	۰/۱۹۸۴	۰/۰۳۳۲

منبع: یافته های پژوهش

جدول ۱۴. امتیاز نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش تاپسیس

نیروگاه	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
S_i^+	۰/۰۸۶	۰/۲۳۳	۰/۱۸۳
S_i^-	۰/۲۳۶	۰/۱۷۵	۰/۲۳۰
C_i	۰/۷۳۲	۰/۴۲۹	۰/۵۵۷
رتبه	اول	سوم	دوم

منبع: یافته‌های پژوهش

۶-۴. روش ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه حل^۱

پس از روش تاپسیس از روش «ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه حل» استفاده می‌شود. در این روش پس از تشکیل ماتریس تصمیم ابتدا میانگین داده‌های را در هر معیار به دست آورده و سپس برای هر x_{ij} فاصله مثبت و منفی را با توجه به نوع معیار (مثبت یا منفی) به دست آورده و پس از آن مجموع وزنی فواصل مثبت و منفی را برای هر گزینه محاسبه خواهد شد. سپس آن مقادیر نرمال شده مجموع وزنی فواصل مثبت و منفی را محاسبه کرده و در نهایت با میانگین گرفتن از مجموع فواصل مثبت و منفی نرمال شده برای هر گزینه می‌توان رتبه گزینه‌ها را مشخص نمود.

این روش، یکی از روش‌های جبرانی در تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای رتبه‌بندی گزینه لازم است گام‌های زیر به ترتیب طی شود. لازم به ذکر است معادلات ۱۴ و ۱۵ به ترتیب برای معیارهای مثبت و منفی به کار گرفته می‌شود. نتیجه حل مسئله با استفاده از این روش در جدول ۱۵ ارائه شده است.

$$AV_j = \frac{\sum x_{ij}}{n} \quad (13)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, x_{ij} - AV_j)}{AV_j}, \quad NDA_{ij} = \frac{\max(0, AV_j - x_{ij})}{AV_j} \quad (14)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, AV_j - x_{ij})}{AV_j}, \quad NDA_{ij} = \frac{\max(0, x_{ij} - AV_j)}{AV_j} \quad (15)$$

$$SP_i = \sum W_j \times PDA_{ij}, \quad SN_i = \sum W_j \times NDA_{ij} \quad (16)$$

1. Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS)

انتخاب قابل اطمینان ترین تأمین کننده برق برای کارخانجات فولادسازی گل گهر: ... | توحیدی و همکاران | ۱۰۳

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max \{SP_i\}}, \quad NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max \{SN_i\}} \quad (17)$$

$$AS_i = \frac{NSP_i + NSN_i}{2} \quad (18)$$

جدول ۱۵. امتیاز نهایی گزینه‌ها با استفاده از روش «ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه‌حل»

نیروگاه	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
SP_i	۰/۳۳۳	۰/۱۵۵	۰/۴۶۱
SN_i	۰/۰۲۸	۰/۶۱۷	۰/۲۶۳
NSP_i	۰/۷۲۲	۰/۳۳۶	۱
NSN_i	۰/۹۵۴	۰	۰/۵۷۳
AS_i	۰/۸۳۸	۰/۱۶۸	۰/۷۸۷
رتبه	اول	سوم	دوم

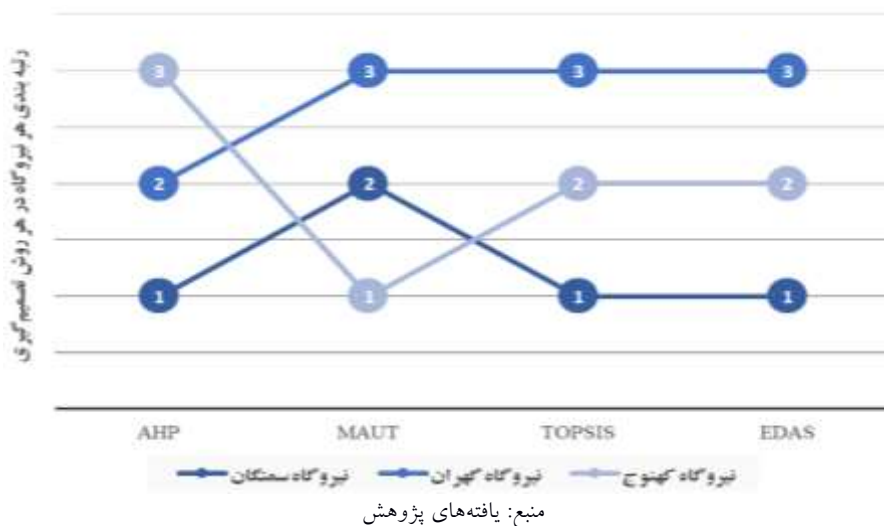
منبع: یافته‌های پژوهش

۵. تجزیه و تحلیل و ادغام نتایج

با توجه به نتایج به دست آمده حاصل از روش‌های مختلف و با بررسی شکل (۲) می‌توان دریافت که دو روش تاپسیس و روش «ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه‌حل»^۱ نتایج مشابهی ارائه می‌دهند. همچنین روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۲ در انتخاب بهترین نیروگاه مشابه دو روش مذکور عمل کرده و تنها در دو اولویت دیگر خروجی متفاوتی را شاهد هستیم. به علاوه در روش «نظریه مطلوبیت چندشاخصه»^۳، اولویت سوم مشابه با دو روش مذکور بوده و اولویت اول و دوم متفاوتی استخراج شده است.

-
1. Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS)
 2. Analytical Hierarchy process (AHP)
 3. Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)

شکل ۲. مقایسه نتایج روش‌های مختلف



با توجه به تفاوت خروجی‌های حاصل از رتبه‌بندی نیروگاه‌ها با استفاده از روش‌های مختلف، به منظور اجماع نظر و انجام رتبه‌بندی نهایی، در ادامه ادغام نتایج با استفاده از روش کاپلند، مطابق جدول (۱۶) انجام شده است. نتیجه ادغام نشان‌دهنده این است که نیروگاه سمنگان در بالاترین اولویت قرار دارد، حال آنکه نیروگاه کهنوج و در آخر نیروگاه گوهران در رتبه‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند.

جدول ۱۶. نتیجه حاصل از ادغام چهار روش با استفاده از روش کاپلند

روش کاپلند	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج	مجموع پیروزی‌ها	پیروزی منهای شکست	رتبه نهایی
نیروگاه سمنگان	۰	۱	۱	۲	۲	اول
نیروگاه گهران	۰	۰	۰	۰	-۲	سوم
نیروگاه کهنوج	۰	۱	۰	۱	۰	دوم
مجموع شکست‌ها	۰	۲	۱	-	-	-

منبع: یافته‌های پژوهش

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

افزایش مصرف برق به‌طور بی‌سابقه در کشور هم در بخش خانگی و هم در بخش صنعتی، منجر به قطعی‌های پراکنده شهری و ایجاد مشکل برای بخش تولیدی و صنعتی نموده

است. یکی از راه‌های ایجاد ثبات در تأمین برق صنایع به ویژه کارخانجات فولادی که بخشی راهبردی از صنعت کشورند. تأسیس نیروگاه و استفاده از ظرفیت اختصاصی نیروگاه‌ها بدون وابستگی به شبکه سراسری برق کشور است.

در این پژوهش تعیین بهترین نیروگاه جهت تأمین برق قابل اطمینان برای کارخانجات فولادسازی گل گهر با تکیه بر چهار روش تصمیم‌گیری چندمعیاره را دنبال کردیم. به این منظور، ابتدا شاخص‌ها و معیارهای تأثیرگذار در انتخاب برترین نیروگاه با مشارکت خبرگان صنعت شناسایی شده و در گام بعد داده‌های مورد نیاز به صورت کمی و کیفی از بدنه کارشناسی و سامانه‌های اطلاعاتی موجود در شرکت گل گهر استخراج شد. سپس وزن معیارها با استفاده از دو روش ماتریس مقایسه زوجی و شانون محاسبه شد و در انتها رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از چهار روش تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۱، نظریه مطلوبیت چندشاخصه^۲، تاپسیس و روش «ارزیابی براساس فاصله از میانگین راه‌حل»^۳ صورت گرفت. در انتها، پس از ادغام نتایج حاصل از حل مسوله با استفاده از روش‌های مذکور، نیروگاه سمنگان به‌عنوان برترین نیروگاه مشخص شد و نیروگاه‌های گهران و کهنوج رتبه‌های دوم و سوم را کسب کردند.

برای توسعه این پژوهش، پیشنهاد می‌شود شاخص‌های تصمیم‌گیری دیگری علاوه بر شاخص‌های کلیدی عملکرد در حوزه نگهداری و تعمیرات به مسئله افزوده شود. استفاده از روش‌های جدید تصمیم‌گیری نظیر روش بهترین - بدترین^۴ یا بهره‌گیری از سایر روش‌های ادغام در رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها می‌تواند دیگر مسیر توسعه این پژوهش باشد. همچنین در نظر گرفتن برخی پارامترهای مسئله به‌عنوان متغیرهای فازی و دارای عدم قطعیت و استفاده از نسخه‌های فازی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نیز از دیگر پیشنهادات توسعه است.

۷. تعارض منافع

تعارض منافع ندارم

-
1. Analytical Hierarchy process (AHP)
 2. Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)
 3. Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS)
 4. Best-Worst Method (BWM)

۸. سپاسگذاری

نویسندگان پژوهش حاضر از داوران محترم بابت ارائه نظرات و پیشنهادات ارزشمند کمال تشکر و قدردانی را دارند.

ORCID

Seyed Ali Tohidi  <http://orcid.org/0009-0001-5974-2127>
Mohammad Mousazadeh  <http://orcid.org/0000-0003-1792-0172>
Majid Mirzaei Ghazani  <http://orcid.org/0000-0002-7606-9464>
Nasser Safaie  <http://orcid.org/0000-0003-1889-2230>

۹. منابع

- لطفی، پوریا؛ ملکی، اکبر؛ شهرکی شهرآبادی، رضا و احمدی، محمدحسین. (۱۴۰۰). پتانسیل سنجی مزرعه‌های خورشیدی با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ایران. نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، دوره ۴۰، شماره ۳.
- منظوری، داوود منظوری و رحیمی، علیرضا. (۱۳۹۴). اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق در ایران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۴. [HTTPS://DOI.ORG/10.30488/GPS.2019.85992](https://doi.org/10.30488/GPS.2019.85992)
- عباسی قله سرخ، رضا. (۱۳۹۸). شناسایی و رتبه‌بندی راهبردهای مؤثر در بهبود عملکرد زنجیره تأمین با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP). هفتمین کنفرانس ملی رویکردهای نوین مدیریت، اقتصاد و حسابداری.
- پورجواد، ساسان؛ خوشاب، سپیده؛ فرح‌گل، پوریا و رضایی، قاسم. (۱۴۰۰). ارزیابی عوامل ریسک زنجیره تأمین با استفاده از روش AHP فازی (مورد مطالعه: نیروگاه دالاهو). نشریه علمی آماد، دوره بیستم، شماره ۷۹. <https://dx.doi.org/10.22034/lot.2022.210990.1155>
- افشاریان، سوده؛ سهرابی، عادل و سهرابی، لیلا. (۱۴۰۰). رتبه‌بندی احداث برترین مزارع نیروگاه‌های بادی و خورشیدی با استفاده از روش AHP با در نظر گرفتن شاخص‌های اقتصادی و مالی ایران. فصلنامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، سال هشتم، شماره اول، ۵۵-۴۸.
- <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24234931.1400.8.1.6.0>
- خلیفه سلطانی، سید رشید. (۱۴۰۰). استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای اولویت‌بندی میزان تأثیر واحدهای مختلف شرکت توزیع برق در زنجیره تأمین (مطالعه موردی شرکت توزیع برق

انتخاب قابل اطمینان ترین تأمین کننده برق برای کارخانجات فولادسازی گل گهر: ... | توحیدی و همکاران | ۱۰۷

یزد). دومین کنفرانس بین المللی چالش ها و راهکارهای نوین در مهندسی صنایع و مدیریت و حسابداری.

امیدیان، مجتبی و حیدریه، سید عبدالله. (۱۳۹۷). اولویت بندی راهبرد زنجیره تأمین در تولید برق به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی. دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و کسب و کار.

References

- Abbasi Qole Sorkh, Reza. (2019). Identifying and ranking effective strategies in improving supply chain performance using the Analytic Hierarchy Process (AHP), *Seventh National Conference on New Approaches to Management, Economics and Accounting*. [In Persian]
- Afsharian, Soudeh and Sohrabi Adel, Leila Sohrabi. (2021). Ranking the construction of the best wind and solar power plants using the AHP method, considering Iran's economic and financial indicators. *Quarterly Journal of Renewable and New Energies*, Year 8, Issue 1, pp. 48-55. [In Persian]
- Atmaca, Ediz, and Hasan Burak Basar. Evaluation of power plants in Turkey using Analytic Network Process (ANP). *Energy* 44.1 (2012): 555-563. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.05.046>
- Buket Karatop, Busra Taskan, Elanur Adar, Cemalettin Kubat. Decision analysis related to the renewable energy investments in Turkey based on a Fuzzy AHP-EDAS-Fuzzy FMEA approach. *Journal of Computers & Industrial Engineering* 151 (2021) 106958 <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106958>
- Garg, R. K., V. P. Agrawal, and V. K. Gupta. Coding, evaluation and selection of thermal power plants—A MADM approach. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* 29.9 (2007): 657-668. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2006.08.002>
- Khalifa Soltani, Seyed Rashid. (2021). Using the Analytic Hierarchy Process Method to Prioritize the Impact of Different Units of an Electricity Distribution Company in the Supply Chain (Case Study of Yazd Electricity Distribution Company). Second International Conference on Challenges and New Solutions in Industrial Engineering, *Management and Accounting*. [In Persian]
- Maleki, Lotfi, Pouria, Shahraki Shahabadi, & Ahmadi. (2021). Potential assessment of solar farms using multi-criteria decision-making methods in Iran. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 40(3), 251-271. [In Persian]
- Manzoor, Davoud Manzoor and Rahimi, Alireza (2015). Prioritizing power generation plants in Iran using multi-attribute decision-making models, *Iranian Energy Economics Research Journal*, Year 4, Issue 14. [In Persian]

- Omidian, Mojtaba and Heydarieh, Seyed Abdullah (2018), Prioritizing supply chain strategy in electricity generation using fuzzy analytic hierarchy process, *Second International Conference on Management and Business*. [In Persian]
- Patel, Rakesh Kumar, and Ravi K. Dwivedi. Determination of Critical Component Failure in Thermal Power Station by Using Multi-criteria Decision-Making Methods. *Journal of Failure Analysis and Prevention* 20 (2020): 353-357. <https://doi.org/10.1007/s11668-020-00835-8>
- Pourjavad, Sasan, Khoshab, Sepideh; Farahgol, Pouria and Rezaei, Ghasem. (2012). Assessment of supply chain risk factors using the fuzzy AHP method (case study: Dalaho Power Plant), *Amad Scientific Journal*, Volume 20, Number 79.[In Persian]
- Singh, D. P., Abhishake Chaudhary, and Vijayant Maan. Selection of heat exchanger for heat operation by multiple attribute decision making (MADM) approach. *International Journal of Engineering Research & Technology* 2.10 (2013): 3072-3080.
- Taylan, Osman, et al. Assessment of energy systems using extended fuzzy AHP, fuzzy VIKOR, and TOPSIS approaches to manage non-cooperative opinions. *Sustainability* 12.7 (2020): 2745. <https://doi.org/10.3390/su12072745>
- Zare, Kazem, Javad Mehri-Tekmeh, and Sepideh Karimi. A SWOT framework for analyzing the electricity supply chain using an integrated AHP methodology combined with fuzzy-TOPSIS. *International strategic management review* 3.1-2 (2015): 66-80. <https://doi.org/10.1016/j.ism.2015.07.001>

پیوست

ماتریس های مقایسات زوجی روش AHP

جدول پ.۱. ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی

ماتریس هدف	در دسترس بودن	قابلیت اطمینان
در دسترس بودن	۱	۹
قابلیت اطمینان	۰/۱۱	۱

منبع: یافته های پژوهش

جدول پ.۲. ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای مربوط به معیار در دسترس بودن

در دسترس بودن	تعداد تریپ در واحد	کیفیت سوخت	زمان در سرویس بودن واحد
زمان در سرویس بودن واحد	۹	۵	۱
کیفیت سوخت	۴	۱	۰/۲
تعداد تریپ در واحد	۱	۰/۲۵	۰/۹۱

منبع: یافته های پژوهش

جدول پ.۳. ماتریس مقایسات زوجی زیرمعیارهای مربوط به معیار در دسترس بودن

قابلیت اطمینان	MTBF	MTTF	MTTR	MTWR	تکرار خرابی واحد
MTBF	۱	۱	۱	۷	۶
MTTF	۱	۱	۲	۶	۸
MTTR	۱	۰/۵	۱	۵	۸
MTWR	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲	۱	۶
تکرار خرابی واحد	۰/۱۷	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۷	۱

منبع: یافته های پژوهش

جدول پ.۴. ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به زیرمعیار MTBF

زیرمعیار MTBF	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
نیروگاه سمنگان	۱	۳	۰/۵۰
نیروگاه گهران	۰/۳۳	۱	۰/۱۷
نیروگاه کهنوج	۲	۶	۱

منبع: یافته های پژوهش

جدول پ.۵. ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیار MTTF

زیرمعیار MTTF	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
نیروگاه سمنگان	۱	۳	۰/۵۰
نیروگاه گهران	۰/۳۳	۱	۰/۲۰
نیروگاه کهنوج	۲	۵	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول پ.۶. ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیار MTTR

زیرمعیار MTTR	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
نیروگاه سمنگان	۱	۲	۰/۲۵
نیروگاه گهران	۰/۵۰	۱	۰/۱۲۵
نیروگاه کهنوج	۴	۸	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول پ.۷. ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیار MTWR

زیرمعیار MTWR	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
نیروگاه سمنگان	۱	۰/۲۵	۱
نیروگاه گهران	۴	۱	۴
نیروگاه کهنوج	۱	۰/۲۵	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول پ.۸. ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیار تکرار خرابی

زیرمعیار تکرار خرابی	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
نیروگاه سمنگان	۱	۰/۳۳	۲
نیروگاه گهران	۳	۱	۶
نیروگاه کهنوج	۰/۵۰	۰/۱۷	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول پ.۹. ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیار زمان در سرویس بودن واحد

زیرمعیار زمان در سرویس بودن واحد	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوج
نیروگاه سمنگان	۱	۱	۲
نیروگاه گهران	۱	۱	۲
نیروگاه کهنوج	۰/۵۰	۰/۵۰	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

انتخاب قابل اطمینان ترین تأمین کننده برق برای کارخانجات فولادسازی گل گهر: ... | توحیدی و همکاران | ۱۱۱

جدول پ.۱۰. ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیار کیفیت سوخت

زیرمعیار کیفیت سوخت	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوچ
نیروگاه سمنگان	۱	۰/۳۳	۲
نیروگاه گهران	۳	۱	۶
نیروگاه کهنوچ	۰/۵۰	۰/۱۷	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول پ.۱۱. ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها نسبت به زیرمعیار تعداد تریپ در واحد

زیرمعیار تعداد تریپ در واحد	نیروگاه سمنگان	نیروگاه گهران	نیروگاه کهنوچ
نیروگاه سمنگان	۱	۲	۴
نیروگاه گهران	۰/۵۰	۱	۲
نیروگاه کهنوچ	۰/۲۵	۰/۵۰	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

استناد به این مقاله: توحیدی، سید علی؛ موسی‌زاده، محمد؛ میرزایی قزانی، مجید؛ صفایی، ناصر. (۱۴۰۴). انتخاب قابل اطمینان‌ترین تأمین کننده برق برای کارخانجات فولادسازی گل گهر: رتبه‌بندی نیروگاه‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵۵ (۱۴)، ۷۹-۱۱۱.



Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Dynamic Explanation of the Relationship Between Iran's GDP and Total Energy Demand Within the Framework of the Environmental Kuznets Curve

Amir Reza Khalili 

Master's student in energy economics, Faculty of Management and Economics, Shahid Bahonar, Kerman, Iran.

Mojtaba Bahmani  *

Associate Professor, Department of Economics, Management and Economics, Shahid Bahonar, Kerman, Iran.

Mehdi Nejati 

Associate Professor, Department of Economics, Management and Economics, Shahid Bahonar, Kerman, Iran.

Abstract

Currently, about 80 percent of the global energy production relies on fossil fuels, a consequence of which is the substantial emission of environmental pollutants. Given that economic growth in Iran is predominantly driven by the utilization of fossil fuels, this study aims to examine the relationship between Iran's Gross Domestic product (GDP) and total energy demand through the framework of the Environmental Kuznets Curve. The study first addresses key issues concerning pollution and energy consumption before delving into sustainable development and the Environmental Kuznets Curve. The empirical model in this study consists of two parts: first, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model, selected as the methodological approach, is estimated following stationarity testing; second, dynamic systems are employed to implement the model over the period spanning 2000 to 2046 (1379-1425 in the Persian Calendar). The findings reveal that Iran is in the first stage of the Environmental Kuznets Curve, with 59% of energy demand variations attributable to changes in GDP. Accordingly, a policy recommendation warranting consideration within this paper is encouraging energy consumers to adopt more efficient energy systems to enhance energy productivity and invest in renewable energy sources. This strategy could foster economic growth on the one hand, and facilitate a transition beyond the initial stage of the Environmental Kuznets Curve on the other.

* Corresponding Author: mbahmani@uk.ac.ir

How to Cite: Khalili, A R., Bahmani, M., Nejati, M. (2025). Dynamic Explanation of the Relationship Between Iran's GDP and Total Energy Demand Within the Framework of the Environmental Kuznets Curve. Iranian Energy Economics, 55(14), 113-142.

Introduction

Human life on Earth has always been tied to the environment and its physical surroundings. However, with the ever-growing global population, the interaction between humans and the environment has taken on complex and far-reaching dimensions, giving rise to numerous ecological challenges. The increase in carbon dioxide levels in the atmosphere has caused a major environmental crisis, including environmental degradation, glacial melting, and global warming. Notably, Iran ranks among the world's top CO₂ emitters, surpassing all regional counterparts with 745 million tons of CO₂ emissions annually—placing it just behind Japan and Germany globally. Saudi Arabia follows as the second-largest regional emitter, releasing 497.25 million tons.

Beyond its high CO₂ emissions and energy intensity, Iran has faced chronic water scarcity for decades. Escalating water shortages, depleting groundwater reserves, air pollution, and a temperature rise of 0.41°C per decade—coupled with significant annual fluctuations—highlight the country's deepening environmental crisis. Additionally, the sharp decline in potable water supplies and the loss of biodiversity underscore the severe ecological degradation Iran has experienced over the past forty years.

Ultimately, necessary measures must be taken to prevent environmental degradation. Rather than viewing ecological restoration as a financial burden, it should be recognized as a strategic investment—one that fosters economic activity and generates employment opportunities. Accordingly, the present study, with the aim of clarifying the relationship between Iran's GDP and total energy demand using the Environmental Kuznets Curve framework, attempts to determine Iran's current position on the curve and identify actionable policies to curb further environmental deterioration.

Methods and Material

The empirical model in this study is implemented through a two-stage methodology. In the first stage, we conduct a comprehensive analysis of the selected variables and estimate their regression relationships. Based on these results and system dynamics principles, a state-flow diagram is developed to evaluate various scenarios. Utilizing data from the World Bank, the Central Bank of Iran, and the national energy balance, we perform stationarity tests within the Kuznets curve framework to examine the dynamic relationship between Iran's GDP and total energy demand. Our results indicate that the ARDL (Autoregressive Distributed Lag) model represents the optimal estimation method for the period spanning 2000 to 2020 (1379-1399 in the Persian calendar). In the second stage, a dynamic system model is created using the initial regression results. Figure 1 illustrates the causal loop diagram based on this approach. Unlike static analysis that examines causal relationships at a single point in time, dynamic analysis explicitly incorporates time as a critical factor, focusing on underlying trends rather than isolated events. Our methodology emphasizes this dynamic perspective, enabling us to capture the

evolving nature of the economic-energy-environment system and its behavioral patterns over time.

Results and Discussion

The model implementation yields the outputs presented in Figure 1, demonstrating close alignment between the estimated trends and actual observed data. This suggests that the model exhibits satisfactory validity, as evidenced by its capacity to reproduce behavior through the comparison of extant historical data with the simulated trends generated by the model. Subsequently, the empirical model proceeds with scenario development and the implementation of economic policies to analyze the repercussions of economic growth on aggregate energy consumption.

In this study, two scenarios with 5% and 7% economic growth are considered. The results for each scenario are shown in Figure 2. Naturally, higher economic growth in each scenario leads to an increase in energy demand.

Figure 1 Initial model results before running scenarios

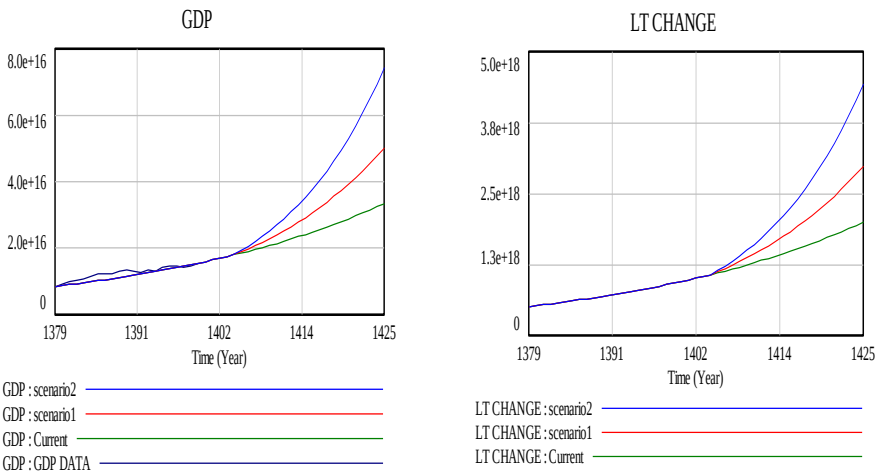
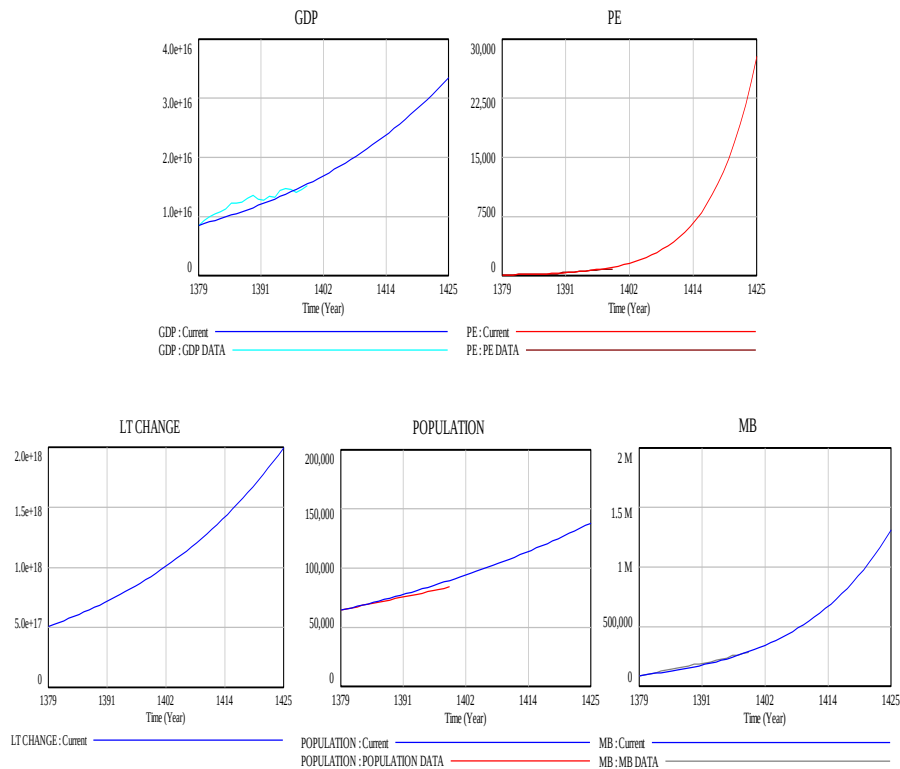


Figure 2 Results from applying scenarios



The findings of this study, derived from ARDL estimation and dynamic system modeling within the Environmental Kuznets Curve framework, reveal that 99% of the changes in energy consumption are explained by the model's selected variables. Of these, about 60% is attributed to GDP based on the empirical model, cause-and-effect and state-flow diagrams, and two growth scenarios (5% and 7%). The results indicate:

- A positive relationship between GDP and energy consumption, meaning that as GDP increases, total energy consumption also rises.
- Iran is in the first stage of the Environmental Kuznets curve, where GDP growth leads to higher energy consumption and pollution, due to the country's reliance on fossil fuels.

Conclusion

The results derived from the empirical model in both the first and second stages indicate that Iran is situated in the initial phase of the Environmental Kuznets Curve (EKC). This implies that an increase in Iran's Gross Domestic Product (GDP) is accompanied by a rise in the nation's energy consumption. Furthermore, given the country's reliance on fossil fuels, it is anticipated that

pollution levels will concurrently increase with energy consumption. Acknowledging the influence of other determinants on energy demand, this study suggests that future research should consider the impact of variables such as temperature, climatic conditions, and the type and number of vehicles. Incorporating these variables into the dynamic modeling stage could allow for the inclusion of additional causal feedback loops and the observation of their effects within the model. Based on the findings of this research, a policy recommendation warranting consideration is the incentivization of energy consumers to adopt more efficient energy systems for energy demand management and enhanced energy productivity, alongside investment in renewable energy systems (such as the construction of solar panels). Moreover, attention should be directed towards the 17 Sustainable Development Goals (SDGs), particularly the realization of Goals 11 (Sustainable Cities and Communities), 7 (Affordable and Clean Energy), and 13 (Climate Action), such as carbon reduction. This approach has the potential to simultaneously foster economic growth and development and facilitate a transition from the initial phase of the Environmental Kuznets Curve.

Keywords: CO₂, Emission, Dynamic Systems, Economic Growth, Energy Transition.

JEL Classification: O10 , Q01 , Q40 , Q4



تبیین پویای رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس

امیررضا خلیلی^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم اقتصادی - اقتصاد انرژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

مجتبی بهمنی * دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

مهدی نجاتی دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

چکیده

امروزه حدود ۸۰ درصد انرژی جهان از سوخت های فسیلی تولید می شود که نتیجه آن انتشار قابل توجه آلودگی زیست محیطی است. رشد اقتصادی ایران نیز به سوخت های فسیلی وابستگی دارد لذا مطالعه ای با هدف تبیین رابطه بین تولید ناخالص داخلی ایران و تقاضای کل انرژی با استفاده از چارچوب منحنی کوزنتس شکل گرفت، این پژوهش ابتدائاً نکاتی را در مورد آلودگی و مصرف انرژی متذکر شده و سپس به توسعه پایدار و منحنی کوزنتس می پردازد، مدل تجربی این مطالعه در دو قسمت ارائه شده است: ابتدا با انجام آزمون مانایی مدل ARDL به عنوان روش انتخابی مورد تخمین قرار می گیرد و سپس در قسمت دوم با استفاده از سیستم های پویا، مدل طی سال های ۱۳۷۹ تا ۱۴۲۵ اجرا شده است. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که ایران در مرحله اول منحنی کوزنتس قرار دارد و ۵۹ درصد تغییرات تقاضای انرژی به دلیل تغییرات در تولید ناخالص داخلی است. بدین منظور توصیه سیاستی که در این مقاله می تواند مورد توجه قرار گیرد تشویق متقاضیان انرژی برای استفاده از سیستم های کارآمدتر انرژی جهت افزایش بهره وری انرژی و سرمایه گذاری در سیستم های تجدیدپذیر است که از جهتی موجب رشد اقتصادی می شود و از سویی دیگر نیز موجب گذار از مرحله اول منحنی زیست محیطی کوزنتس خواهد شد.

کلیدواژه ها: انتشار کربن، رشد اقتصادی، سیستم های پویا، گذار انرژی

طبقه بندی JEL: Q4 , Q40 , Q01 , O10

۱. مقاله حاضر از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول استخراج شده است.

* نویسنده مسئول: mbahmani@uk.ac.ir

۱. مقدمه

زندگی انسان در کره زمین همواره به محیط زیست و محیط فیزیکی او گره خورده است که از سویی با افزایش جمعیت جهانی ارتباط بین انسان و محیط زیست، اشکال و ابعاد گسترده‌ای یافته و مشکلات زیست‌محیطی متعددی را به وجود آورده است. (ملکیان، ۱۳۹۹) و از سوی دیگر، موجب عدم هماهنگی بازسازی طبیعی محیط زیست با میزان تخریب انجام‌شده در طبیعت شده است. (علیشیری و همکاران، ۱۳۹۶)

تخریب و تهدیدات زیست‌محیطی مانند تغییرات آب و هوایی، از دست دادن تنوع زیستی، آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین، که به واسطه افزایش فزاینده تقاضای انسان برای منابع طبیعی رخ داده است، فشار زیادی بر اکوسیستم وارد می‌کند (اعظم و همکاران، ۲۰۲۴) که ادامه این فعالیت‌های انسانی به همراه تخریب مداوم محیط زیست (عامر و همکاران، ۲۰۲۴) و تغییرات اقلیمی، خطراتی را برای استقلال انرژی و غذا و بهره‌وری عمومی ایجاد می‌کند (آسودو و همکاران^۱، ۲۰۲۳) و از طرفی، می‌تواند منجر به انقراض انسان شود. (قرلباش و همکاران، ۱۳۹۵)

به‌طور خاص، آلودگی هوا نه تنها باعث ایجاد مشکلات سلامتی می‌شود، بلکه زیان‌های اقتصادی مانند کاهش تجارت توریست، امید به زندگی، رونق اقتصادی و افزایش جنایات را نیز به همراه دارد. هرچند رشد اقتصادی بالاتر منجر به افزایش استاندارد زندگی می‌شود، اما محیط زیست را نیز مختل کرده (کلیم و همکاران^۲، ۲۰۲۴) و بر مسیر رشد بهینه و رفاه تأثیر می‌گذارد. (سلمان‌پور و زنوز، ۱۳۹۹) بنابراین و همان‌طور که نتایج مطالعات نشان می‌دهد هرچه انسان‌ها فعالیت کمتری داشته باشند در نتیجه منابع کمتری مصرف می‌شود و اثرات تخریبی آن بر محیط پیرامون کمتر است. (ملکیان، ۱۳۹۹)

پیشرفت‌های شگفت‌انگیزی که برای استفاده حداکثری از منابع ارزان‌قیمت انرژی رخ داده است، پیامدهای وحشتناکی مانند افزایش انتشار دی‌اکسید کربن به وجود آورده که تمامی ابعاد زندگی انسان‌ها را تحت تأثیر خود قرار داده است. (غزنوی و رفیعی، ۱۴۰۲) به یکی از مهمترین مسائل جهان امروز تبدیل شده (وانگ و همکاران^۳، ۲۰۲۴) که منجر به

1. Acevedo et al.

2. Kalim et al.

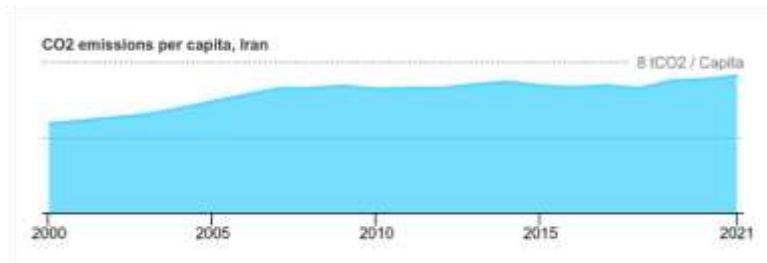
3. Wang et al.

انتشار جهانی ۳۷ میلیارد تن دی‌اکسید کربن در سال ۲۰۲۲ شده و پیش‌بینی می‌شود در این دهه به اوج خود برسد. (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۲۳)

افزایش سطح دی‌اکسید کربن در اتمسفر باعث ایجاد یک بحران زیست‌محیطی بزرگ از جمله تخریب محیط زیست، ذوب شدن یخچال‌های طبیعی و گرم شدن کره زمین شده است (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳) به گونه‌ای که در روسیه انتشار دی‌اکسید کربن نزدیک به ۸۰ درصد و دما ۲/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰، ۲/۵ درجه دیگر افزایش یابد، در هند بیش از ۷۰ درصد و دما نیز ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۴۰، ۱/۵ درجه دیگر نیز افزایش یابد، در چین بیش از ۱۳۰ درصد و دما نیز ۱/۳ درجه افزایش یافته و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰، ۱/۳ درجه مجدداً افزایش یابد. (وانگ و همکاران، ۲۰۲۴)

در ایران نیز انتشار دی‌اکسید کربن افزایش یافته و در رتبه‌بندی جهانی بعد از ژاپن و آلمان قرار دارد. اما از منظر اقتصادی، تولید ناخالص داخلی ایران کمتر از مجموع تولید ناخالص داخلی برلین و توکیو بوده (حسینی و همکاران، ۲۰۱۹) و با میزان انتشار ۷۴۵ میلیون تن کربن دی‌اکسید رتبه اول منطقه (حافظی و ممپور، ۱۴۰۳) و بعد از آن عربستان سعودی در رتبه دوم با میزان انتشار ۴۹۷/۲۵ قرار دارد (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۹) اما دلیل این میزان از انتشار برای ایران نرخ پایین رشد اقتصادی و وضعیت اقتصادی موجود که منجر به تولید این میزان از کربن شده است (حافظی و ممپور، ۱۴۰۳). بررسی بخش‌های عمده مصرف انرژی براساس آخرین آمارهای موجود در سال ۱۴۰۰ نشان می‌دهد که در این سال، بخش حمل‌ونقل (به استثنای دی‌اکسید کربن و دی‌اکسید گوگرد) بیشترین سهم را در تولید سایر گازهای آلاینده و گلخانه‌ای داشته است. در همین سال سهم بخش‌های نیروگاهی خانگی، تجاری، عمومی و حمل‌ونقل در انتشار دی‌اکسید کربن به ترتیب برابر با ۳۱/۷، ۲۲/۴ و ۲۱/۷ بوده است. (ترازنامه انرژی، ۱۴۰۰)

شکل ۱. انتشار سرانه دی‌اکسیدکربن ایران



منبع: آژانس بین‌المللی انرژی

علاوه بر بالا بودن انتشار دی‌اکسیدکربن و شدت انرژی بالا (شکلیایی و همکاران، ۱۳۹۴) کشور ایران سالیان زیادی است که با مشکل کم‌آبی و باران‌های ناکافی مواجه است (محبوب و نوراللهی، ۱۴۰۰) و تنها منطقه‌ای از ایران که سالانه بیش از ۱۰۰۰ میلی‌متر بارندگی سالانه دارد سواحل دریای خزر است. (طاهباز^۱، ۲۰۱۶) افزایش کمبود آب، خشک شدن رودخانه‌ها و سفره‌های زیرزمینی، آلودگی هوا (مدنی^۲، ۲۰۲۱) و افزایش ۰/۴۱ درجه‌ای دما در هر دهه (سلیقه، ۱۴۰۲) و دامنه نسبتاً زیاد سالانه آن (بانک جهانی^۳، ۲۰۲۲) و همچنین کاهش قابل توجه و خطرناک آب آشامیدنی (ایاد و همکاران^۴، ۲۰۲۴) و از بین رفتن تنوع زیستی از نشانه‌های بارز تخریب محیط زیست ایران در چهار دهه اخیر است. (مدنی، ۲۰۲۱)

اقدامات لازم به منظور جلوگیری از تخریب‌های محیط زیستی صورت گرفته و باز تنظیم آن را نباید به چشم هزینه دید بلکه باید سرمایه‌گذاری‌ای به شمار آورد که فعالیت‌های اقتصادی و فرصت‌های شغلی به وجود می‌آورد. مطالعات نشان می‌دهد که ایجاد اقتصاد کمک حال طبیعت، در کوتاه‌مدت می‌تواند تا ۳۷ میلیون شغل کمک حال طبیعت ایجاد کند (حسنی، ۱۴۰۰). از این‌رو مطالعه حاضر با هدف روشن ساختن رابطه بین تولید ناخالص داخلی ایران و تقاضای کل انرژی با استفاده از چارچوب منحنی کوزنتس سعی در تبیین این موضوع دارد که ایران در کدام بخش از منحنی کوزنتس قرار داشته و

1. Tahbaz, M.
2. Madani, K.
3. WORLD BANK
4. Ayad et al.

چه اقداماتی می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد تا از تخریب هرچه بیشتر محیط زیست جلوگیری کند و با توجه به پتانسیل‌های موجود اقتصادی به طبیعت کمک نماید. سازماندهی مقاله حاضر به این شورت است که پس از مقدمه‌ای در قسمت دوم به مبانی نظری و اهمیت منحنی زیست‌محیطی کوزنتس پرداخته و پس از آن پیشینه پژوهش، در بخش سوم و چهارم به مدل تجربی و سناریوهای اعمال‌شده پرداخته شده است و در نهایت بحث و نتیجه‌گیری ارائه می‌گردد.

۲. مبانی نظری

منحنی کوزنتس بیش از چهار دهه است که مورد بحث قرار گرفته و کشورهای چین، ترکیه، پاکستان، مالزی و عربستان سعودی پنج کشور متمایز در این زمینه علمی هستند که چین به تنهایی با ۲۲۴ مقاله بیشترین فعالیت علمی را در این زمینه دارد و پس از آن ترکیه با ۱۲۸ مقاله و پاکستان با ۹۹ مقاله قرار دارند. (عجمی و همکاران^۱، ۲۰۲۳) «منحنی زیست‌محیطی کوزنتس» در یک کشور نشان می‌دهد که بین آلودگی زیست‌محیطی و رشد اقتصادی آن یک رابطه U شکل معکوس وجود دارد. که با توجه به رشد سریع اقتصادی یک کشور، در ابتدا تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد، اما در مراحل بعدی، آلودگی شروع به کاهش می‌کند. (عبدالفاروق و همکاران^۲، ۲۰۲۴).

براساس تعریف ارائه‌شده از سوی بانک جهانی^۳ تولید ناخالص داخلی^۴ بیان‌کننده مجموع ارزش افزوده توسط همه تولیدکنندگان آن طی یک دوره معین است. (بانک جهانی، ۲۰۲۵) که نقشی اساسی در روند بازرینی و سنجش رشد اقتصادی کشورها داشته (اویسی و همکاران، ۱۴۰۰) و همچنین نقشی کلیدی در مطالعه حاضر و به‌خصوص فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس دارد. از طرفی دیگر همان‌طور که مطالعات نشان می‌دهد رشد و توسعه اقتصادی به شدت به مصرف انرژی وابسته است زیرا نقش مهمی در تولید داشته و عاملی کلیدی در رشد اقتصادی به شمار می‌رود. (سان و همکاران^۵، ۲۰۲۲)

1. Ajmi et al.

2. Farooq et al.

3. WORLD BANK

4. Gross Domestic Product (GDP).

5. Sun et al.

تولید ناخالص داخلی به عنوان شاخصی برای ارزیابی رشد و توسعه اقتصادی و حتی توسعه پایدار استفاده می شود اما باید به این نکته توجه داشت که تولید ناخالص داخلی توانایی سنجش آسیب های زیست محیطی را ندارد و صرف رشد اقتصادی مثبت به شکلی مستمر می تواند موجب آسیب به محیط زیست شود بنابراین مفهومی تحت توسعه پایدار شکل گرفته است که بیان می کند توسعه ای پایدار است که نیازهای کنونی جهان را تأمین کند بدون اینکه توانایی نسل های آتی را در برآوردن نیازهای خود به مخاطره افکند. بنابراین می توان این گونه گفت که توسعه پایدار، فرآیند توسعه اقتصادی همراه با حفاظت محیط زیست و احترام به عدالت اجتماعی است. (امینی و خلیلی، ۱۴۰۰)

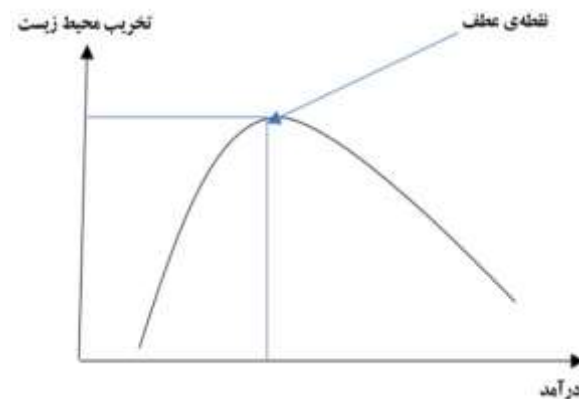
همان گونه که اشاره شد رشد و توسعه اقتصادی بدون مصرف انرژی ناممکن است. بنابراین رشد اقتصادی و مصرف انرژی می توانند منشأ اثرات زیست محیطی باشند که از یک سو افزایش رشد اقتصادی باعث استفاده بیشتر از منابع طبیعی می شود و از سوی دیگر تولید کالاهای با کیفیت پایین تر نیز آلودگی محیط زیست را افزایش می دهد. (حسین زاده و مرادی، ۱۴۰۲) با این وجود برخی کشورها همچنان ترجیح می دهند با به خطر انداختن کیفیت محیطی نرخ رشد اقتصادی خود را تسریع بخشند، زیرا ترجیح دولت بر این است که فرصت های شغلی ایجاد کند و درآمد سرانه را افزایش دهد. اما هرچه زمان بیشتری می گذرد مردم شروع به ارزش گذاری برای کیفیت محیط می کنند زیرا درآمد بالاتر باعث افزایش آگاهی می شود. در ادامه این روند، ممکن است از فناوری های کارآمدتر انرژی که موجب افزایش بهره وری می شود استفاده شود که منجر به کاهش شدت انرژی شده که به نوبه خود منجر به افزایش کیفیت محیط می شود. (عبدالفاروق و همکاران، ۲۰۲۴)

منحنی زیست محیطی کوزنتس بیان می کند که هدف اولیه دولت ها ایجاد ثروت و درآمد اضافی از طریق افزایش تولید است، نه داشتن هوای پاک. بنابراین در مراحل اولیه توسعه اقتصادی، افزایش قابل توجهی در تخریب محیط زیست به دلیل آلودگی اکوسیستم (به دلیل بهره برداری بیش از حد از منابع برای تولید) وجود دارد. که با توسعه اقتصاد، تلاش هایی برای مقابله با این روند با اتخاذ فناوری های پاک تر صورت می گیرد. با افزایش ثروت کشور، ساختار صنعت دستخوش تغییراتی می شود که چارچوب زیربنایی اقتصاد را تغییر می دهد. در این مدت، مشاغل و صنایع به استفاده از فناوری

پاک‌تر تغییر می‌کنند و کیفیت محیطی اهمیت بیشتری پیدا کرده و کارایی انرژی را افزایش می‌دهند. (عجمی و همکاران^۱، ۲۰۲۳)

از این رو می‌توان گفت که رشد اقتصادی چرخه‌ای برای بهبود محیط زیست است. (عبدالفاروق و همکاران، ۲۰۲۴) و به تبع آن هرچه رشد اقتصادی بیشتر شود می‌توان انتظار بهبود محیط زیست را داشت. اما توجه به این نکته لازم است که رابطه U شکل معکوس بین تخریب محیط زیست و درآمد به درستی توسط خود کوزنتس به عنوان یک حدس و نه یک «قانون» تلقی شد زیرا داده‌های جدیدتر نشان می‌دهد که چنین رابطه‌ای قابل تعمیم نیست و زمان نقطه عطف برای هر کشور متفاوت است و همه کشورها یکسان رفتار نمی‌کنند. (برتراند حماید^۲، ۲۰۲۲)

شکل ۲. منحنی زیست محیطی کوزنتس



(اعظم و همکاران، ۲۰۲۴)

تولید جوامع با پیشرفت تکنولوژی افزایش یافته، ولی از آنجایی که سهم زیاد انرژی مورد نیاز جهان توسط سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود، استفاده بیش از حد از این منابع مشکلات عظیمی را به همراه داشته است. اولاً، تخمین زده می‌شود که یک روز عرضه انرژی تمام خواهد شد زیرا منابع انرژی تجدیدناپذیر منابع محدودی هستند و عمر محدودی دارند. (طول عمر ذخایر جهانی نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ به ترتیب ۵۳/۵،

1. Ajmi et al.

2. Hamaide, B.

۴۸/۸ و ۱۳۹ سال است). ثانیاً، ذخایر انرژی تجدیدناپذیر به شدت در مناطق خاصی متمرکز شده‌اند به‌عنوان مثال، کشورهای اوپک تقریباً ۷۰ درصد از ذخایر نفت جهان را در اختیار دارند. این تمرکز باعث ایجاد مشکلات امنیت انرژی در کشورهای واردکننده انرژی می‌شود. (آیدین^۱ و همکاران، ۲۰۲۳) که این موضوع خود به تنهایی یکی از دلایل لزوم گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر است که می‌تواند منجر به جلوگیری تخریب محیط زیست شود و از طریق تکنولوژی سبز و شغل‌های جدید محرک‌هایی برای رشد اقتصادی ایجاد کند. (تاجمیر ریاحی ریحانه، ۱۴۰۰)

در اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، ارتباط بین رشد اقتصادی و آلاینده‌های محیط زیست اغلب به‌عنوان یک مفهوم به هم پیوسته مطرح می‌شود. (عسگری و همکاران، ۱۴۰۱). انسان‌ها در چند سال اخیر با خطر آلودگی محیط‌زیست مواجه بوده و خوشبختانه آن را به خوبی درک کرده‌اند، انواع آلودگی‌های محیطی تمام کره زمین را درگیر کرده و حیات موجودات زنده را به خطر انداخته است. به همین دلیل جامعه جهانی برای حفاظت از محیط زیست و بازبینی و اصلاح روش‌های توسعه دست به کار شده و تمام فعالیت‌های دولت‌ها و جوامع را تحت الشعاع قرار داده است به گونه‌ای که توسعه پایدار امروزه از مهمترین مباحث جامعه جهانی می‌باشد. (روزبه و همکاران، ۱۴۰۲)

توسعه پایدار، سازگاری با محیط زیست، صرفه‌های اقتصادی و پایان‌ناپذیری و قابلیت اطمینان بالا از مزیت‌های اصلی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بوده (عوضپور و همکاران، ۱۳۹۹) که با اقدام سریع برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، به ازای هر ۱ دلار هزینه کردن در گذار انرژی، بازدهی بین ۱/۵ تا ۵ دلار حاصل می‌شود. (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۲۱) که با استفاده به موقع از این فناوری‌ها می‌توان از مرحله اول منحنی کوزنتس گذر کرده و آلودگی و تخریب زیست محیطی کمتری را ایجاد کرد.

۳. پیشینه پژوهش

در این قسمت به بررسی مطالعات صورت‌گرفته داخلی و خارجی درخصوص منحنی زیست محیطی کوزنتس در جدول ۱ پرداخته می‌شود:

1. Aydin et al.

جدول ۱. مطالعات داخلی و خارجی انجام شده

الف) مطالعات داخلی انجام شده			
نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
(شاهدانی و همکاران)	۱۴۰۰	ایران ۱۹۶۰-۲۰۱۷	در این مقاله به بررسی منحنی کوزنتس زیست محیطی در ایران با مدل ARDL پرداخته شده که یافته‌ها نتایج مدل پویا نشان می‌دهد که مساحت زمین‌های تحت کشت تأثیری منفی و تولید ناخالص داخلی (GDP) و صادرات تأثیری مثبت بر انتشار N_2O دارند. و فرض وجود منحنی کوزنتس در ایران رد نمی‌شود. نقطه حداکثری نمودار برای کشور ایران برحسب تولید ناخالص داخلی سرانه، رقمی حدود ۷۵۰۰ دلار خواهد بود. بنابراین اگر از این میزان جلوتر برویم، میزان انتشار N_2O کاهش پیدا خواهد کرد. و کشور ایران در حال حاضر در مسیر صعودی منحنی کوزنتس قرار دارد.
(احمدیان و همکاران)	۱۳۹۸	-----	نتایج این مقاله نشان می‌دهد که منحنی پویای محیط زیست کوزنتس در خارج از شرایط پایدار و بهینه قرار دارد. در این مطالعه در مسیر رشد و توسعه اقتصادی، تخصیص سرمایه برای اقداماتی که منجر به جلوگیری از انتشار آلودگی در طی زمان می‌شود افزایش یافته و در نقطه بهینه یا وضعیت پایدار متوقف می‌شود لازم به ذکر است این مقاله امکان بررسی و تحلیل نظری منحنی کوزنتس را در حالت مدل رشد برونزا ایجاد نمود و منحنی کوزنتس به‌طور پویا در شرایط خارج از شرایط پایدار و بهینه برآورد استخراج می‌گردد. مدل مورد استفاده در این پژوهش پیشنهاد می‌کند که بخشی از سرمایه موجود باید برای جلوگیری و کاهش فعالیت‌های مخرب محیط زیست تخصیص یابد؛ از طرفی نیز تخصیص بهینه و مناسب سرمایه‌گذاری برای جلوگیری از فعالیت‌های مخرب آلودگی موجب کاهش سطح آلودگی می‌شود.
(حسین استاذزاده و بهلولی)	۱۳۹۴	ایران	با هدف برآورد منحنی زیست محیطی کوزنتس نتایج برآورد نشان می‌دهد که قدرت پیش بینی الگوی انحراف مطلق خطاها (LAD) در الگوی پویا بیشتر از روش حداقل کردن مجذور انحراف خطا (LS) می‌باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان می‌دهد، اقتصاد ایران در قسمت صعودی منحنی زیست محیطی کوزنتس قرار دارد. از طرفی به منظور رسیدن به نقطه بحرانی منحنی زیست محیطی کوزنتس، ۱۲ درصد از کل انرژی باید توسط انرژی‌های تجدیدپذیر تولید شود. از طرفی دیگر نتایج نشان می‌دهد با افزایش ۱ درصدی تولید سرانه با توجه به وضعیت کنونی اقتصاد آلودگی سرانه ۰/۲۱ درصد افزایش خواهد داشت. همچنین نتایج بیان می‌کند با افزایش یک درصدی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به وضعیت کنونی اقتصاد، آلودگی سرانه ۰/۰۷ درصد کاهش خواهد یافت.

الف) مطالعات داخلی انجام شده			
نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
(فلاحی و همکاران)	۱۳۹۱	ایران ۱۹۶۰-۲۰۰۶	در این مقاله با استفاده از روش LSTR سعی شده است که فرضیه کوزنتس مورد آزمون تجربی قرار بگیرد. نتایج تحقیق نشان‌دهنده این است که رابطه‌ای غیر خطی و مثبت بین درآمد سرانه و دی‌اکسیدکربن سرانه وجود دارد که روش انجام شده وجود دو رابطه بین متغیرها را مورد تأیید قرار می‌دهد در هر دو رژیم با افزایش درآمد سرانه تخریب محیط زیست افزایش می‌یابد ولی در رژیم دوم تأثیرگذاری درآمد سرانه بر تخریب محیط زیست نسبت به رژیم اول کمتر می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که با ادامه روند کنونی شاید بتوان در آینده به چنین سطحی از درآمد دست یافت که در آن تخریب محیطی زیست کاهشی باشد بنابراین می‌توان گفت براساس نتایج این مطالعه وجود منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برای کشور ایران مورد تأیید قرار نمی‌گیرد.
(خوش اخلاق و همکاران)	۱۳۹۰	ایران	در این مقاله نشان داده می‌شود که شیوه تصمیم‌گیری خانوار به گونه‌ای است که با افزایش درآمد، ابتدا آلودگی محیط زیست افزایش می‌یابد و سپس جانشینی کالای تمیز با کثیف، آلودگی محیط زیست را کاهش می‌دهد این فرآیند به گونه‌ای است که تأییدی بر وجود منحنی محیط زیست کوزنتس است. در این مدل محیط زیست محصول جانبی فعالیت خانوار است و خانوار دارای سبدهی مصرفی شامل دونوع کالای تمیز و کثیف است. خانوار می‌تواند از طریق تنظیم نوع سبد مصرفی، مقدار آلودگی محیط را تعیین می‌کند. یک تابع مطلوبیت کاب داگلاس و با برقراری شروط مرتبه اول کان تاکر، نقاط تعادلی به شکلی سبد مصرفی تعادلی خانوار را تعیین می‌کند که خانوار با افزایش درآمد، مصرفش را از کالاهای کثیف به کالاهای تمیز تغییر می‌دهد و با این کار محیط پاکیزه‌تری خریداری می‌کند.
ب) مطالعات خارجی انجام شده			
نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
(شهباز و همکاران) ^۱	۲۰۲۴	کشورهای G۷ طی دوره ۱۸۶۱-۲۰۲۱	هدف از انجام این مطالعه استخراج منحنی کوزنتس برای کشورهای G7 با استفاده مدل CGE است. در این مطالعه، اثرات بهره‌وری انرژی، بر انتشار دی‌اکسیدکربن، بر شدت کربن و رشد اقتصادی را در نظر گرفته که نتایج نشان می‌دهد با بهبود ۳ درصدی بهره‌وری، تا سال ۲۰۵۰، تولید ناخالص داخلی نزدیک به ۱۲ درصد افزایش می‌یابد و انتشار کربن ۴,۴ درصد کاهش می‌یابد. ترکیب این دو اثر به یک رابطه U شکل معکوس بین رشد اقتصادی و انتشار کربن منجر شده است. و

ب) مطالعات خارجی انجام شده			
نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
			در بین کشش جایگزینی، کشش جایگزینی سرمایه و انرژی و همچنین کشش جایگزینی ورودی‌های انرژی بیشترین تأثیر را بر EKC دارد. همچنین در صورت اعمال مالیات کربن، شیب EKC منفی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که مالیات کربن و تخصیص آن به بخش‌های انرژی‌های تجدیدپذیر اثرات زیست‌محیطی را بهبود می‌بخشد.
(محمد اعظم و همکاران) ^۱	۲۰۲۴	برای ۱۸۲ کشور براساس داده‌های سری زمانی سالانه است.	در این مطالعه کشورها براساس طبقه‌بندی بانک جهانی به چهار گروه درآمدی (کشورهای کم، متوسط به پایین، متوسط به بالا و با درآمد بالا) طبقه‌بندی می‌شوند. نتایج تجربی وجود EKC را در ۱۱ کشور با درآمد کم، ۱۵ کشور با درآمد متوسط پایین، ۳۴ کشور با درآمد متوسط بالا و ۲۴ کشور با درآمد بالا از ۱۸۲ کشور تأیید می‌کند، علاوه بر این، تأثیر مثبت استفاده از انرژی و رشد جمعیت بر انتشار دی‌اکسیدکربن با این فرضیه سازگار است. بنابراین، این مطالعه نتیجه می‌گیرد که فرضیه EKC در ۸۴ کشور تأیید می‌شود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که دولت‌ها برای دستیابی به توسعه پایدار باید انتشار کربن کم و فناوری سبز را در اولویت قرار دهند. این تحقیق توصیه می‌کند که نهادهای حاکم بر رسیدن به نقطه عطف از نظر کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن به جای انجام اقدامات دیگر تمرکز کنند.
(کاپورین و همکاران) ^۲	۲۰۲۳	کوزنتس کشورهای آسیای مرکزی در دوره ۱۹۹۵-۲۰۱۸	این مطالعه از چارچوب حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده استفاده کرده که یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد فرم خطی EKC در مقایسه با فرم N شکل برای آسیای مرکزی قابل تصور است. این موضوع به این واقعیت مرتبط می‌شود که کشورهای آسیای مرکزی در مرحله اول EKC هستند. همچنین در این مطالعه مشاهده شد که تولید ناخالص، ردپای زیست‌محیطی، مصرف انرژی و سازگاری با تغییرات آب و هوایی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بلندمدت تأثیر مثبت دارد. علاوه بر این، علیت دو طرفه از تولید ناخالص داخلی و سازگاری با تغییرات آب و هوایی با انتشار دی‌اکسیدکربن وجود دارد، در حالی که علیت بین انتشار و مصرف انرژی یک‌طرفه است.
(محمود و همکاران) ^۳	۲۰۲۳	چین	عملکرد کلان اقتصادی چین می‌تواند نگرانی‌های زیست‌محیطی بیشتری را برای جهان و خود کشور ایجاد کند هدف این مقاله بررسی مطالعات تجربی در مورد آزمون فرضیه EKC با استفاده از نمونه‌های مختلف

1. Azam Khan et al.
2. Caporin et al.
3. Mahmood et al.

ب) مطالعات خارجی انجام شده			
نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
			آلودگی و نمونه‌های منطقه در چین است. در بررسی مقالات چینی، اعتبار فرضیه EKC بیشتر از عدم وجود آن یافت می‌شود. این مطالعه ادبیات تجربی EKC را در چین مرور کرده و مشاهده شده که ۹۲ مطالعه از ۱۱۷ مطالعه وجود فرضیه EKC را در چین تأیید می‌کنند. اما در این بین ۱۷ مطالعه نتوانستند فرضیه EKC را تأیید کنند، نتایج پژوهش تأیید می‌کند که اگر یک مطالعه تجربی از یک پروکسی آلودگی جهانی استفاده کند، احتمال وجود منحنی کوزنتس ۵/۰۸ برابر بیشتر از عدم وجود آن است. علاوه بر این، اگر یک مطالعه تجربی از داده‌های استانی، شهری، صنعتی یا بخشی چینی استفاده کند، احتمال وجود منحنی کوزنتس ۴/۴۶ برابر بیشتر از عدم وجود آن است.
(میشراموکش کوما ^۱)	۲۰۲۰	-----	به بررسی استراتژی‌های مختلف برای حفاظت از آب و هوای جهانی، محیط زیست و مکانیسم رشد سبز برای منابع طبیعی می‌پردازد و الزاماتی چون توافق‌نامه آب و هوای پاریس و دستور کار ۲۰۳۰ را بررسی می‌کند. عنوان می‌شود که ما به این دلیل به رشد سبز نیاز داریم که خطرات توسعه در حال افزایش است، تغییرات اقلیمی، کمیابی آب و آلودگی منابع آن، از دست دادن تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم‌ها و منابع زمین خطراتی را برای بشریت و به‌خصوص افراد فقیر ایجاد می‌کند. به منظور جلوگیری از بلایای زیست‌محیطی با ابعاد جهانی، باید انتشار آلودگی و مصرف منابع تجدیدناپذیر را در طی چند دهه به‌طور اساسی کاهش دهیم. این امر مستلزم در نظر گرفتن مکانیسم مدل منحنی کوزنتس و اصلاحات بیشتر برای توسعه سیستم حاکمیت اقتصادی جهانی و بازسازی سیستم‌های تشویقی در سطح ملی است.
(استرن دیوید ^۲)	۲۰۱۴	-----	در مقاله‌ای تحت عنوان منحنی زیست‌محیطی کوزنتس: یک آغازگر. منحنی کوزنتس زیست‌محیطی Ekc ^۲ را یک رابطه فرضی بین شاخص‌های مختلف تخریب محیط زیست و درآمد سرانه معرفی می‌کند. و عنوان می‌شود همان‌طور که اقتصادها غنی‌تر می‌شوند، اثرات زیست‌محیطی ابتدا افزایش می‌یابد اما در نهایت کاهش می‌یابد. درواقع، اگرچه برخی از انواع تخریب محیط زیست در کشورهای توسعه‌یافته کاهش یافته است، اما در برخی دیگر کاهش نیافته‌اند. شواهد ارائه شده در این مقاله نشان می‌دهد که تجزیه و تحلیل آماری که منحنی کوزنتس

1. Mishra, M, k.
2. Stern, D.
3. Environmental Kuznets Curve

ب) مطالعات خارجی انجام شده			
نویسندگان	سال	منطقه	نتیجه
			زیست محیطی بر آن استوار است، قوی نیست. شواهد کمی برای یک مسیر U شکل معکوس مشترک وجود دارد که کشورها با افزایش درآمد از آن پیروی می کنند. اما باید با رویکردهای اقتصادسنجی جدیدتر آزمایش شود ولی بعید به نظر می رسد که EKC یک مدل کامل باشد.
(شهباز و همکاران) ^۱	۲۰۱۳	رومانی ۱۹۸۰-۲۰۱۰	هدف این مقاله بررسی رابطه پویا بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار دی اکسید کربن است. در انجام این کار، نتایج رابطه بلندمدت بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلاینده های انرژی تأیید می شود همچنین شواهد نشان می دهد که منحنی زیست محیطی کوزنتس هم در دوره های بلند و هم کوتاه مدت در رومانی یافت می شود. نتایج وجود رابطه بلندمدت بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آلاینده های انرژی را هم تأیید می کند. طبق توافق اتحادیه اروپا، رومانی باید سهم منابع تجدیدپذیر را در ترکیب کلی انرژی و پروژه های بهره وری انرژی در ساختمان های مسکونی، صنعت و حمل و نقل افزایش دهد علاوه بر این، به نظر پژوهشگران، مقام های رومانیایی می توانند از چندین ابزار سیاسی دیگر مانند: تجدید ساختار مالیات های زیست محیطی و بازنگری در نرخ مالیات انرژی، حمل و نقل و مالیات آلودگی استفاده نمایند.

۴. روش شناسی

مدل تجربی مطالعه حاضر به دو شیوه صورت می گیرد. در ابتدای امر به بررسی و تجزیه و تحلیل متغیرها و تخمین رگرسیون متغیرهای انتخابی در مطالعه حاضر پرداخته و سپس، با توجه به نتایج به دست آمده در قسمت اول با توجه به پویایی سیستم ها اقدام به رسم نمودار حالت - جریان نموده و به اعمال سناریوهای مربوطه می پردازیم. بنابراین مطالعه حاضر با هدف تبیین پویا رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب منحنی کوزنتس، با بهره گیری از داده های موجود در بانک جهانی، بانک مرکزی و ترازنامه انرژی اقدام به انجام آزمون مانایی در مرحله اول کرده، که نتایج نشان می دهد بهترین مدل برای تخمین در دوره زمانی ۱۳۷۹ الی ۱۳۹۹، روش ARDL می باشد.

این مدل در زمینه تقاضای حامل های انرژی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته که از سویی توانایی استفاده هم زمان از متغیرهای مانا و متغیرهایی که با یک بار تفاضل گیری مانا

1. Shahbaz et al.

تبیین پویای رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب ... | خلیلی و همکاران | ۱۳۱

می‌شوند و از سوی دیگر به دلیل در نظر گرفتن پویایی کوتاه‌مدت و بلندمدت برای پیش‌بینی بسیار مفید واقع شده و از مهم‌ترین ویژگی‌های این مدل است که منجر به استفاده گسترده از آن شده است (حافظی و دلفان، ۱۴۰۱) با توجه به موارد ذکر شده و با تخمین مدل نتایج حاصل از تخمین در این دوره زمانی در جدول ۲ بخش نتایج قابل مشاهده می‌باشد.

سپس در قسمت دوم مدل تجربی با استفاده از سیستم‌های پویا و با توجه به رگرسیون ۱ مدلی پویا را با توجه به هدف مطالعه در نظر می‌گیریم که در شکل ۶ نمودار حلقوی علی و معلولی مورد بررسی در این مطالعه مشاهده می‌شود. می‌دانیم که برای درک جهان دو نگرش پویا و ایستا مطرح است. در نگرش ایستا به جهان در یک مقطع زمانی علت یا علل یک رخداد بررسی و جستجو می‌شود و به زمان‌های قبل و بعد از رخداد اصلاً توجه نمی‌شود. اما در نگرش پویا، زمان یک بعد مهم و حیاتی در تفکر و تحلیل است همچنین در نگرش پویا، برعکس نگرش ایستا، وقایع و رخدادهای کانون توجه نیستند، بلکه روندهایی مورد توجه‌اند که رخدادهای می‌توانند نمودی از آن روندها باشند. (مشایخی علینقی، ۱۳۹۶) بنابراین با توجه به اهمیت پویایی سیستم‌ها در بخش دوم مدل به پویایی مدل می‌پردازیم.

$$LT_{it} = \beta_0 + \beta_1 LCO2_{it} + \beta_2 LP_{it} + \beta_3 LGDP_{it} + \beta_4 LGDPP_{it} + \beta_5 LURB_{it} + \beta_6 LAE_{it} + \beta_7 LMB_{it} + \beta_8 LPE_{it} + \varepsilon_t \quad (1)$$

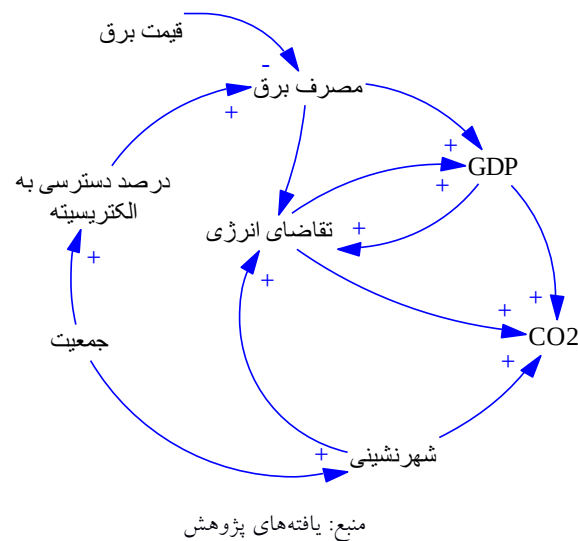
جدول ۲. سنجش مانایی متغیرها

مانایی	نماد متغیر	متغیر
I(1)	LT	تقاضای انرژی
I(0)	LP	جمعیت
I(1)	LCO2	دی‌اکسیدکربن
I(0)	LGDP	GDP
I(0)	LGDPP	GDP ²
I(0)	LURB	شهرنشینی
I(0)	LAE	درصد دسترسی به الکتریسیته
I(0)	LMB	مصرف برق
I(0)	LPE	قیمت انرژی

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که اشاره شد، در قسمت دوم مدل تجربی، با استفاده از رگرسیون ۱ و با توجه به روابط موجود بین متغیرها، نمودار حلقوی علی و معلولی در این مطالعه در شکل ۳ رسم شده و روابط بین متغیرها با علامت‌های مثبت و منفی مشخص شده است.

شکل ۳. نمودار حلقوی علی و معلولی در این مطالعه



۵. یافته‌های تجربی

با تخمین مدل طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۹ نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت تمامی متغیرها هم در پنج درصد و هم در ده درصد معنادار هستند. از طرفی ضریب تعیین در این مدل تقریباً ۹۹ درصد است که بدان معنی است که ۹۹ درصد تغییرات در تقاضای انرژی به دلیل تغییر در متغیرهای انتخابی مورد مطالعه در این مقاله بوده که در این راستا حدود ۵۹ درصد تغییرات تقاضای انرژی به دلیل تغییرات در تولید ناخالص داخلی است که این درصد بسیار بالا نشان‌دهنده این است که افزایش در تولید ناخالص داخلی به تبع نیاز به میزان بالای انرژی دارد که بیانگر تأثیر مثبت و مستقیم میان این دو متغیر است.

تبیین پویای رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب ... | خلیلی و همکاران | ۱۳۳

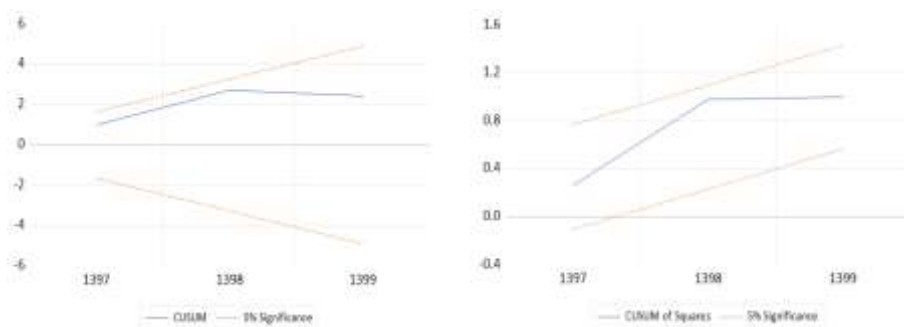
جدول ۳. نتایج و تست‌های مدل تجربی

رابطه کوتاه مدت متغیرها				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LT(-1)	0.412762	0.018092	22.81452	0.0000
LGDP	59.611551	5.242543	11.37073	0.0000
LGDPP	-0.801921	0.070678	-11.34608	0.0000
LURB	4.709939	0.866192	5.437526	0.0003
LMB	-0.976513	0.031851	-30.65919	0.0000
LCO2	0.227226	0.044860	5.065185	0.0005
LP	3.428184	0.456309	7.512851	0.0000
LPE	-0.105467	0.004011	-26.29590	0.0000
LAE	-4.565995	0.333294	-13.69961	0.0000
C	-1130.209	100.2287	-11.27630	0.0000
R-squared	0.994216			
Adjusted R-squared	0.989010			
F-statistic	190.9794			
Prob(F-statistic)	0.000000			
رابطه بلندمدت				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LGDP	101.5117	11.89500	8.533983	0.0000
LGDPP	-1.365582	0.160294	-8.519252	0.0000
LURB	8.020499	1.276878	6.281336	0.0001
LMB	-1.662891	0.062985	-26.40146	0.0000
LCO2	0.386941	0.066403	5.827137	0.0002
LP	5.837813	0.940478	6.207286	0.0001
LPE	-0.179598	0.006380	-28.15176	0.0000
C	-1924.620	226.8993	-8.482265	0.0000
EC=LT-(10/5117*LGDP-/13656*LGDPP+8/0205*LURB-1/6629*LMB+0/3869*LCO2+5.8378*LP-0.1796*LPE-1924/6200)				
آزمون خود همبستگی	Prob. F(1,9)		0.1571	
همسانی واریانس براش- پیگن	Prob. F(8,11)		0.4510	
همسانی واریانس آرچ	Prob. F(1,17)		0.5519	
CointEq(-1)*	-0.587237	0.103970	-5.648163	0.0002

منبع: یافته‌های پژوهش

علاوه بر این، با انجام آزمون ثبات و پایداری مشخص می‌شود که در سال‌های مورد بررسی پژوهش، ثبات و پایداری وجود دارد.

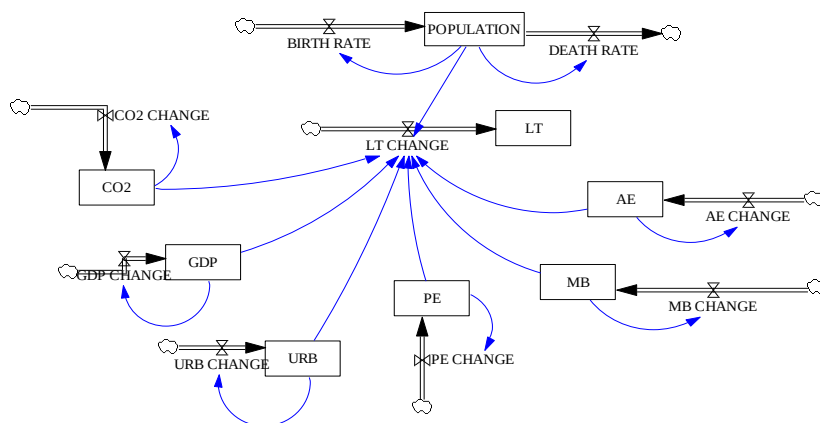
شکل ۴. آزمون پایداری



منبع: یافته‌های پژوهش

در قسمت دوم مدل تجربی لازم است به این نکته اشاره شود که نمودارهای علی معلولی در بسیاری از موقعیت‌ها مفیدند این نمودارها برای نمایش وابستگی‌های متقابل و فرآیندهای بازخوردی مناسب هستند و در شروع یک پروژه مدل‌سازی نقش مؤثری در ارائه مدل‌های ذهنی ایفا می‌کنند اما نکته اینجاست که این نمودارها محدودیت‌هایی نیز دارند. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های نمودارهای علی ناتوانی آن‌ها در نمایش ساختار متغیرهای حالت و جریان سیستم‌ها است. (استرمن^۱، ۲۰۰۰) بنابراین، با توجه به نمودار حلقوی رسم‌شده و رگرسیون ۱ در این مطالعه اقدام به رسم نمودار حالت - جریان کرده که در شکل ۵ قابل مشاهده است.

شکل ۵. نمودار حالت - جریان

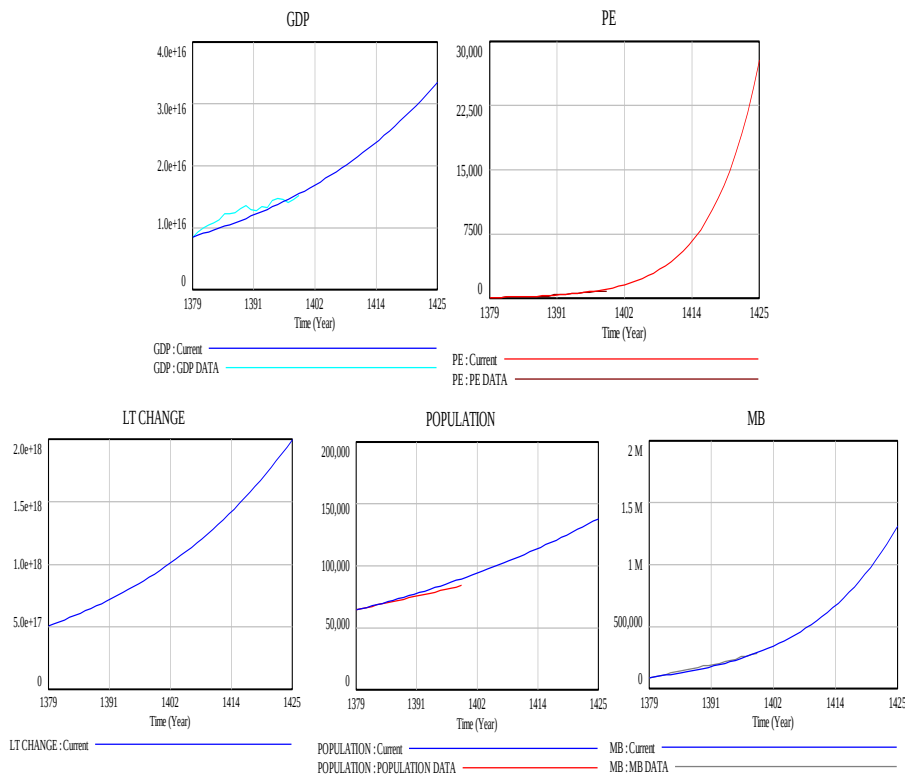


1. Sterman, J. D.

منبع: یافته‌های پژوهش

سپس با اجرای مدل، خروجی‌های موجود در شکل شماره ۶ حاصل شده که همان‌طور که مشاهده می‌شود روند داده‌های حقیقی با روند تخمین زده شده نزدیک بوده و می‌توان گفت مدل با توجه به تولید مجدد رفتار (اعمال و مقایسه داده‌های تاریخی موجود و روند شبیه‌سازی شده مدل) از اعتبار مناسبی برخوردار است. بنابراین در ادامه مدل تجربی به سناریوسازی و اعمال سیاست‌های رشد اقتصادی پرداخته تا تغییرات حاصل از رشد اقتصادی بر میزان کل مصرف انرژی مورد تبیین قرار گیرد.

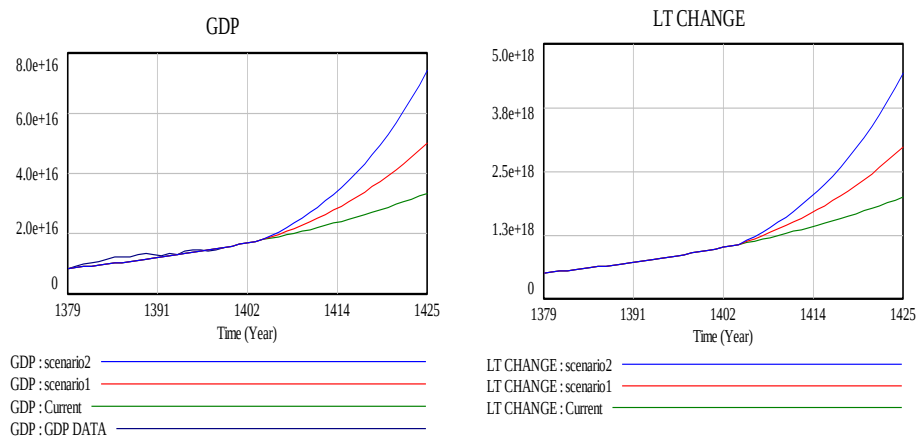
شکل ۶. نتایج اولیه مدل قبل از انجام سناریوها



منبع: یافته‌های پژوهش

برای سناریوسازی در این مطالعه، اعمال دو سناریو با رشدهای اقتصادی پنج و هفت درصدی فرض شده است که نتایج هر سناریو در شکل ۷ قابل مشاهده است و طبیعی است که با رشد اقتصادی بیشتر در هر سناریو میزان تقاضای انرژی در هر سناریو افزایش یابد.

شکل ۷. نتایج حاصل از اعمال سناریوها



منبع: یافته‌های پژوهش

۶. بحث و نتیجه‌گیری

انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از احتراق سوخت، رشد ۱۰۶ درصدی را طی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ داشته و به عدد ۶۴۲/۶۱۸ میلیون تن رسیده است و موجب شده ایران در رتبه اول منطقه قرار بگیرد. یافته‌های این مقاله با هدف تبیین رابطه بین تولید ناخالص داخلی و مصرف کل انرژی در ایران با استفاده از دو مدل ARDL و پویا در چارچوب منحنی کوزنتس بیانگر این است که ۹۹ درصد تغییرات در کل مصرف انرژی به دلیل متغیرهای انتخابی در مدل مورد بررسی بوده که در این بین حدود ۶۰ درصد این تغییرات توسط متغیر تولید ناخالص داخلی ایران توضیح داده می‌شود و تمامی متغیرهای انتخابی در این پژوهش هم در بلندمدت و هم در کوتاه‌مدت در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده و از اعتبار مناسبی برخوردار می‌باشند، سپس در ادامه با استفاده از اطلاعات موجود در بخش اول مدل تجربی اقدام به رسم نمودارهای حلقوی علی معلولی و حالت جریان کرده و با اعمال دو سیاست رشد پنج درصدی و هفت درصدی در قالب دو سناریو، یافته‌های موجود در سال‌های مورد بررسی بیانگر این موضوع می‌باشند که:

- رابطه‌ای مثبت بین تولید ناخالص داخلی و کل مصرف انرژی برقرار بوده و با افزایش تولید ناخالص داخلی ما شاهد افزایش کل مصرف انرژی نیز خواهیم بود.

-نتایج نشان‌دهنده این است که ایران در بخش اول منحنی کوزنتس بوده که این موضوع بیانگر ارتباط خطی بین این دو متغیر است و با افزایش تولید ناخالص داخلی طبیعتاً شاهد افزایش در مصرف انرژی خواهیم بود و به دلیل متکی بودن ایران به سوخت‌های فسیلی شاهد افزایش در میزان آلودگی نیز خواهیم بود.

بنابراین نتایج حاصل از مدل تجربی در قسمت اول و دوم نشان می‌دهند که کشور ایران در مرحله اول منحنی زیست‌محیطی کوزنتس قرار دارد که با مطالعات (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۹۰)، (استادزاده و بهلولی، ۱۳۹۴)، (سیفی‌پور رؤیا، ۱۴۰۰) و (مسنن مظفری و صبحی، ۱۳۹۲) همسان بوده و این بدان معنی است که با افزایش تولید ناخالص داخلی ایران شاهد افزایش میزان مصرف انرژی در کشور بوده و با توجه به اتکای کشور به سوخت‌های فسیلی، به تبع میزان آلودگی هم‌زمان با افزایش مصرف انرژی افزایش می‌یابد. این مطالعه با توجه به تأثیر عوامل اثرگذار دیگر بر تقاضای انرژی پیشنهاد می‌دهد که تأثیر متغیرهایی مانند دما و شرایط آب و هوایی و نوع و تعداد وسایل نقلیه در مطالعات آینده مورد توجه قرار گیرد زیرا می‌توان در قسمت مدل‌سازی پویا حلقه‌های علی - معلولی دیگری نیز براساس این متغیرها اضافه نمود و بازخورد حلقه‌های دیگر را در مدل مشاهده کرد. با توجه به یافته‌های این پژوهش توصیه سیاستی‌ای که در این مقاله می‌تواند مورد توجه قرار گیرد تشویق متقاضیان انرژی برای استفاده از سیستم‌های کارآمدتر انرژی جهت مدیریت تقاضای انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی و سرمایه‌گذاری در سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر (ساخت پنل‌های خورشیدی و ...) و توجه به اهداف ۱۷ گانه اهداف توسعه پایدار به‌خصوص تحقق اهداف شماره ۱۱ (شهرهای پایدار)، شماره ۷ (انرژی پاک و مقرون به صرفه) و شماره ۱۳ (اقدام برای آب و هوا) که در راستای کاهش کربن است، همت گمارد چرا که می‌تواند موجب رشد و توسعه اقتصادی از یک سو و سبب گذار از مرحله اول منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را از سوی دیگر فراهم آورد.

۷. تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

نویسندگان این پژوهش از همکاران و داوران محترم مجله کمال تشکر و سپاس را دارند.

ORCID

Amirreza Khalili

 <https://orcid.org/0009-0000-4971-079X>

Mojtaba Bahmani

 <https://orcid.org/0000-0003-0257-5775>

Mehdi Nejati

 <https://orcid.org/0000-0003-4103-869X>

۹. منابع

- احمدیان، مجید؛ عبدلی، قهرمان؛ جبل عاملی، فرخنده؛ شعبان‌خواه، محمود و خراسانی، سید عادل. (۱۳۹۸). استخراج منحنی پویای محیط زیست کوزنتس. *اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی)*، ۱۶(۲)، ۱-۳۶. <https://sid.ir/paper/382512/fa>
- امینی، امراه و عموزاد خلیلی، حسن. (۱۴۰۰). الویت‌بندی روابط متقابل سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در توسعه پایدار. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*. ۱۰(۳۸)، ۶۵-۹۵
doi: 10.22054/jiee.2022.65768.1883
- اویسی‌همایونی‌فر، مصطفوی و ناجی میدانی، سیدمهدی. (۱۴۰۰). اثر تغییرات بهره‌وری بخش‌های اقتصادی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، انرژی گرمایی، رشد و توسعه اقتصادی. *مدلسازی اقتصادی*، ۱۵(۵۴)، ۶۷-۷۶.
- تاجمیر ریاحی، ریحانه. (۱۴۰۰). در مسیر رشد سبز: چگونه صنایع سبز به محیط زیست حیات دوباره می‌بخشند. چاپ اول، انتشارات کنکاش.
- حافظی، حسین و دلفان، محبوبه. (۱۴۰۱). پیش‌بینی بلندمدت تقاضای برق ایران (رویکرد مبتنی بر سناریوسازی با استفاده از رهیافت ترکیبی ARDL و ARIMA). *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۱۱(۴۴)، ۴۱-۷۱. doi:10.22054/jiee.2022.70675.1959
- حافظی، حسین و ممی‌پور، سیاب. (۱۴۰۳). بررسی اثرات پویای مصرف سوخت‌های فسیلی روی انتشار دی‌اکسید کربن در ایران. *مطالعات علوم محیط زیست*، ۹(۱)، ۸۰۴۵-۸۰۳۱. doi:10.22034/jess.2023.395409.2024
- خوش اخلاق، رحمان؛ دلالی اصفهانی، رحیم و یارمحمدیان، ناصر. (۱۳۹۰). تحلیل منحنی زیست‌محیطی کوزنتس با استفاده از فرآیند کیفیت زیست‌محیطی مشمول انتخاب سبد مصرفی خانوار. *تحقیقات مدلسازی اقتصادی*. ۲(۶)، ۸-۱۰۴.
- سلمان پور زنوز، علی. (۱۳۹۹). ارزیابی مسیر بهینه رشد اقتصادی، آلودگی و انباشت سرمایه: رویکرد الگوی سیستم پویا. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۷(۲)، ۵۳-۷۶. doi:10.22034/eco.j.2020.11057
- سیفی‌پور، رویا. (۱۴۰۰). بررسی منحنی کوزنتس محیط زیستی در بخش صنعت اقتصاد ایران. *انسان و محیط زیست*، ۱۹(۳)، ۱۵-۱۹. <https://sid.ir/paper/1042294/fa>

تبیین پویای رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب ... | خلیلی و همکاران | ۱۳۹

شکیبایی، علیرضا؛ حسینی، سیدمهدی و خزاعی، صادق. (۱۳۹۴). بررسی اثر مالیات انرژی بر شدت انرژی در کشورهای منتخب OECD. همایش سیاست‌های مالی و مالیاتی ایران

<https://sid.ir/paper/893004/fa>

صادقی شاهدانی، مهدی؛ محمدی سمچولی، علی اکبر و رستگاری کوپایی، محمدجواد. (۱۴۰۰). بررسی منحنی کوزنتس زیست محیطی برای انتشار گاز N₂O در ایران با مدل ARDL. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۳ (۶ (پیاپی ۱۰۹))، ۱۷۵-۱۸۶.

<https://sid.ir/paper/950343/fa>

عسگری، حشمت‌اله؛ هواس‌یگی، فاطمه و مریدیان، علی. (۱۴۰۱). آزمون فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس در اقتصاد ایران با تأکید بر نقش متغیرهای توسعه‌ای: رویکرد ARDL تعمیم یافته با شکست ساختاری. تحلیل‌های اقتصادی توسعه ایران، ۸ (۱)، ۲۳۴-۱۹۹.

doi:10.22051/ieda.2021.37228.1292

علیشیری، هدیه؛ سجادی‌فر، سیدحسین و محمدباقری، اعظم. (۱۳۹۶). بررسی فرضیات منحنی کوزنتس محیط زیستی (مطالعه موردی آلودگی آب). مجله آب و فاضلاب، ۲۸ (۱)، ۶۴-۵۷.

doi:10.22093/wwj.2017.39474

غزنوی، شیوا؛ رفیعی، حامد. (۱۴۰۲). بررسی اثر تحقیق و توسعه بر کیفیت محیط زیست با تأکید بر ساختار منحنی کوزنتس. اقتصاد و بازار کشاورزی، ۱ (۱)، ۹۳-۸۶.

فلاحی، فیروز؛ اصغرپور، حسین؛ بهبودی، داوود و پورنظمی، سیمین. (۱۳۹۱). آزمون منحنی کوزنتس زیست محیطی در ایران با استفاده از روش LSTR. مطالعات اقتصاد انرژی، ۹ (۳۲)، ۷۳-۹۳.

<https://sid.ir/paper/99490/fa>

قزلباش، ندا؛ فرقانی، محمدعلی و کاظمی، مهدی. (۱۳۹۵). ارزیابی روش‌های تولید مس براساس معیارهای تولید سبز (مطالعه موردی: شرکت ملی صنایع مس ایران). کنفرانس ملی مدیریت و اقتصاد جهانی. <https://sid.ir/paper/873858/fa>

کلاوس، شوپ و تیه‌ری، ماله‌ره، ترجمه: حسنی علیرضا (۱۴۰۰). کووید-۱۹ بازتنظیم بزرگ. تهران شابک ۹۷۸-۶۰۰-۴۹۰-۲۸۳-۰.

محبوب، امیرعلی و نوراللهی، یونس. (۱۴۰۰). تحلیل روند مصرف انرژی و تکنولوژی‌های استحصال آب کشور و بررسی جایگزینی برق خورشیدی. اکوهیدرولوژی، ۸ (۴)، ۹۲۳-۹۰۷.

doi:10.22059/ije.2021.314883.1439

مشایخی، علینقی. (۱۳۹۸). پویایی‌شناسی سیستم‌ها - جلد یک: دیدگاه سیستمی. انتشارات آریانا قلم، تهران، ۹۷۸-۶۰۰-۷۶۷۷-۲۵-۴.

ملکیان، منصوره. (۱۳۹۹). فرصت‌ها و تهدیدهای ویروس کرونا برای محیط زیست. *رهیافت*، ۳۰(۷۹)، ۶۳-۷۶.
<https://sid.ir/paper/952557/fa>

References

- Acevedo-Ramo, J. A., Valencia, C. F., & Valencia, C. D. (2023). The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Colombia: Impact of Economic Development on Greenhouse Gas Emissions and Ecological Footprint. *Sustainability*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043738>
- Ajmi, A. N., Bekun, F. V., Gyamfi, B. A., & Meo, M. S. (2023). A bibliometric review analysis into environmental Kuznets curve phenomenon: A retrospect and future direction. *Heliyon*, 9(11), e21552. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21552>
- Amer, E. A., Meyad, E. M., Meyad, A. M., & Mohsin, A. K. (2024). The impact of natural resources on environmental degradation: A review of ecological footprint and CO2 emissions as indicators. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1368125. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1368125>
- Ayad, H., Shuaib, M., Hossain, M., Haseeb, M., Kamal, M., & Rehman, M. (2024). Re-examining the Environmental Kuznets Curve in MENA Countries: Is There Any Difference Using Ecological Footprint and CO2 Emissions? *Environmental Modeling & Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10666-024-09977-7>
- Aydin, M., Koç, P., & Sahpaz, K. (2023). Investigating the EKC hypothesis with nanotechnology, renewable energy consumption, economic growth and ecological footprint in G7 countries: panel data analyses with structural breaks. *Energy Sources. Part B Economics, Planning and Policy*, 18. <https://doi.org/10.1080/15567249.2022.2163724>
- Azam Khan, M., Rehman, Z., Prof. of Economics, H. K., & Haouas, I. (2024). Empirical testing of the environmental Kuznets curve: evidence from 182 countries of the world. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04890-1>
- Caporin, M., Cooray, A., Kuziboev, B., & Yusubov, I. (2023). New insights on the environmental Kuznets curve (EKC) for Central Asia. *Empirical Economics*, 66. <https://doi.org/10.1007/s00181-023-02520-9>
- Farooq, A., Haider, A., Ahad, M., Shabbir, G., & Imran, Z. (2021). A validity of environmental Kuznets curve under the role of urbanization, financial development index and foreign direct investment in Pakistan. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JEAS-10-2021-0219>
- Hamaide, B. (2022). Sustainability and the Environmental Kuznets Curve Conjecture: An Introduction. *Sustainability*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/su14127372>

- Hosseini, S. M., Saifoddin, A., Shirmohammadi, R., & Aslani, A. (2019). Forecasting of CO2 emissions in Iran based on time series and regression analysis. *Energy Reports*, 5, 619-631.
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.05.004>(In Persian).
<https://climateknowledgeportal.worldbank.org>
<https://www.iea.org/countries/iran/emissions>
<https://www.worldbank.org>
- IEA (2023), Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>, Licence: CC BY 4.0
- Kalim, R., Ul-Durar, S., Iqbal, M., Arshed, N., & Shahbaz, M. (2024). Role of knowledge economy in managing demand-based environmental Kuznets Curve. *Geoscience Frontiers*, 15(4), 101594.
<https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101594>
- Madani, K. (2021). Have International Sanctions Impacted Iran's Environment? *World*, 2(2), 231-252.
<https://doi.org/10.3390/world2020015>
- Mahmood, H., Furqan, M., Hassan, M. S., & Rej, S. (2023). The Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis in China: A Review. *Sustainability*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15076110>
- Mishra, Mukesh Kumar, 2020. The Kuznets Curve for the Sustainable Environment and Economic Growth. *EconStor Preprints* 216734, ZBW-Leibniz Information Centre for Economics.
- Ostadzad, A. H., & Bahlouli, P. (2015). The Impact of Renewable Energy on the Environmental Kuznets Curve in Iran. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 2(2), 127-154.(In Persian).
- Shahbaz, M., Mutascu, M., & Azim, P. (2013). Environmental Kuznets Curve in Romania and the Role of Energy Consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.012>
- Shahbaz, M., Nejati, M., Du, A. M., & Jiao, Z. (2024). A recursive dynamic CGE approach to investigate environmental Kuznets curve. *Journal of Environmental Management*, 370, 122359.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122359>
- Sterman, J.D.(2000). *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill, first volume (292-300).
- Stern, D. (2014). *The Environmental Kuznets Curve: A Primer* (CCEP Working Papers). Centre for Climate & Energy Policy, Crawford School of Public Policy, The Australian National University.
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:een:ccepwp:1404>

- Sun, Y., Bao, Q., Siao-Yun, W., ul Islam, M., & Razzaq, A. (2022). Renewable energy transition and environmental sustainability through economic complexity in BRICS countries: Fresh insights from novel Method of Moments Quantile regression. *Renewable Energy*, 184, 1165-1176.
- Tahbaz, Morad. (2016). Environmental Challenges in Today's Iran. *Iranian Studies*. 49. 943-961. 10.1080/00210862.2016.1241624.
- Taseh, M. (2022). *The effect of global warming on climatic changes in Iranian cities and environmental needs*. The second national conference and the first international conference of the future, the city of the future: focusing on sustainable smart cities. [In Persian]
<https://civilica.com/doc/2061372>
- Wang, Q., Ren, F., Li, R., Correspondence, Q., Wang, R., & Li. (2023). Exploring the impact of geopolitics on the environmental Kuznets curve research. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.2743>
- Wang, S., Zafar, M., Vasbieva, D., & Yurtkuran, S. (2023). Economic growth, nuclear energy, renewable energy, and environmental quality: Investigating the environmental Kuznets curve and load capacity curve hypothesis. *Gondwana Research*, 129.
<https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.06.009>

استناد به این مقاله: خلیلی، امیررضا؛ بهمنی، مجتبی؛ نجاتی، مهدی. (۱۴۰۴). تبیین پویای رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب منحنی زیست محیطی کوزنتس، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵۵ (۱۴)، ۱۱۳-۱۴۲.



Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

The Impact of Uncertainty in Global Economic Policies and Oil Price Uncertainty on Economic Growth in an Oil-Dependent Economy: A Case Study of Iraq

Ali Rauf Kazem Jwad Al-Rikabi 

M.D Student, Department of Economic, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Maryam Emamimibody 

Economy Assistant Professor, Department of Accounting, Shahinshahr Branch, Islamic Azad University, Shahinshahr, Iran.

Abstract

In the process of globalization, the interdependence between countries increases, and changes in economic policies introduce uncertainty shocks to both domestic and foreign economies. In oil-dependent countries, fluctuations in global oil prices significantly impact income and Gross Domestic Product (GDP). This study examines the impact of uncertainty in global economic policies and oil prices on Iraq's economic growth from 2008 to 2022. The research employs the nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL) econometric model. The results indicate that an increase in the uncertainty of global economic policies leads to a decrease in Iraq's economic growth in the short term, with this effect persisting in the long term. Conversely, a reduction in the uncertainty of global economic policies leads to an increase in Iraq's economic growth over both timeframes. Regarding oil prices, a reduction in uncertainty in the short term (at the first lag) fosters economic growth; however, at the second lag, it has a negative impact. In the long term, a decrease in oil price uncertainty contributes to an increase in economic growth. An increase in oil price uncertainty does not significantly affect economic growth in the short term; however, in the long term, it leads to a decline in Iraq's economic growth. These findings highlight the asymmetry in the effects of economic policies and oil prices on Iraq's economic growth.

Introduction

In the theoretical literature, the effects of uncertainties (EPG) on economic growth within the scope of real options, growth options, and risk-aversion theories are interpreted based on consumption, investment (employment), and risk premium channels. These three fundamental theories are shaped by the behavior of economic

* Corresponding Author: 1111759154@iau.ir

How to Cite: Rauf Kazem Jwad Al-Rikabi, A., Emamimibody, M. (2025). The Impact of Uncertainty in Global Economic Policies and Oil Price Uncertainty on Economic Growth in an Oil-Dependent Economy: A Case Study of Iraq. Iranian Energy Economics, 55 (14), 143-170.

agents. While real options and risk-aversion represent channels that negatively impact economic growth, growth options represent channels that positively affect economic growth (Bloom, 2014).

Through the real options channel, the negative effects of uncertainties on economic growth occur when economic agents postpone consumption and investment (employment) decisions. During periods of increased uncertainty, the household sector's aggregate demand decreases due to the desire to increase savings and delay consumption decisions motivated by "precaution," while the business sector becomes unwilling to make new investments and delays hiring decisions based on the "wait and see" approach. This, in turn, postpones investment and hiring decisions, reducing aggregate supply, which negatively impacts economic growth (Haddow et al., 2013).

Through the risk-aversion channel, the negative effects of uncertainties on economic growth materialize when economic agents delay investment and employment decisions and also increase the risk premium in search of higher returns. During periods of increased uncertainty, the rising costs of debt due to higher risk premiums limit the business sector's access to financial resources and reduce the willingness to accept business risks. This, in turn, increases opportunities, decreases aggregate supply, and consequently negatively affects economic growth (Gilchrist et al., 2014).

However, in certain situations, uncertainties can increase the potential return on investments and have a positive impact on economic growth. Since economic agents consider the worst-case scenario when evaluating both current and future returns on investments, uncertainty drives investment decisions forward. This is because future returns are more likely to decrease during periods of uncertainty. As this relative increase in current returns occurs, it encourages investment (employment) decisions and positively impacts economic growth by increasing aggregate supply (Bianchi et al., 2017).

Methods and Material

The research method is of a causal correlation type, based on time series data analysis. The aim of this study is to present a macroeconomic model considering the conditions of Iraq. The research data were collected through library-based and documentary methods from the World Bank database, the Federal Reserve Bank of St. Louis, and the Economic Policy Uncertainty website, covering the period from 2008 to 2022 for Iraq. Since macroeconomic indicators for Iraq are only available annually on the World Bank website, and to avoid the issue of inadequate degrees of freedom in model estimation, all data were converted into monthly data using the Chow and Lin method with the EViews software. Following the studies by Greenwood-Nimmo and Shin (2013) and Ogboabor et al. (2023), the research model was estimated using the Nonlinear (Asymmetric) Autoregressive Distributed Lag (NARDL) model.

Results and Discussion

The results indicate that an increase in global economic policy uncertainty reduces Iraq's economic growth in the short term, and this effect persists in the long term.

Additionally, a reduction in global economic policy uncertainty leads to an increase in Iraq's economic growth in both time periods. Regarding oil prices, a reduction in oil price uncertainty in the short term (at the first lag) increases economic growth, but at the second lag, it has a negative effect. In the long term, a reduction in oil price uncertainty leads to an increase in economic growth. An increase in oil price uncertainty has no significant effect on economic growth in the short term, but in the long term, it leads to a reduction in Iraq's economic growth. These results point to asymmetry in the impacts of economic policies and oil prices on Iraq's economic growth.

Conclusion

Based on the short-term and long-term results of the estimated model, an increase in global economic policy uncertainty leads to a reduction in Iraq's economic growth in the short term, and in the long term, an increase in global economic policy uncertainty continues to reduce Iraq's economic growth. This indicates symmetry in the effect of increasing global economic policy uncertainty in Iraq. On the other hand, a reduction in global economic policy uncertainty decreases Iraq's economic growth in the short term, while in the long term, it increases Iraq's economic growth. This suggests asymmetry in the reduction of global economic policy uncertainty in Iraq. Therefore, the first hypothesis related to the asymmetric effect of reducing global economic policy uncertainty is confirmed, while the hypothesis regarding the increase in global economic policy uncertainty is not confirmed.

The results of the first hypothesis regarding the reduction of global economic policy uncertainty are consistent with the studies by Imre and Losta (2020) and Nasir and Al-Khasouna (2023), but not with the research by Kamali Dehkordi et al. (2020). Furthermore, based on the short-term and long-term model estimates, the reduction in global oil price uncertainty in the short term increases economic growth at the first lag, but reduces it at the second lag. In the long term, the reduction in global oil price uncertainty leads to increased economic growth, indicating asymmetry at the second lag of oil price uncertainty in the short term. An increase in global oil price uncertainty in the short term reduces economic growth, and in the long term, it continues to reduce Iraq's economic growth. This suggests symmetry in the effect of increasing global oil price uncertainty in both the short and long term. Based on these results, the second hypothesis regarding the reduction of global oil price uncertainty is confirmed. These findings align with the research by Hassan et al. (2024), Ogboabor et al. (2023), and Syed et al. (2021).

Acknowledgments

We are grateful for the anonymous reviewers' comments, which helped improve the quality of the paper.

Keywords: Oil Price Uncertainty, Uncertainty of Global Economic Policies, Economic Growth, Oil-Dependent Economy

JEL Classification: N32 , O45 , F23 , E34



تأثیر عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی و عدم قطعیت قیمت نفت بر رشد اقتصادی در یک اقتصاد نفتی: مطالعه موردی کشور عراق

علی رووف کاظم جواد الرکابی  دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

مریم امامی میبدی  * استادیار اقتصاد، گروه حسابداری، واحد شاهین‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهین‌شهر، ایران.

چکیده

در فرآیند جهانی شدن، وابستگی متقابل کشورها به یکدیگر افزایش می‌یابد و تغییرات در سیاست‌های اقتصادی، شوک‌های نااطمینانی را به اقتصاد داخلی و خارجی وارد می‌کند. درآمد و تولید ناخالص داخلی کشورهای وابسته به نفت از نوسانات قیمت جهانی نفت تأثیر زیادی می‌گیرد. این تحقیق به بررسی تأثیر عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی و قیمت نفت بر رشد اقتصادی عراق در بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ پرداخته است. روش استفاده شده در این مطالعه، مدل اقتصادسنجی خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی است. نتایج نشان می‌دهند که افزایش عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی در کوتاه‌مدت منجر به کاهش رشد اقتصادی عراق می‌شود و این اثر در بلندمدت نیز ادامه می‌یابد. علاوه بر این، کاهش عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی در هر دو بازه زمانی موجب افزایش رشد اقتصادی عراق می‌گردد. درخصوص قیمت نفت، کاهش عدم قطعیت در کوتاه‌مدت (در وقفه اول) باعث افزایش رشد اقتصادی می‌شود، اما در وقفه دوم اثر منفی دارد. در بلندمدت، کاهش عدم قطعیت قیمت نفت موجب افزایش رشد اقتصادی می‌شود. افزایش عدم قطعیت قیمت نفت در کوتاه‌مدت اثر معناداری بر رشد اقتصادی ندارد، اما در بلندمدت باعث کاهش رشد اقتصادی عراق می‌شود. این نتایج به عدم تقارن در تأثیرات سیاست‌های اقتصادی و قیمت نفت بر رشد اقتصادی عراق اشاره دارند.

کلیدواژه‌ها: عدم قطعیت قیمت نفت، عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی، رشد اقتصادی، اقتصاد نفتی

طبقه‌بندی JEL: E34 , F23 , O45 , N32

* نویسنده مسئول: 1111759154@iaui.ac.ir

۱. مقدمه

در اندیشه ریکاردو (۱۸۱۷)، اقتصاد جهانی بر پایه قطعیت کامل استوار بود و فرض بر این بود که اطلاعات دقیق و ثابت در دسترس است. تصمیم‌گیرندگان بهینه عمل کرده و هیچ خطایی در رفتار اقتصادی وجود ندارد. این دیدگاه، عدم قطعیت را نادیده گرفته و بازار آزاد را توجیه می‌کند (دیویدسون^۱، ۱۹۹۹).

در رویکرد کینزی و پساکینزی، عدم قطعیت نقش محوری دارد. برخلاف نظریه‌های کلاسیک که بر اطلاعات کامل تأکید می‌کنند، کینز بر این باور است که در شرایط فقدان قطعیت، افراد انتظارات خود را براساس قضاوت‌های ذهنی و روان‌شناختی شکل می‌دهند که این انتظارات، رفتار اقتصادی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این دیدگاه، پول علاوه بر نقش مبادله‌ای، به عنوان ذخیره ثروت و منبعی برای تأمین امنیت روانی عمل می‌کند. افزایش ترجیح نقدینگی و کاهش سرمایه‌گذاری، منجر به کاهش تقاضای کل و افزایش بیکاری می‌شود. کینز بر این عقیده است که بحران‌های اقتصادی ناشی از ویژگی‌های پول و عدم قطعیت است که پیش‌بینی آینده را غیرممکن می‌سازد (فراری فیلهو و کونسیکاو^۲، ۲۰۰۵). در رویکرد کینزی و پساکینزی، عدم قطعیت عامل کلیدی در رفتار اقتصادی تلقی می‌شود. برخلاف دیدگاه کلاسیک، کینز معتقد است که افراد در شرایط نبود اطلاعات کامل، تصمیمات خود را بر پایه قضاوت‌های ذهنی اتخاذ می‌کنند. پول، علاوه بر نقش مبادله‌ای، به عنوان ذخیره ارزش و منبعی برای ایجاد امنیت روانی نیز اهمیت دارد. در چنین شرایطی، افزایش ترجیح نقدینگی و کاهش سرمایه‌گذاری، موجب کاهش تقاضای کل و افزایش بیکاری می‌شود. از دیدگاه کینز، بحران‌های اقتصادی ریشه در همین ویژگی‌های پول و شرایط عدم قطعیت دارند (داو^۳، ۲۰۱۲). در اقتصاد، انتظارات خوش‌بینانه نقش مهمی در شکل‌دهی آینده و تأثیرگذاری بر تصمیمات کنونی دارند. نظریه نئوکلاسیک این انتظارات را غیرمنطقی تلقی می‌کند، اما رویکرد کینزی با تأکید بر مفاهیمی چون «ارواح حیوانی» و پایداری عدم قطعیت، تحلیلی واقع‌گرایانه‌تر از رفتار بازار ارائه می‌دهد (تیگاناس و همکاران^۴، ۲۰۱۴).

1. Davidson

2. Ferrari-Filho and Conceicao

3. Dow

4. Tiganas et al.

بحران مالی ۲۰۰۷ نظریه نئوکلاسیک را به چالش کشید و زمینه بازاندیشی در رویکردهای کینزی، پساکینزی، اتریشی و نهادگرا را فراهم کرد. نئوکلاسیک‌ها با حفظ مفروضات عقلانیت کامل، تلاش کردند عناصر روان‌شناختی را در چارچوب خود بگنجانند، اما تحلیل تصمیم‌گیری واقعی با اطلاعات ناقص ناکارآمد باقی ماند. دیدگاه کینزی با تأکید بر نقش محوری عدم قطعیت، به‌ویژه در بحران‌ها، تصویری دقیق‌تر از اقتصاد ارائه می‌دهد، هرچند ابزارهای سیاست‌گذاری محدودتری دارد و بر قضاوت هوشمندانه در هدایت سرمایه‌گذاری تأکید می‌کند (کینز^۱، ۱۹۲۶). رویکرد نئوکلاسیک تصمیمات دولت را نیز تابع انتظارات و احساسات می‌داند و بر بازنگری در نظریه‌ها تأکید دارد. تلفیق دیدگاه کینزی با اقتصاد رفتاری، چارچوبی هنجاری برای سیاست‌گذاری ارائه می‌دهد. شناخت و مدیریت احساسات بازار از طریق نهادها و سیاست‌هایی پولی هدفمند ضروری است (داو، ۲۰۱۲).

فاجگلبام و همکاران^۲ (۲۰۱۷)، نشان دادند که عدم قطعیت بالا، مشارکت شرکت‌ها در تولید و سرمایه‌گذاری را کاهش می‌دهد و با ایجاد بازخورد منفی، دوره‌های رکود را طولانی‌تر می‌کند. در مقابل، والتا^۳ (۲۰۱۴)، نشان داد که در دوره‌های رکود و عدم قطعیت، شرکت‌ها با استخدام پاره‌وقت، انعطاف‌پذیری را حفظ می‌کنند. عدم اطمینان موجب کاهش مصرف، افزایش پس‌انداز و کاهش سرمایه‌گذاری داخلی می‌شود (بیکر و بلوم^۴، ۲۰۱۳). نظریه حق بیمه ریسک بیان می‌کند که افزایش عدم قطعیت، هزینه تأمین مالی را بالا برده، نرخ بهره و احتمال نکول را افزایش می‌دهد و اعتماد اقتصادی را کاهش می‌دهد؛ در نتیجه، اشتغال، سرمایه‌گذاری و تولید کاهش می‌یابد (بیکر و همکاران^۵، ۲۰۱۴).

افزایش عدم قطعیت باعث کاهش بازده مورد انتظار و گسترش توزیع بازده احتمالی می‌شود. در نتیجه، شرکت‌ها ریسک‌پذیرتر شده و بانک‌ها حق بیمه ریسک بیشتری طلب می‌کنند. این امر هزینه سرمایه را افزایش داده، سرمایه‌گذاری و تولید بهینه را کاهش می‌دهد و عدم قطعیت از این طریق به اقتصاد منتقل می‌شود (آرلانو و همکاران^۶، ۲۰۱۰).

-
1. Keynes
 2. Fajgelbaum et al.
 3. Valletta
 4. Baker and Bloom
 5. Baker et al.
 6. Arellano et al.

عدم قطعیت با تأثیر بر ساختار سرمایه‌گذاری شرکت‌ها، موجب آسیب به رشد اقتصادی می‌شود. در نبود محدودیت اعتباری، سرمایه‌گذاری بلندمدت ضد چرخه‌ای است، اما با محدودیت، تمایل به سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت افزایش یافته و نوسانات رشد تشدید می‌شود (آغیون و همکاران^۱، ۲۰۱۰).

در ادبیات نظری، اثرات عدم قطعیت بر رشد اقتصادی از سه دیدگاه بررسی می‌شود: گزینه‌های واقعی، گزینه‌های رشد و ریسک‌گریزی. دو مورد نخست رشد را کاهش می‌دهند، در حالی که گزینه‌های رشد می‌توانند تأثیر مثبت داشته باشند (بلوم^۲، ۲۰۱۴). در تئوری رشد کلاسیک بیان می‌شود که مسیر رشد اقتصادی از طریق افزایش فعالیت‌های تولیدی ناشی از پیشرفت فناوری و رشد جمعیت شکل می‌گیرد (اسمیت^۳، ۱۷۷۶؛ مالتوس^۴، ۱۸۲۰؛ ریکاردو^۵، ۱۹۵۱). در شرایط افزایش عدم قطعیت، خانوارها مصرف را به دلیل احتیاط به تعویق می‌اندازند و پس‌انداز را افزایش می‌دهند. شرکت‌ها نیز با رویکرد «صبر کن و بین» از سرمایه‌گذاری و استخدام پرهیز می‌کنند. این رفتارها از طریق کانال گزینه‌های واقعی، رشد اقتصادی را کاهش می‌دهد (هادو و همکاران^۶، ۲۰۱۳). به عبارتی، در شرایط عدم قطعیت، بازیگران اقتصادی به دلیل ریسک‌گریزی، سرمایه‌گذاری و اشتغال را به تأخیر می‌اندازند.

افزایش حق بیمه ریسک، هزینه‌های بدهی را بالا می‌برد و دسترسی به منابع مالی را محدود می‌کند و نتیجه آن کاهش عرضه کل و افت رشد اقتصادی است (گیلکریست و همکاران^۷، ۲۰۱۴). در برخی موارد، عدم قطعیت با کاهش بازده آتی، بازده نسبی فعلی سرمایه‌گذاری را افزایش می‌دهد. این امر انگیزه سرمایه‌گذاری و اشتغال را تقویت کرده، عرضه کل را افزایش می‌دهد و در نهایت به رشد اقتصادی کمک می‌کند. (بیانچی و همکاران^۸، ۲۰۱۸). همچنین نظریه‌پردازان این حوزه بر نقش نیروی کار، موجودی سرمایه، منابع طبیعی و پیشرفت تکنولوژی در فرآیند رشد تأکید داشته‌اند.

1. Aghion et al.

2. Bloom

3. Smith

4. Malthus

5. Ricardo

6. Haddow et al.

7. Gilchrist et al. .

8. Bianchi et al. .

در نظریه رشد هارود - دومار بیان می‌شود که نرخ رشد یک اقتصاد عمدتاً توسط سطح پس‌انداز ملی و بهره‌وری سرمایه‌گذاری تعیین می‌شود (هارود^۱، ۱۹۳۹؛ دومار^۲، ۱۹۴۶). این نظریه‌پردازان معتقدند که رشد اقتصادی به دلیل پس‌انداز و سرمایه‌گذاری صورت می‌گیرد، که به نوبه خود باعث افزایش سرمایه و تولید می‌شود. تئوری رشد نئوکلاسیک با استفاده از تابع تولید کل نشان می‌دهد که رشد اقتصادی از طریق ترکیب سرمایه، نیروی کار و فناوری رخ می‌دهد (سولو^۳، ۱۹۵۶؛ سوان^۴، ۱۹۵۶). نظریه‌پردازان این حوزه بر نقش‌های انباشت سرمایه، نیروی کار و تغییرات فنی که به‌طور برون‌زا تعیین می‌شوند، تأکید دارند. تئوری رشد درون‌زا، نرخ پیشرفت تکنولوژیکی و نرخ رشد جمعیت را به‌عنوان عوامل درون‌زا در مدل رشد معرفی کرده است. به‌طوری‌که در این نظریه، رشد اقتصادی اساساً توسط نیروهای داخلی به جای نیروهای خارجی هدایت می‌شود. بنابراین نظریه‌پردازان رشد درون‌زا معتقدند که سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی و نوآوری باعث افزایش بهره‌وری و رشد می‌شود (رومر^۵، ۱۹۹۰؛ لوکاس^۶، ۱۹۸۸).

از سوی دیگر، نفت، به‌عنوان منبعی حیاتی برای تأمین انرژی، نقش مهمی در اقتصاد جهانی ایفا می‌کند. افزایش قیمت آن موجب بالا رفتن هزینه‌های تولید، کاهش سود بنگاه‌ها، افت سرمایه‌گذاری و ایجاد تورم می‌شود. اگرچه قیمت نفت براساس عرضه و تقاضا تعیین می‌شود، اما عوامل ژئوپلیتیکی مانند تحریم‌ها، جنگ‌ها و همچنین رخدادهایی نظیر همه‌گیری کووید-۱۹، نوسانات شدید قیمتی را رقم زده‌اند. این نوسانات، سطح ریسک و عدم قطعیت اقتصادی را افزایش داده، سرمایه‌گذاری و هزینه‌های شرکتی را کاهش داده و در نهایت منجر به افت ارزش سهام و کاهش فعالیت‌های اقتصادی شده‌اند (باومایستر و پیرمن^۷، ۲۰۱۳).

در مطالعه محدث و پسران^۸ (۲۰۱۳)، مطابق با ادبیات گزینه‌های واقعی، درآمد نفت بر رشد اقتصادی کشورهای نفت خیز تأثیر مثبت دارد، اما نوسانات و افزایش عدم قطعیت

-
1. Harrod
 2. Domar
 3. Solow
 4. Swan
 5. Romer
 6. Lucas
 7. Baumeister and Peersman
 8. Mohaddes and Pesaran

باعث کاهش سرمایه‌گذاری و مانع توسعه اقتصادی می‌شود. علاوه بر این موارد، از ابتدای قرن بیست و یکم، نوسانات قیمت نفت، مقررات زیست‌محیطی، سیاست‌های نفتی متغیر و بحران مالی جهانی^۱ موجب افزایش عدم قطعیت شده‌اند. این عدم قطعیت‌ها مسیر انتقال شوک‌های نفتی به اقتصاد کلان را تعیین کرده و می‌توانند منجر به تعویق سرمایه‌گذاری‌ها و کاهش مصرف شوند. در این شرایط، شاخص عدم قطعیت سیاست اقتصادی^۲ به معیاری کلیدی برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران تبدیل می‌شود و شوک‌های نفتی ممکن است به رکود اقتصادی منجر شوند (الدر و سرلیتس^۳، ۲۰۱۶). لذا، این مطالعه در پی یافتن پاسخ برای فرضیه‌های زیر است:

۱. تأثیر عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی بر رشد اقتصادی در عراق، نامتقارن است.

۲. تأثیر عدم قطعیت قیمت جهانی نفت بر رشد اقتصادی در عراق، نامتقارن است. در راستای پاسخ به این فرضیه‌ها، این تحقیق به بررسی تأثیر عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی و عدم قطعیت قیمت نفت بر رشد اقتصادی در یک اقتصاد نفتی، با مطالعه موردی کشور عراق، می‌پردازد. ساختار تحقیق در پنج بخش تنظیم شده است که به ترتیب شامل؛ مبانی نظری، پیشینه پژوهش، روش‌شناسی پژوهش، یافته‌ها و تحلیل نتایج، و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات است.

۲. پیشینه پژوهش

حسن و همکاران^۴ (۲۰۲۴)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تأثیر شوک منفی نفت بر بودجه کشورهای رانته نفت» به صورت تحلیلی به این نتیجه دست یافته‌اند که شوک منفی نفت می‌تواند آثار فاجعه‌باری بر بودجه، اقتصاد و ثبات اجتماعی و سیاسی کشورهای رانته نفتی داشته باشد. بنابراین این کشورها باید با تنوع‌بخشی به منابع درآمد و تقویت سایر بخش‌ها، ثبات مالی و اقتصادی خود را در برابر چالش‌های نفتی حفظ کنند.

اوگبوآبور و همکاران^۵ (۲۰۲۳)، در مقاله‌ای با عنوان «تقارن یا عدم تقارن رشد اقتصادی در واکنش به عدم اطمینان جهانی در کشورهای صادرکننده نفت آفریقا» تأثیر

1. Economic Policy Uncertainty

2. Economic Policy Uncertainty(EPU)

3. Elder and Serletis

4. Hassan et al.

5. Ogbuabor et al.

نااطمینانی اقتصادی جهانی بر پنج کشور صادرکننده نفت (الجزایر، آنگولا، مصر، لیبی و نیجریه) طی دوره فصلی ۱۹۹۷ تا ۲۰۲۱ با روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی بررسی شد. نتایج نشان داد افزایش نااطمینانی جهانی رشد اقتصادی را در این کشورها محدود می‌کند، در حالی که کاهش آن تنها در کوتاه‌مدت رشد اقتصادی نیجریه، آنگولا و لیبی را بهبود می‌بخشد. به‌طور کلی، واکنش رشد اقتصادی به نااطمینانی جهانی، نامتقارن و عمدتاً کوتاه‌مدت است.

یانگ و همکاران^۱ (۲۰۲۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تأثیر نامتقارن قیمت نفت و شوک‌های تفکیک شده بر عدم قطعیت سیاست اقتصادی: شواهدی از چین با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی چند آستانه‌ای» تأثیر نامتقارن قیمت نفت و شوک‌های آن بر عدم قطعیت سیاست اقتصادی در چین بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثرات بلندمدت چشمگیرترند و عدم قطعیت سیاست تجاری بیشترین واکنش را نشان داده است.

نصیر و الخصونه^۲ (۲۰۲۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تغییرات در قیمت نفت و عدم قطعیت سیاست اقتصادی و بازده سهام جی هفت^۳: شواهدی از تحلیل رگرسیون چندک نامتقارن با استفاده از داده‌های ماهانه در دوره ۲۰۲۱-۱۹۸۵» مشخص گردید که تغییرات قیمت نفت و عدم قطعیت سیاست اقتصادی اثرات نامتقارن و معناداری بر بازده سهام جی هفت داشته و نیز عدم قطعیت سیاست اقتصادی اثری منفی و قیمت نفت اثری مثبت داشته است. البته شدت این اثرات بسته به شرایط بازار متفاوت است.

ایمر و لوستا^۴ (۲۰۲۲)، در مقاله‌ای تحت عنوان «تأثیر اثرات نامتقارن شوک‌های نفتی بر عدم قطعیت سیاست اقتصادی» با استفاده از رویکرد تأخیر توزیع شده غیرخطی خودرگرسیون است. نتایج آزمون کرانه‌ها نشان می‌دهد که بین عدم قطعیت اقتصادی و قیمت نفت خام رابطه تعادلی بلندمدت وجود دارد. همچنین شوک مثبت در کوتاه مدت و شوک منفی در بلندمدت قیمت نفت اثر نامتقارن بر عدم قطعیت سیاست اقتصادی را نشان داده است.

1. Yang et al.

2. Nusair and Al-Khasawneh

3. G7

4. Aimer and Lusta

رسولی الممار^۱ (۲۰۲۱)، در مقاله‌ای تحت عنوان تنوع اقتصادی و نقش آن در کاهش اثرات نوسانات قیمت جهانی نفت بر بودجه عمومی عراق در طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۴ با بررسی گزارش‌های داخلی و بین‌المللی به این نتیجه رسیده است که تنوع اقتصادی و فعال‌سازی درآمدهای غیرنفتی از طریق توسعه بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات و مشارکت بخش خصوصی در کنار بخش دولتی، می‌تواند اثرات نوسانات قیمت جهانی نفت بر بودجه عمومی عراق را کاهش دهد.

سید و همکاران^۲ (۲۰۲۱)، در مقاله‌ای تأثیر تغییر قیمت نفت بر رشد اقتصادی عراق در دوره (۲۰۱۷-۲۰۰۵)، این مطالعه نشان می‌دهد که رابطه مثبت و مستقیم بین میانگین قیمت نفت عراق و درآمد ملی، سرانه درآمد و تولید ناخالص داخلی وجود دارد. همچنین فعال‌سازی سیاست مالی از طریق تقویت مکانیسم‌های مالیاتی و گمرکی به غنی‌سازی بودجه و دستیابی به اهداف اقتصادی عراق کمک می‌کند.

الجابری و زیغایر^۳ (۲۰۲۰)، در مقاله‌ای تأثیر نوسانات قیمت نفت خام بر واکنش سیاست مالی عراق با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی در طی سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۰، به این نتایج دست یافته‌اند که بین نوسانات بازار جهانی و سیاست مالی عراق رابطه مثبت، غیر خطی و بلندمدت وجود دارد. افزایش یک درصد قیمت نفت خام، هزینه‌های عمومی را ۰/۶۵ درصد افزایش و کاهش آن را ۰/۶۳ درصد کاهش می‌دهد. همچنین تغییر یک درصد در درآمدهای دولتی، هزینه‌های عمومی را ۰/۹۴ درصد تغییر می‌دهد.

کمالی دهکردی و همکاران (۲۰۲۰)، در مقاله‌ای تحت عنوان تأثیر کووید ۱۹، قیمت نفت و عدم قطعیت سیاست‌گذاری در ایران با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی، داده‌های روزانه ۱۹ فوریه ۲۰۲۰ تا ۲۰ نوامبر ۲۰۲۰ فرضیه‌های تحقیق بررسی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تأثیر کووید-۱۹ و فوتی‌های جدید در ایران با عدم قطعیت سیاست‌گذاری در بلندمدت ارتباط مثبت و معناداری دارد. همچنین قیمت نفت، به صورت شوک‌های مثبت و منفی، رابطه نامتقارن با عدم قطعیت سیاست‌گذاری در بلندمدت دارد.

1. Rasooli Al-mamar

2. Syed et al.

3. al jabri and zighaier

۳. روش

این پژوهش از نوع همبستگی علی و مبتنی بر تحلیل داده‌های سری زمانی است و هدف آن، ارائه الگویی در سطح اقتصاد کلان با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی عراق می‌باشد. داده‌ها به صورت کتابخانه‌ای و اسنادی از منابعی مانند بانک جهانی، بانک فدرال رزرو سنت لوئیس و وبسایت شاخص نااطمینانی سیاست اقتصادی، در بازه زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ برای کشور عراق جمع‌آوری شده است. به دلیل دسترسی سالانه به داده‌ها، برای جلوگیری از مشکل کفایت درجه آزادی، تمامی داده‌ها با روش چاو و لین^۱ و با استفاده از نرم‌افزار ایویوز به داده‌های ماهانه تبدیل شده‌اند. در ادامه با پیروی از مطالعات گرین‌وود - نیمو و شین^۲ (۲۰۱۳) و اوگبوآبور و همکاران^۳ (۲۰۲۳)، الگو با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی برآورد شده است.

این پژوهش بر پایه نظریه رشد نئوکلاسیک بنا شده است. در این نظریه، رشد اقتصادی متأثر از بهره‌وری نیروی کار (ناشی از انباشت سرمایه انسانی مانند مهارت‌ها و دانش)، انباشت سرمایه فیزیکی و تغییرات فنی است که از به‌کارگیری روش‌های نوین و کارآمدتر تولید حاصل می‌شود (سولو، ۱۹۵۶ و سوان، ۱۹۵۶). بنابراین تابع تولید کل ممکن است به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Y = Af(K, L) \quad (1)$$

که در آن: Y ؛ تولید، K ؛ سرمایه، L ؛ نیروی کار، و A ؛ سطح تکنولوژی است. براساس مطالعات تومبز و ایجو^۴ (۲۰۱۵) و اوگبوآبور و همکاران^۵ (۲۰۱۹)، تابع تولید را به صورت ثابت به مقیاس به شکل کاب داگلاس می‌شود، که در رابطه (۲)، بیان شده است:

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha} \quad (2)$$

حال، رشد تولید سالانه اقتصادی با توجه به رابطه (۲) از رابطه (۳)، به شرح زیر است:

$$Y = \alpha + \alpha k + (1 - \alpha)l \quad (3)$$

-
1. Chow and Lin
 2. Greenwood-Nimmo and Shin
 3. Ogbuabor et al.
 4. Tumwebaze and Ijjo
 5. Ogbuabor et al.

که در آن: α, y, k و l به ترتیب نشان‌دهنده نرخ رشد A, Y, K و L می‌باشد. با فرض بازدهی غیر کاهشی سرمایه فیزیکی و انسانی، معادله (۳) امکان پیش‌بینی اثرات بلندمدت ناشی از عدم قطعیت در سیاست‌های اقتصادی و قیمت نفت را فراهم می‌کند. به منظور آزمون فرضیه‌ها و بررسی واکنش نامتقارن رشد اقتصادی عراق نسبت به این عدم قطعیت‌ها، رابطه‌ای هم‌انباشته و نامتقارن در قالب معادله (۴) ارائه می‌شود:

$$GDP_t = \gamma + \theta^{+'} EPU_t^+ + \theta^{-'} EPU_t^- + \mu^{+'} OPU_t^+ + \mu^{-'} OPU_t^- + \phi K_t + \delta L_t + \vartheta Trade_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

به‌طوری‌که عدم قطعیت قیمت نفت و عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی به ترتیب در روابط (۵) و (۶) تجزیه می‌شوند.

$$EPU_t = EPU_0 + EPU_t^+ + EPU_t^- \quad (5)$$

$$OPU_t = OPU_0 + OPU_t^+ + OPU_t^- \quad (6)$$

در اینجا تغییرات عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی به بخش‌های جزئی مثبت و منفی تجزیه شده $EPU_t^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta EPU_j, 0)$ ، $EPU_t^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta EPU_j, 0)$ و EPU_0 ، مقدار آستانه اولیه است که صفر فرض می‌شود. تغییرات عدم قطعیت قیمت نفت به بخش‌های جزئی مثبت و منفی تجزیه شده $OPU_t^- = \sum_{j=1}^t \min(\Delta OPU_j, 0)$ ، $OPU_t^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta OPU_j, 0)$ و OPU_0 ، مقدار آستانه اولیه است که صفر فرض می‌شود. حال با توجه به روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی برای رابطه (۴)، به صورت رابطه (۷) تبدیل می‌شود:

$$GDP_t = \gamma + \sum_{j=1}^p \alpha_j GDP_{t-j} + \sum_{j=0}^q (\theta_j^{+'} EPU_{t-j}^+ + \theta_j^{-'} EPU_{t-j}^-) + \sum_{j=0}^q (\mu_j^{+'} OPU_{t-j}^+ + \mu_j^{-'} OPU_{t-j}^-) + \sum_{j=0}^q (\phi_j K_{t-j} + \delta_j L_{t-j} + \vartheta_j Trade_{t-j}) + \varepsilon_t \quad (7)$$

در رابطه (۷) α_j ، پارامتر اتورگرسیون است، پارامترهای $\theta_j^{+'}$ و $\theta_j^{-'}$ ، تأخیر توزیع نامتقارن که به ارزیابی عدم تقارن‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت کمک می‌نماید. براساس مطالعه گرین‌وود - نیمو و شین (۲۰۱۳) و اوگبوآبور و همکاران (۲۰۲۳)، الگوی نهایی تخمین

رابطه (۸) است. ضریب ρ سرعت تعدیل است. پارامترهای نامتقارن بلندمدت $\beta^+ = -\frac{\theta^+}{\rho}$ و $\beta^- = -\frac{\theta^-}{\rho}$ عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی و $\omega^+ = -\frac{\mu^+}{\rho}$ و $\omega^- = -\frac{\mu^-}{\rho}$ پارامترهای نامتقارن بلندمدت عدم قطعیت قیمت نفت است. $\sum_{j=1}^{q-1} \theta_j^+$ و $\sum_{j=1}^{q-1} \theta_j^-$ پارامترهای کوتاه‌مدت عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی و $\sum_{j=1}^{q-1} \mu_j^+$ و $\sum_{j=1}^{q-1} \mu_j^-$ پارامترهای کوتاه‌مدت عدم قطعیت قیمت نفت است.

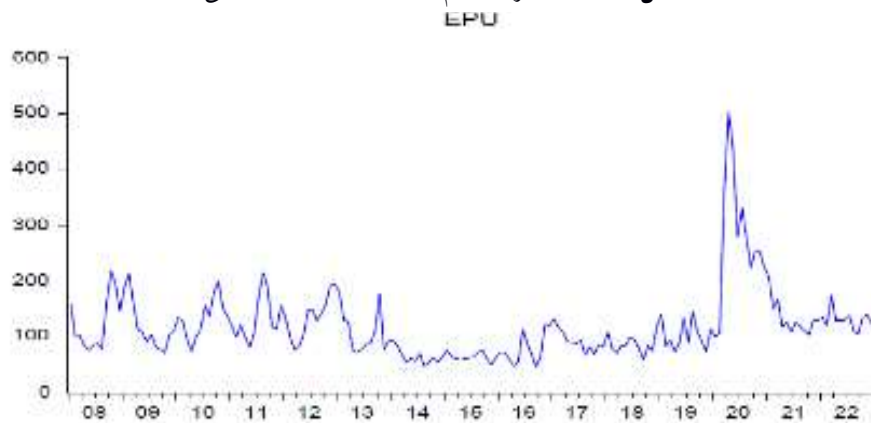
$$\begin{aligned} \Delta GDP_t = & \gamma + \rho \Delta GDP_{t-1} + \theta^{+'} EPU_{t-1}^+ + \theta^{-'} EPU_{t-1}^- + \mu^{+'} OPU_{t-1}^+ + \mu^{-'} OPU_{t-1}^- + \phi K_{t-1} + \delta L_{t-1} + \vartheta Trade_{t-1} + \\ & \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_j \Delta GDP_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} (\theta_j^{+'} \Delta EPU_{t-j}^+ + \theta_j^{-'} \Delta EPU_{t-j}^-) + \\ & \sum_{j=0}^{q-1} (\mu_j^{+'} \Delta OPU_{t-j}^+ + \mu_j^{-'} \Delta OPU_{t-j}^-) + \\ & \sum_{j=1}^{q-1} (\phi_j \Delta K_{t-j} + \delta_j \Delta L_{t-j} + \vartheta_j \Delta Trade_{t-j}) + \epsilon_t \end{aligned} \quad (۸)$$

به ترتیب ضرایب فزاینده کوتاه‌مدت افزایشی برای $\sum_{j=1}^{q-1} \theta_j$ ، $\sum_{j=1}^{q-1} \delta_j$ و $\sum_{j=1}^{q-1} \phi_j$ ، لگاریتم سرمایه، نیروی کار و تجارت است. Δk : لگاریتم سرمایه ثابت ناخالص، ΔL : لگاریتم جمعیت فعال ۱۵ تا ۶۴ سال، $\Delta Trade$: لگاریتم درصد تجارت از تولید ناخالص داخلی و ΔGDP_t : لگاریتم تولید ناخالص داخلی به‌عنوان شاخص رشد اقتصادی کشور عراق است.

۴. یافته‌ها

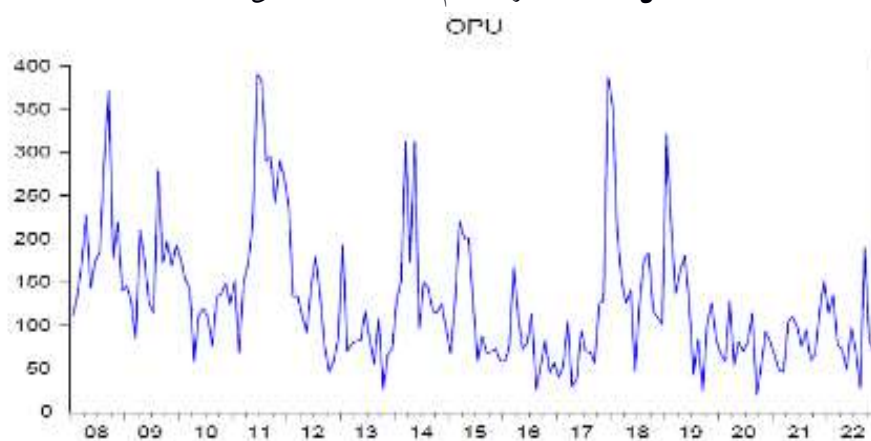
در شکل (۱) روند تغییرات عدم قطعیت سیاست‌های جهانی نمایش داده شده است. این شاخص از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ نوسانات زیادی را تجربه کرد و در سال ۲۰۲۰ به بالاترین مقدار خود رسید، سپس تا پایان ۲۰۲۲ کاهش یافت. در شکل (۲) روند تغییرات عدم قطعیت قیمت جهانی نفت از ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ بررسی شده است. این شاخص در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۱، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸ در بالاترین سطح قرار داشت، در حالی که در سایر سال‌ها بین ۲۰۰ و مقادیر پایین‌تر نوسان داشت.

شکل ۱. روند تغییرات عدم قطعیت سیاست‌های جهانی



منبع: داده‌های وبسایت نااطمینانی سیاست اقتصادی

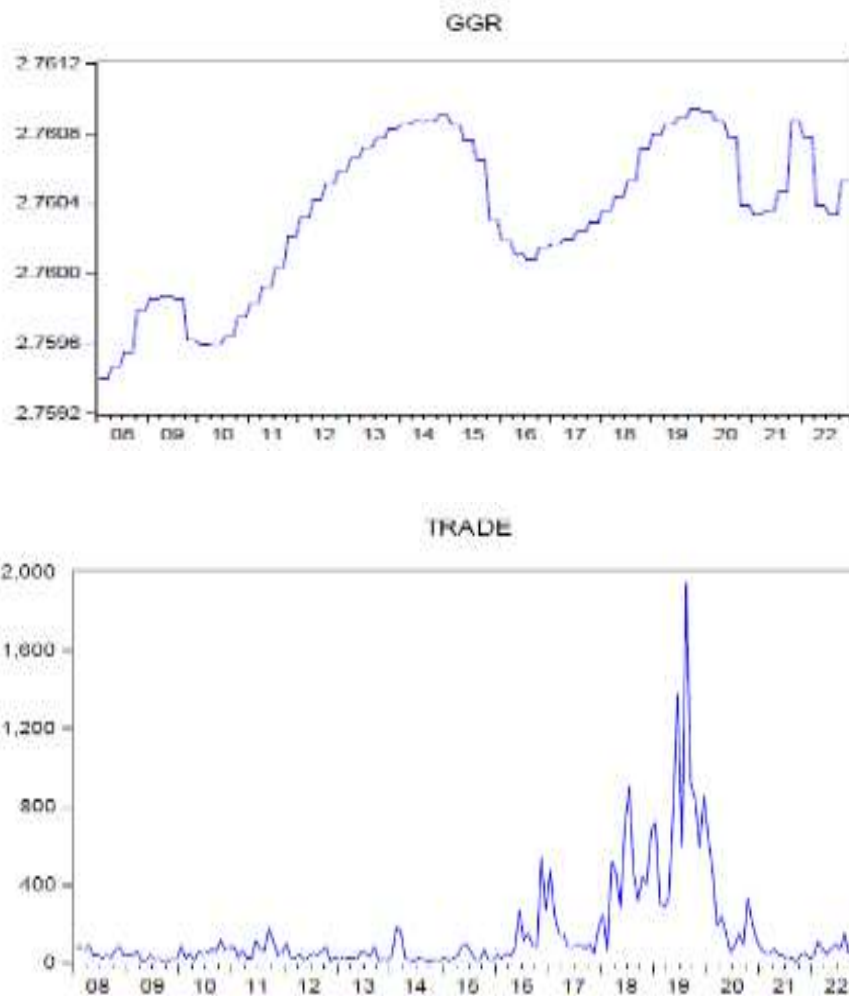
شکل ۲. روند تغییرات عدم قطعیت قیمت جهانی نفت



منبع: داده‌های وبسایت بانک فدرال رزرو سنت لوئیس

در شکل (۳)، نمودار اول، روند رشد اقتصادی عراق بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ نوسانات قابل توجهی داشت. رشد اقتصادی در دوره‌هایی مانند پایان ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹، ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴، ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ و نیمه دوم ۲۰۲۱ به اوج خود رسید در حالی که در سایر دوره‌ها به کمترین میزان خود کاهش یافت و در نمودار دوم شکل (۳) روند تغییرات رشد اقتصادی عراق نشان می‌دهد که درصد تجارت از تولید ناخالص داخلی از ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۶ نوسانات ملایمی داشت، اما از ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹ افزایش یافت و پس از آن، از ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۲ کاهش پیدا کرد.

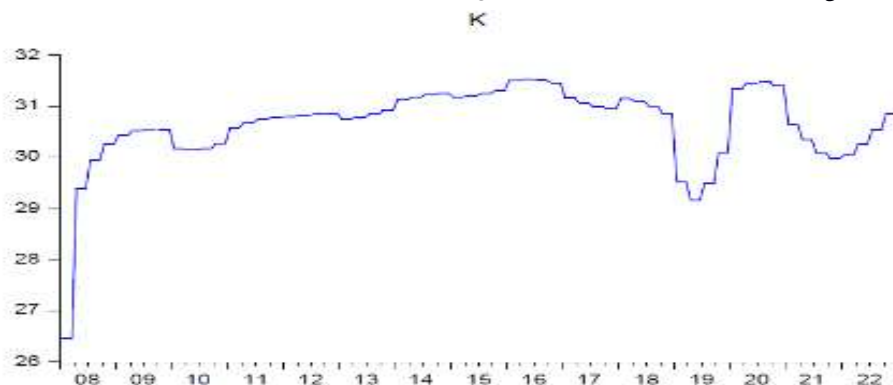
شکل ۳. روند تغییرات رشد اقتصادی و درصد تجارت از تولید ناخالص داخلی کشور عراق



منبع: داده‌های بانک جهانی

در نمودار اول شکل (۴) روند تغییرات سرمایه ثابت ناخالص عراق بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ نوسانات ملایمی داشت، به جز ابتدای ۲۰۰۸، نیمه دوم ۲۰۱۸ تا نیمه ۲۰۱۹ و نیمه دوم ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱ که تغییرات بیشتری مشاهده شد و در نمودار دوم شکل (۴) روند تغییرات جمعیت فعال ۱۵ تا ۶۴ سال عراق از ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ به‌طور پیوسته و صعودی رشد کرده است.

شکل ۴. روند تغییرات سرمایه ثابت ناخالص و جمعیت فعال ۱۵ تا ۶۴ سال در کشور عراق



منبع: داده‌های بانک جهانی

در ادامه، ابتدا آمار توصیفی و سپس آمار استنباطی بیان شده است.

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرها

متغیر	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
GR_t	۲/۷۶۰۳	۲/۷۶۰۳	۲/۷۵۹	۰/۰۰۴	-۰/۴۵	۲/۰۹
EPU_t	۱۱۸/۶۲۶	۵۰۳/۰۱۲	۴۶/۳۹۴	۶۴/۳۵۸	۲/۶۷	۱۳/۳۸
OPU_t	۱۲۸/۶۴۴	۳۹۰/۴۳	۱۹/۸۶۱	۷۶/۱۲۹	۱/۳۸	۴/۹۴
K_t	۳۰/۶۷۱	۳۱/۵۲۴	۲۶/۴۵۶	۰/۷۲۰	-۲/۴۸	۱۴/۳۰
L_t	۵۶/۸۴۲	۵۸/۸۵۹	۵۵/۲۰۶	۱/۰۷۸	۰/۳۴	۱/۹۹
$Trade_t$	۱۵۳/۳۳۵	۱۹۴۶/۶۸۳	۷/۶۷۳	۲۵۲/۰۵۵	۳/۶۲	۲۰/۱۱

منبع: یافته‌های تحقیق

برای جلوگیری از رگرسیون کاذب، لازم است که آزمون مانایی انجام شود. براساس نتایج آزمون مانایی در جدول ۲، متغیرهای نیروی کار فعال و سرمایه ثابت ناخالص در سطح مانا نیستند. بنابراین مدل تخمین با استفاده از روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی براساس مبانی تئوریک تخمین زده می‌شود.

جدول ۲. نتایج آزمون مانایی متغیرها

متغیر	آماره	سطح معنی‌داری	نتایج تست آزمون ریشه واحد
GR_t	-۴/۷۵۱	۰/۰۰۰۱	I(1)
EPU_t	-۴/۶۲۴	۰/۰۰۰۲	I(0)
OPU_t	-۶/۲۹۴	۰/۰۰۰۰	I(0)
K_t	-۹/۲۹۹	۰/۰۰۰۰	I(1)
L_t	-۳/۲۷۸	۰/۰۴۱	I(1)
$Trade_t$	-۳/۰۶۵	۰/۰۳۱	I(0)

منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه برای اینکه نتایج تخمین مدل برای تفسیر فرضیه‌های تحقیق قابل استناد باشد، لازم است، آزمون‌های تشخیصی بررسی شود که در جدول ۳ و در شکل (۵) منعکس شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون‌های تشخیصی مدل پژوهش

آزمون	آماره آزمون	احتمال	نتیجه در سطح معنی‌داری ۵ درصد
خودهمبستگی	۰/۱۹۱	۰/۷۵۲	عدم وجود خودهمبستگی
ناهمسانی	۰/۱۶۱	۰/۸۸۲	عدم وجود ناهمسانی
نرمالیت (آزمون جاک-برا)	۰/۷۶	۰/۶۸	نرمال بودن توزیع پسماندهای مدل
خطای تصریح	۱/۴۸	۰/۱۴	عدم وجود خطای تصریح

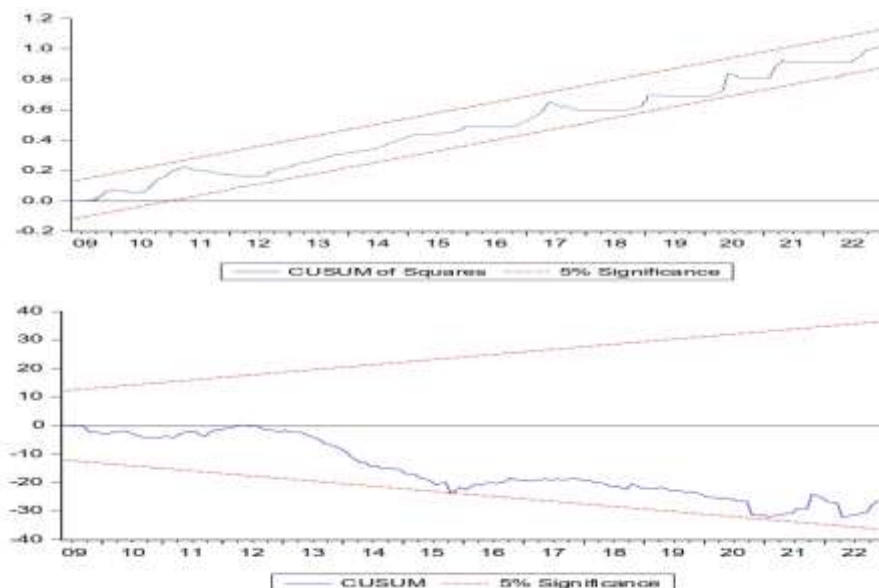
منبع: یافته‌های تحقیق

جهت بررسی ثبات ساختاری الگوی برآوردشده در کشور عراق، از آزمون مجموع پسماندهای برگشتی^۱ و مجموع مجذور پسماندهای برگشتی^۲ استفاده شده است. در شکل (۵)، آزمون ثبات ساختاری نشان داده شده است. با توجه به اینکه نمودارهای مجموع پسماندهای برگشتی در میانه ناحیه بحرانی ۵ درصد قرار گرفته، که این معرف رابطه بلندمدت مدل پایدار مورد تأیید است.

1. CUSUM

2. CUSUM of Squares

شکل ۵. نتیجه آزمون شکست ساختاری



منبع: یافته‌های تحقیق

جهت بررسی اعتبار، ضرایب بلندمدت از آزمون کران^۱، که توسط پسران و همکاران (۲۰۱۱)، استفاده می‌شود. در جدول ۴، مقدار آماره F و مقادیر بحرانی آن در سطوح مختلف معنی‌داری آن بیان شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون کران‌ها برای وجود یک رابطه هم‌جمع‌بستگی در بلندمدت

الگو با توجه به شاخص‌های عدم اطمینانی کل (ARDL)			
آماره F	مقادیر	حد پایین	حد بالا
۶/۶۳	در سطح ۱۰ درصد	۲/۰۸	۳
	در سطح ۵ درصد	۲/۳۹	۳/۳۸
	در سطح ۲/۵ درصد	۲/۷	۳/۷۳
	در سطح ۱ درصد	۳/۰۶	۴/۱۵
الگو با توجه به اثرات نامتقارن شاخص‌های عدم اطمینانی (NARDL)			
۱۰/۳۴	در سطح ۱۰ درصد	۱/۹۲	۲/۸۹
	در سطح ۵ درصد	۲/۱۷	۳/۲۱
	در سطح ۲/۵ درصد	۲/۴۳	۳/۵۱
	در سطح ۱ درصد	۲/۷۳	۳/۹

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Bound Test

با توجه به نتایج آزمون کران، در سطوح معنی‌داری ۱۰ درصد، ۵ درصد، ۲/۵ درصد و ۱ درصد، فرضیه «عدم وجود رابطه بلندمدت» رد می‌شود، این معرف وجود رابطه هم‌جمع‌بستگی و معتبر بودن ضرایب بلندمدت را نشان می‌دهد.

جدول ۵. نتایج برآورد کوتاه‌مدت مدل تحقیق

الگو با توجه به شاخص‌های عدم اطمینانی کل (ARDL(4,0,2,0,0,0))				
احتمال	آماره t	انحراف معیار	ضریب متغیر	نمادها
۰/۰۰۰	۱۳/۸۲۴	۰/۰۶۹	۰/۹۶۸	GR(-1)
۰/۹۵۲	-۰/۰۶۱	۰/۰۹۵	-۰/۰۰۶	GR(-2)
۰/۰۰۰	۴/۵۶۳	۰/۰۹۶	۰/۴۳۸	GR(-3)
۰/۰۰۰	-۶/۰۵۹	۰/۰۷۲	-۰/۴۳۵	GR(-4)
۰/۰۱۹	-۲/۰۷۹	$۲/۱۵ \times 10^{-۸}$	$-۴/۴۷ \times 10^{-۸}$	EPU
۰/۷۱۹	-۰/۳۶۵	$۹/۰۳ \times 10^{-۸}$	$-۳/۲۵ \times 10^{-۷}$	OPU
۰/۰۱۸	-۲/۳۸۰	$۱/۰۰ \times 10^{-۷}$	$۲/۳۸ \times 10^{-۷}$	OPU (-1)
۰/۰۴۳	-۲/۰۳۹	$۹/۰۴ \times 10^{-۸}$	$-۱/۸۴ \times 10^{-۷}$	OPU (-2)
۰/۷۰۲	-۰/۳۸۳	$۱/۰۸ \times 10^{-۵}$	$-۴/۱۳ \times 10^{-۶}$	K
۰/۴۷۱	۰/۷۲۳	$۶/۷۳ \times 10^{-۶}$	$-۴/۸۶ \times 10^{-۶}$	L
۰/۵۴۲	۰/۶۱۱	$۲/۳۱ \times 10^{-۸}$	$-۱/۴۱ \times 10^{-۸}$	TRADE
۰/۰۳۲	۲/۱۶۳	۰/۰۴۴	۰/۰۹۶	C
الگو با توجه به اثرات نامتقارن شاخص‌های عدم اطمینانی (NARDL(4,0,0,0,2,0,0,0))				
۰/۰۰۰	۱۳/۵۶۷	۰/۰۷۰	۰/۹۵۲	GR(-1)
۰/۹۰۴	-۰/۱۲۰	۰/۰۹۴	-۰/۰۱۱	GR(-2)
۰/۰۰۰	۴/۶۴۹	۰/۰۹۵	۰/۴۴۲	GR(-3)
۰/۰۰۰	-۶/۲۲۲	۰/۰۷۱	-۰/۴۴۴	GR(-4)
۰/۰۱۲	-۲/۹۸۵	$۲/۰۳ \times 10^{-۸}$	$-۶/۰۶ \times 10^{-۸}$	EPU-POS
۰/۳۸۱	-۰/۸۷۸	$۱/۰۴ \times 10^{-۷}$	$-۹/۱۱ \times 10^{-۸}$	EPU- NEG
۰/۲۵۱	۱/۱۵۱	$۷/۸۲ \times 10^{-۸}$	$۹/۰۰ \times 10^{-۸}$	OPU- POS
۰/۱۹۳	-۱/۳۰۸	$۱/۴۸ \times 10^{-۷}$	$-۱/۹۴ \times 10^{-۷}$	OPU-NEG
۰/۰۰۵	۲/۸۴۴	$۱/۷۹ \times 10^{-۷}$	$۵/۰۹ \times 10^{-۷}$	OPU-NEG(-1)
۰/۰۰۲	-۳/۵۹۳	$۱/۴۱ \times 10^{-۷}$	$-۳/۷۴ \times 10^{-۷}$	OPU-NEG(-2)
۰/۲۷۱	-۱/۱۰۵	$۱/۲۸ \times 10^{-۵}$	$-۱/۴۱ \times 10^{-۵}$	K
۰/۰۳	-۲/۹۹۰	$۳/۰۹ \times 10^{-۵}$	$-۹/۲۴ \times 10^{-۵}$	L
۰/۵۸۳	۰/۵۵۱	$۳/۲۳ \times 10^{-۸}$	$۱/۷۸ \times 10^{-۸}$	TRADE
۰/۰۰۳	۳/۰۱۴	۰/۰۵۸	۰/۱۷۶	C

منبع: یافته‌های تحقیق

تأثیر عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی و عدم ... | رووف کاظم جواد الرکابی و امامی مبینی | ۱۶۳

مطابق نتایج جدول (۵)، در مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی خطی، ضرایب وقفه‌های اول، سوم و چهارم رشد اقتصادی به ترتیب ۰/۹۶۷، ۰/۴۳۸ و ۰/۴۳۵- اثر منفی دارند. ضریب عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی برابر با ۸-۱۰×۴۷/۴- است که تأثیر منفی بر رشد اقتصادی دارد. همچنین وقفه‌های اول و دوم عدم قطعیت قیمت جهانی نفت به ترتیب ۷-۱۰×۳۸/۲ و ۷-۱۰×۸۴/۱- تأثیر منفی دارند.

در مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی، ضرایب مشابه برای وقفه‌های اول، سوم و چهارم رشد اقتصادی به ترتیب ۰/۹۵۲، ۰/۴۴۲ و ۰/۴۴۴- مشاهده می‌شود. ضریب افزایش عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی برابر با ۸-۱۰×۰۶/۶- است که اثر منفی بر رشد اقتصادی دارد. همچنین وقفه‌های اول و دوم کاهش عدم قطعیت قیمت جهانی نفت به ترتیب ۷-۱۰×۰۹/۵ و ۷-۱۰×۷۴/۳- اثر منفی دارند. ضریب جمعیت فعال نیروی کار نیز برابر با ۵-۱۰×۲۴/۹- است. در ادامه، با توجه به نتایج جدول (۴)، به لحاظ معناداری آزمون کرانه‌ها ضرایب محاسباتی مدل بلندمدت تحقیق در جدول (۶)، بیان شده است.

جدول ۶. نتایج اثرات بلندمدت الگو

الگو با توجه به شاخص‌های عدم اطمینانی کل (ARDL)				
نمادها	ضریب متغیر	انحراف معیار	آماره t	احتمال
EPU	-۱/۲۸۹	۰/۳۶۵	-۳/۵۳۲	۰/۰۱۷
OPU	-۰/۱۵۲	۰/۶۶۱	۰/۲۲۹	۰/۸۱۹
K	-۰/۱۱۹	۰/۳۳۵	-۰/۳۵۶	۰/۷۲۳
L	۰/۱۴۰	۰/۱۶۹	۰/۸۲۶	۰/۴۱۰
TRADE	۰/۰۵۶	۰/۰۸۹	۰/۶۲۴	۰/۵۳۳
C	۲/۷۵۶	۰/۰۱۵	۱۸۳/۳۶	۰/۰۰۰
الگو با توجه به اثرات نامتقارن شاخص‌های عدم اطمینانی (NARDL)				
EPU-NEG	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲	۳/۳۱۹	۰/۰۰۴۱
EPU-POS	-۱/۴۱۱	۰/۲۹۰	-۴/۸۶۷	۰/۰۰۰۶
OPU-NEG	۱/۰۷۹	۰/۳۰۵	۳/۵۴۴	۰/۰۰۴۲
OPU-POS	-۲/۵۳۸	۰/۷۸۱	-۳/۲۴۹	۰/۰۰۲۱
K	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۵۷	۰/۵۷۳۸
L	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۷	-۲/۳۷۷	۰/۰۱۸
TRADE	۴/۴۱×۱۰ ^{-۷}	۷/۱۲×۱۰ ^{-۷}	۰/۶۱۹	۰/۵۸۱۲
C	۲/۵۸۹	۰/۰۴۳	۶۶/۵۶	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

در نهایت باتوجه به نتایج تخمین بلندمدت و کوتاهمدت در دو جدول (۵) و (۶)، مشخص گردیده شده است، که؛ اثر منفی عدم قطعیت قیمت جهانی نفت در کوتاهمدت در وقفه اول سبب افزایش رشد اقتصادی و در وقفه دوم سبب کاهش رشد اقتصادی شده است و در بلندمدت در اثر منفی عدم قطعیت قیمت جهانی نفت رشد اقتصادی افزایش یافته و اثر مثبت عدم قطعیت قیمت جهانی صرفاً در بلندمدت سبب کاهش رشد اقتصادی عراق شده است. بنابراین نتایج اثر منفی عدم قطعیت قیمت جهانی نفت در وقفه دوم در کوتاهمدت نسبت به بلندمدت بر رشد اقتصادی کشور عراق به صورت نامتقارن اثر داشته است.

باید توجه داشت که اثر مثبت عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی در کوتاهمدت و بلندمدت سبب کاهش رشد اقتصادی در کشور عراق شده و نیز اثر منفی عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی صرفاً در بلندمدت سبب افزایش رشد اقتصادی در کشور عراق شده است. بنابراین؛ نتایج اثر مثبت عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی در بلندمدت و کوتاهمدت بر رشد اقتصادی کشور به صورت متقارن اثر داشته است.

۵. بحث و نتیجه گیری

هدف اصلی این تحقیق به بررسی و عدم قطعیت و بررسی تأثیر عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی و عدم قطعیت قیمت نفت بر رشد اقتصادی در یک اقتصاد نفتی در کشور عراق است که در بازه ماهانه ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۲ از روش اقتصادسنجی خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیر خطی بررسی شده است. اثر مثبت عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی در کوتاهمدت و بلندمدت سبب کاهش رشد اقتصادی در کشور عراق شده و نیز اثر منفی عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی صرفاً در بلندمدت سبب افزایش رشد اقتصادی در کشور عراق شده است. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که اثرات مثبت و منفی عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی به‌طور متقارن بر رشد اقتصادی عراق تأثیر گذاشته‌اند به این معنا که این تأثیرات در هر دو بازه زمانی مشابه بوده و روندی مشابه در کوتاهمدت و بلندمدت دارند و از نظر زمانی تفاوتی در شدت یا جهت اثرات ندارد و در هر دو زمان مشابه عمل کرده است.

نتایج فرضیه اول در بخش اثر منفی عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی با تحقیقات ایمر و لوستا (۲۰۲۰) و نصیر و الخصونه (۲۰۲۳) هم‌سو بوده و با تحقیق کمالی دهکردی و همکاران (۲۰۲۰) هم‌سو نیست. همچنین براساس نتایج برآورد بلندمدت و کوتاه‌مدت مدل تحقیق، اثر منفی عدم قطعیت قیمت جهانی نفتدر کوتاه‌مدت در وقفه اول سبب افزایش رشد اقتصادی و در وقفه دوم سبب کاهش رشد اقتصادی شده است و در بلندمدت در اثر منفی عدم قطعیت قیمت جهانی نفت رشد اقتصادی افزایش یافته و اثر مثبت عدم قطعیت قیمت جهانی صرفاً در بلندمدت سبب کاهش رشد اقتصادی عراق شده است. بنابراین نتایج اثر منفی عدم قطعیت قیمت جهانی نفت در وقفه دوم در کوتاه‌مدت نسبت به بلندمدت بر رشد اقتصادی کشور عراق به صورت نامتقارن اثر داشته است. بنابراین عدم قطعیت قیمت نفت تأثیرات متفاوتی در زمان‌های مختلف دارد.

در کوتاه‌مدت، اثر منفی عدم قطعیت قیمت نفت در دوره‌های زمانی اول موجب افزایش رشد اقتصادی می‌شود اما در دوره دوم، این اثر منفی منجر به کاهش رشد اقتصادی می‌گردد. در بلندمدت، اثر منفی عدم قطعیت قیمت نفت باعث افزایش رشد اقتصادی می‌شود در حالی که اثر مثبت این عدم قطعیت تنها در بلندمدت موجب کاهش رشد اقتصادی عراق می‌گردد. در نتیجه، این اثرات نشان‌دهنده این است که تأثیرات منفی و مثبت این عدم قطعیت بر رشد اقتصادی عراق به صورت نامتقارن (یعنی با شدت‌های متفاوت) در کوتاه‌مدت و بلندمدت نمایان می‌شود. به عبارت دیگر، تأثیرات در زمان‌های مختلف و به‌ویژه در کوتاه‌مدت نسبت به بلندمدت کاملاً متفاوت است. براساس این نتایج فرضیه دوم در بخش اثر منفی عدم قطعیت قیمت جهانی تأیید می‌گردد. نتایج این فرضیه با تحقیقات حسن (۲۰۲۴)، اوگبو آبور و همکاران (۲۰۲۳) و طاه‌ها (۲۰۲۱) هم‌سو است و با توجه به نتایج فوق دارای برخی پیامدهای سیاستی است.

بر این مبنا پیشنهادهای زیر قابل ارئه‌اند:

- برای محافظت کشور عراق به‌عنوان صادرکننده نفتی در برابر اثرات نامطلوب عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی و عدم قطعیت قیمت جهانی نفت، نیاز به اصلاحات سیاستی وجود دارد. در این راستا، اصلاحات سیاستی عمدتاً باید تنوع بخشی این اقتصادها را هدف قرار دهد تا وابستگی آن‌ها به نفت را کاهش دهد و آن‌ها را در برابر عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی مصون نگه دارد. تلاش‌های متنوع‌سازی باید گسترش مقاصد

صادراتی نفت خام و فرآورده‌های نفتی پالایش شده در این اقتصاد، تعمیق سرمایه‌گذاری در بخش پایین‌دستی نفت آن، و کاوش در بخش‌های دیگر مانند تولید، کشاورزی و گردشگری را هدف قرار گرفته شود.

- سیاست‌گذاران باید تلاش‌های آگاهانه‌ای را برای پایدار نگه داشتن، محیط سیاست‌گذاری انجام دهند، زیرا ناسازگاری‌های سیاستی می‌تواند، اثرات نامطلوبی بر رشد اقتصادی داشته باشد

- در دوره‌های بحران‌های اقتصادی، که معمولاً منجر به افزایش عدم قطعیت سیاست اقتصادی جهانی می‌شود، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور عراق باید اقداماتی را برای محافظت از اقتصاد خود انجام دهند. ابزارهای سیاستی که تضمین می‌کنند فعالیت‌های اقتصادی در طول چنین دوره‌هایی از بحران متوقف نمی‌شوند، می‌توانند به کار گرفته شوند، در حالی که تناقضات سیاستی در چنین دوره‌هایی باید به حداقل ممکن برسد.

- سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور عراق باید تلاش‌های آگاهانه‌ای را برای افزایش توسعه سرمایه انسانی و انباشت سرمایه به منظور پیشبرد رشد اقتصادی پایدار انجام دهند. علاوه بر این، موانع تجارت در این اقتصادها باید برطرف شود، تا با محیط ثابت و پایدار حجم تجارت برای کمک به رشد اقتصادی افزایش یابد.

- در نهایت کشور عراق به عنوان یک صادرکننده نفتی مهم در امر سیاست‌گذاری در مقابله با عدم قطعیت سیاست اقتصادی و عدم قطعیت قیمت جهانی نفت انعطاف‌پذیر بوده تا بتواند در محیط عدم قطعیت شرکای تجاری را حفظ و تولید ناخالص داخلی را رشد دهد، تا رشد اقتصادی مستمر در عراق حفظ شود.

۶. تعارض منافع

نویسندگان نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

۷. سپاسگزاری

از نظرات داوران ناشناس که به بهبود کیفیت مقاله کمک کردند، سپاسگزاریم.

ORCID

Ali Rauf Kazem Jwad Al-Rikabi



<https://orcid.org/0009-0004-6051-6073>

Maryam Emamimibody



<https://orcid.org/0000-0001-6210-8007>

۸. منابع

کمالی دهکردی، پروانه؛ عبدالحی، فرشته و غیشاوی، عبدالحق. (۱۳۹۹). کووید ۱۹، قیمت نفت و عدم قطعیت سیاست‌گذاری در ایران. *فصلنامه اقتصاد باثبات*، ۱(۱)، ۱۰۷-۱۳۰.
<https://doi.org/10.22111/sedj.2021.37415.1110>

References

- Aghion, P., Angeletos, G.-M., Banerjee, A., & Manova, K. (2010). Volatility and growth: Credit constraints and the composition of investment. *Journal of Monetary Economics*, 57(3), 246-265.
<https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2009.10.002>
- Aimer, N., & Lusta, A. (2022). Asymmetric effects of oil shocks on economic policy uncertainty. *Energy*, 241(1), e122712.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122712>
- Al-Jabri, Q. A. F., & Zighaier, A. N. (2020). The effect of crude oil price volatility on the Iraqi fiscal policy response (1990-2017). *Journal of Petroleum Research & Studies*, 28, A1-A16.
<https://www.iraqoj.net/iasj/article/189351>
- Angner, E., & Loewenstein, F. (2012). Behavioral economics. In U. Mäki (Ed.), *Handbook of the philosophy of science: Philosophy of economics*. 641-689. <https://ssrn.com/abstract=957148>
- Arellano, C., Bai, Y., & Kehoe, P. (2010). *Financial Markets and Fluctuations in Uncertainty*. Research Department Staff Report, Federal Reserve Bank of Minneapolis.
<https://users.nber.org/~confer/2011/EFGf11/arellano.pdf>
- Baker, S. R., Bloom, N. (2013). Does Uncertainty Drive Business Cycles? Using Disasters as Natural Experiments. National Bureau of Economic Research, Inc. NBER Working Paper No. 19475. Available at: <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/19475.html>
- Baker, S.R., Bloom, N., Canes-Wrone, B., Davis, S.J., Rodden, J. (2014). Why Has Us Policy Uncertainty Risen Since 1960? *American Economic Review*, 104(5), 56-60. <https://doi.org/10.1257/aer.104.5.56>
- Bianchi, F., Ilut, C. L., & Schneider, M. (2018). The effects of uncertainty shocks on asset pricing over the business cycle. *The Review of Economic Studies*, 85(2), 810-854. <https://doi.org/10.1093/restud/rdx035>
- Bloom, N. (2014). Fluctuations in uncertainty. *Journal of Economic Perspectives*, 28(2), 153-176. <https://doi.org/10.1257/jep.28.2.153>
- Davidson, L. (1999). Uncertainty in Economics. In: Davidson, L. (eds) *Uncertainty, International Money, Employment and Theory*. Palgrave Macmillan, London. https://doi.org/10.1007/978-1-349-14991-9_2
- Domar, E. D. (1946). Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment. *Econometrica*, 14(2), 137-147. <https://doi.org/10.2307/1905364>

- Dow, S. (2012). Different approaches to the financial crisis. *Economic Thought*, 1, 80-93. <http://hdl.handle.net/1893/15927>
- Elder J, Serletis A. (2016). Oil price uncertainty. *J Money, Credit Bank* .42(6). 1137e59. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2010.00323.x>
- Fajgelbaum, P. D., Schaal, E., & Taschereau-Dumouchel, M. (2017). Uncertainty traps. *The Quarterly Journal of Economics*, 132(4), 1641-1692. <https://doi.org/10.1093/qje/qjx022>
- Ferrari-Filho, F., & Conceição, O. A. C. (2005). The concept of uncertainty in post-Keynesian theory and in institutional economics: A possible reconciliation. *Journal of Economic Issues*, 39(3), 579-594. <https://doi.org/10.1080/00213624.2005.11506835>
- Gilchrist, S., Sim, J. and Zakrajsek, E. (2014). Uncertainty, financial frictions, and investment dynamics. NBER Working Paper No: 20038. <https://doi.org/10.3386/w20038>
- Greenwood-Nimmo, M., & Shin, Y. (2013). Taxation and the asymmetric adjustment of selected retail energy prices in the UK. *Economics Letters*, 121(3), 411–416. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.09.020>
- Haddow, A., Hare, C., Hooley, J. and Shakir, T., (2013). Macroeconomic Uncertainty: What is it, how can We Measure It and Why Does it Matter? *Quarterly Bulletin*, 53(2), pp. 100-109. <https://ssrn.com/abstract=2281090>
- Harrod, R. F. (1939). An Essay in Dynamic Theory. *The Economic Journal*, 49(193), 14-33. <https://doi.org/10.2307/2225181>.
- Hassan, Q., Algburi, S., Sameen, A. Z., Al-Musawi, T. J., Al-Jiboory, A. K., Salman, H. M., Ali, B. M., & Jaszczur, M. (2024). A comprehensive review of international renewable energy growth. *Energy & Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2023.12.002>.
- Kamali Dehkordi, P., Abdollahi, F., & Ghabishavi, A. (2020). COVID-19, oil price, and policy uncertainty in Iran. *Journal of Stable Economics*, 1(1), 107-130. <https://doi.org/10.22111/SEDJ.2021.37415.1110>. [In Persian]
- Keynes, J.M. (1926). The End of Laissez-Fair. *The Economic Journal*, 36(143), 434-441. <https://doi.org/10.2307/2959792>
- Kisten, T. (2020). Macroeconomic implications of uncertainty in South Africa. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 23(1), 1-15. <https://doi.org/10.4102/sajems.v23i1.3416>.
- Lucas, R.E. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7).
- Malthus, T.R. (1820). Principles of Political Economy. In Sraffa, P., ed., *The Works and Correspondence of David Ricardo*. Indianapolis: Liberty Fund, 2005, 11.

- Mohaddes, K., & Pesaran, M. H. (2013). The empirical analysis of the relationship between oil prices and output: A structural VAR approach. *Energy Economics*, 39, 3-13.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.04.008>.
- Nusair, S. A. & Al-Khasawneh, J. A. (2023). Changes in oil price and economic policy uncertainty and the G7 stock returns: evidence from asymmetric quantile regression analysis. *Economic Change and Restructuring*, 56(1), 1849-1893.
<https://doi.org/10.1007/s10644-023-09494-9>.
- Ogbuabor, J. E., Anthony-Orji, O.I., Ogbonna, O.E., Orji, A. (2019a). Regional Integration and Growth: New Empirical Evidence from WAEMU. *Progress in Development Studies*, 19(2), 123-143.
<https://doi.org/10.1177/1464993418822883>.
- Ogbuabor, J. E., Ogbonna, O. E., Anthony-Orji, O. I., Ekeocha, D. O., & Ojonta, O. I. (2023). Symmetric or asymmetric: How is economic growth responding to global economic uncertainty in Africa's oil exporters? *Prague Economic Papers*, 32(4), 446-472.
<https://doi.org/10.18267/j.pep.836>.
- Rasooli Al-mamar, M. M. (2021). Economic diversification and its role in mitigating the effects of fluctuations in global oil prices on the public budget In Iraq for the period 2004-2020. *Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences*, 17(56, 1), 560-573.
<https://doi.org/10.25130/tjaes.17.56.1.31>.
- Ricardo, D. (1951). *The Works and Correspondence of David Ricardo*. Sraffa, P., ed. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 978-0865979765. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000796363649280>.
- Ricardo, D. (1817). On the principles of political economy and taxation. In P. Sraffa (Ed.), *The works and correspondence of David Ricardo* (Vol. 1, pp. xx-xx). Cambridge University Press.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1986007>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. New York: Modern Library, 1937. ISBN: 978-0-86597-006-9.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
<https://doi.org/10.2307/1884513>
- Swan, T. W. (1956). Economic Growth and Capital Accumulation. *The Economic Record*, 32(2), 334-361.
<https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x>

- Syed, A. M., Taha, T. Y., Tabata, T., Chen, I. P., Ciling, A., Khalid, M. M., Sreekumar, B., Chen, P.-Y., Hayashi, J. M., Soczek, K. M., Ott, M., & Doudna, J. A. (2023). Rapid assessment of SARS-CoV-2-evolved variants using virus-like particles. *Nature Communications*, 14(1), Article 5703. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41110-4>
- Tiganas, C. G., Voda, A. I., Filipeanu, D., & Luca, F. A. (2014). The link between institutions and sustainable development: A case study for Romania. In *The proceedings of the International Conference Communication, Context, Interdisciplinarity 3*, 92-100. <https://hdl.handle.net/10419/198418>.
- Tumwebaze, H. K., Ijjo, A. T. (2015). Regional Economic Integration and Economic growth in the COMESA region, 1980-2010. *African Development Review*, 27(1), 67-77. <https://doi.org/10.1111/1467-8268.12123>
- Valletta, R. G. (2014). Recent extensions of U.S. unemployment benefits: Search responses in alternative labor market states. *IZA Journal of Labor Policy*, 3, Article 18. <https://doi.org/10.1186/s40173-014-0018-1>
- Yang, Y., Guo, J., & He, R. (2023). The asymmetric impact of the oil price and disaggregate shocks on economic policy uncertainty: Evidence from China. *SAGE Open*, April-June, 1-17. <https://doi.org/10.1177/21582440231179636>
- Ziarat, R. H. & Jundi, M. H. (2018). Fluctuations of global crude oil prices and their effect on inflation and economic growth in Iraq “A standard study for the period 1988-2015. *Journal of Economics and Administrative Sciences*, 24(105), 430. <https://doi.org/10.33095/jeas.v24i105.57>

استناد به این مقاله: رووف کاظم جواد الرکابی، علی؛ امامی میبدی، مریم. (۱۴۰۴). تأثیر عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی و عدم قطعیت قیمت نفت بر رشد اقتصادی در یک اقتصاد نفتی: مطالعه موردی کشور عراق، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵۵ (۱۴)، ۱۷۰-۱۴۳.



Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Determining Factors Affecting Carbon Dioxide Emitted by the Non-Metallic Mineral Products Industry

Samaneh Talei Ardakani 

Ph.D. Student in Economics, Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran.

Seyed Nezamuddin Makiyan 

Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran.

Zahra Nasrollahi 

Professor of Economics, Department of Economics, Faculty of Economics, Management and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran.

Abstract

The industrial sector, especially energy-intensive industries, is considered one of the most important polluting sectors. Given that the industrial sector itself includes several production sub-sectors and the pollution caused by them is different, first the amount of carbon dioxide emissions at the level of all two-digit ASIC codes during the years 2004-2022 has been estimated. Then, the industry that emitted the highest amount of carbon dioxide (the industry producing non-metallic mineral products) was considered as a polluting industry, and the factors affecting the carbon dioxide emissions of that industry were identified. The results of the present study, using Residual Bootstrap regression estimation during the period under study, show that the amount of carbon dioxide emissions emitted by the non-metallic mineral industry is a positive function of the amount of energy carrier consumed, physical capital intensity, and human capital intensity, and a negative function of the intensity of human resource skills, industry capital expenditures, and research & development expenditures..

Introduction

In recent decades, environmental pollution, especially air pollution, has become one of the most important concerns of international societies and has affected the health of living organisms and natural ecosystems. The industrial sector, especially the energy-intensive industries, has played a significant role in causing pollution, especially air pollution, due to the high use of fossil fuels. The energy sector, despite playing an essential role in the process of economic development, also causes the

* Corresponding Author: nmakiyan@yazd.ac.ir

How to Cite: Talei Ardakani, S., Makiyan, S N., Nasrollahi, Z. (2025). Determining Factors Affecting Carbon Dioxide Emitted by the Non-Metallic Mineral Products Industry. Iranian Energy Economics, 55 (14), 171-198.

release of various environmental pollutants. Due to the importance and special position of the industrial sector in developing countries including Iran, energy consumption in the industrial sector has increased.

Considering that the industry sector itself includes several production sub-sectors and the pollution caused by them is different, first, the amount of carbon dioxide emissions at the level of all the two-digit ISIC¹ codes during the years 2004-2022 was estimated. Then, the industry that emits the highest amount of carbon dioxide is considered as a polluting industry, and the factors affecting the air pollution of that industry will be identified.

Methods and Material

Considering that each of these 24 industries consumes six types of energy carriers in the studied 18-year period, the amount of carbon dioxide emissions of each of these six types of energy carriers should be calculated first. Calculation of the total carbon dioxide emissions is necessary to obtain the total amount of carbon dioxide emissions for each of these 24 industries in the studied time period. Due to the fact that the information about the carbon dioxide emission coefficient of each energy carrier by industry type is not available, it is necessary to estimate the carbon dioxide emission coefficient of each energy carrier in the industry sector on an annual basis, and then the obtained numbers are considered as carbon dioxide emission coefficients for all the industries of ISIC codes of two digits. To calculate the carbon dioxide emission coefficient in the entire industry sector for each type of energy carrier, the amount of carbon dioxide emission of that type of energy carrier in the entire industry sector should be divided by the amount of consumption of that type of energy carrier in the entire industry sector. Since the consumption amount of each energy carrier in the industry sector has different units, first of all, it is necessary to multiply the amount of each energy carrier consumed by the thermal value² coefficient of that energy carrier to obtain the same unit called BTU³ for all

Different energy carriers are obtained and by adding them, the total amount of energy consumed is obtained in terms of BTU units. To calculate the amount of carbon dioxide emissions released by each industry with a two-digit ISIC code each year, it is necessary to calculate the amount of energy consumed in terms of BTU units for each of the energy carriers in the amount of carbon dioxide emissions from the production of one million BTU of energy, multiplied by each of the energy carriers in the corresponding year and then calculating the total carbon dioxide emitted by each industry in each year. According to the calculations of the authors, the production industry of non-metallic mineral products has been found to be the most polluting industry during the study period. In order to estimate the relationship between industrial activities and pollution emission, Cole, Elliot and Shimamoto

-
1. The International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) is *the international reference classification of productive activities*.
 2. The thermal value of a fuel is the amount of heat released when a unit mass of fuel is completely burned.
 3. A BTU is the amount of heat required to raise the temperature of one pound of water by one degree Fahrenheit.

(2004) model has been used with some adjustments. Due to the limitation of statistical data in the industry sector in Iran, the time period of the current research is considered from 2004 to 2022¹. Because the mentioned time period is short, the Residual Bootstrap method was used to estimate the regression.

Results and Discussion

The industry of producing non-metallic mineral products accounted for an average of 30.72% of the total pollution caused by the industry during the period under review. Carbon dioxide emissions have been calculated for all industries at the two-digit ISIC code level during the years 2004-2022. Since, based on the calculations of the research, the production industry of non-metallic mineral products has been found to be the most polluting industry. The present study has determined the factors affecting the air pollution caused by the production industry of non-metallic mineral products. The results of this research using Residual Bootstrap regression estimation during the years 2004-2022 show that the amount of carbon dioxide emitted by the industry of producing non-metallic mineral products is a positive function of the amount of energy used, physical capital intensity and human capital intensity and is a negative function of human skill intensity, industry capital costs and research and development costs.

Conclusion

As the amount of carbon dioxide emitted by the industry of producing non-metallic mineral products is a positive function of the amount of energy used, physical capital intensity and human capital intensity and it is a negative function of human skill intensity, industry capital costs and research and development costs, it is beneficial to help reduce carbon dioxide emissions in the industry of producing non-metallic mineral products through the application of policies to optimize energy consumption, improving technology, upgrade the human skills and increase research and development expenses.

Keywords: Non-Metallic Mineral Products Industry, Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption, Residual Bootstrap

JEL Classification: Q30 , Q40 , Q53 , L61

1. The year 2022 is the last year of existence of data.



تعیین عوامل مؤثر بر دی اکسید کربن منتشر شده توسط صنعت تولید فرآورده های کانی غیر فلزی^۱

دانا شجوی دکتری رشته علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

سمانه طالعی اردکانی 

استاد گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

سید نظام الدین مکیان* 

استاد گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

زهرا نصرالهی 

چکیده

بخش صنعت و به خصوص صنایع انرژی بر یکی از مهم ترین بخش های تولید آلودگی محسوب می شوند. با توجه به اینکه بخش صنعت خود چندین زیربخش تولیدی را شامل می شود و آلودگی ایجاد شده توسط آنها متفاوت است ابتدا میزان انتشار دی اکسید کربن در سطح تمام کدهای آیسیک دو رقمی طی سال های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ برآورد شده است. سپس صنعتی که بیشترین میزان دی اکسید کربن را منتشر کرده (صنعت تولید فرآورده های کانی غیر فلزی) به عنوان صنعت آلودگی زا در نظر گرفته شده و به شناخت عوامل مؤثر بر انتشار دی اکسید کربن آن صنعت، پرداخته شده است. نتایج پژوهش حاضر با استفاده از تخمین رگرسیون از طریق بوت استرپ روی باقی مانده های مدل طی دوره مورد بررسی نشان می دهد میزان انتشار دی اکسید کربن منتشره توسط صنعت کانی غیر فلزی تابعی مثبت از مقدار حامل انرژی مصرف شده، شدت سرمایه فیزیکی و شدت سرمایه انسانی و تابعی منفی از شدت مهارت نیروی انسانی، هزینه های سرمایه ای صنعت و مخارج تحقیق و توسعه می باشد.

کلیدواژه ها: صنعت کانی غیر فلزی، انتشار دی اکسید کربن، مصرف انرژی، بوت استرپ کردن باقی مانده ها

طبقه بندی JEL: Q30 , Q40 , Q53 , L61

۱. مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول است.

* نویسنده مسئول: nmakiyan@yazd.ac.ir

۱. مقدمه

در چند دهه اخیر، آلودگی زیست‌محیطی به‌خصوص آلودگی هوا به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های مجامع بین‌المللی تبدیل شده و سلامتی موجودات زنده و اکوسیستم‌های طبیعی را تحت تأثیر قرار داده است. آلودگی زیست‌محیطی در ایران، طی سال‌های اخیر افزایش یافته به‌طوری‌که جمع میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به‌عنوان مهم‌ترین آلاینده هوا، در بخش‌های مختلف (صنعت، خانگی، تجاری و عمومی، حمل‌ونقل، کشاورزی، پالایشگاهی و نیروگاهی) از ۳۸۱۹۳۸ هزار تن در سال ۱۳۸۴ به ۷۲۵۸۲۷ هزار تن در سال ۱۴۰۰ رسیده است (دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، ۱۴۰۲).

سلامت محیط‌زیست یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های فعلی مردم و مسئولین در دنیاست و همه مدیران و تصمیم‌گیران معتقدند باید این ثروت ملی را نه تنها برای نسل حاضر بلکه برای نسل‌های آینده محافظت کرد. در چند دهه گذشته با افزایش تقاضا برای کالاهای صنعتی، بالا رفتن انگیزه سودخواهی در بین انسان‌ها و به وجود آمدن رقابت شدید بین تولیدکنندگان، محیط زیست آسیب جدی و شدیدی متحمل شده تا جایی که میزان آلودگی و خسارات ناشی از آن بزرگ‌ترین دغدغه مدیران و مسئولان در دنیا شده است. بخش صنعت و به‌خصوص صنایع انرژی‌بر به دلیل استفاده زیاد از سوخت‌های فسیلی^۱ نقش به‌سزایی در ایجاد آلودگی به‌خصوص آلودگی هوا داشته است. بخش انرژی، علی‌رغم ایفای نقش اساسی در فرآیند توسعه اقتصادی، موجب نشر آلاینده‌های مختلف زیست‌محیطی نیز می‌شود. در کشورهای در حال توسعه، آلودگی هوا در نتیجه فعالیت‌های صنعتی ظاهر شده است (قرآنی و همکاران، ۲۰۱۶).

با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه بخش صنعت در کشورهای در حال توسعه ازجمله ایران، مصرف انرژی در بخش صنعت افزایش یافته است. به‌طوری‌که کل مصرف انرژی در بخش صنعت از ۱۶۴/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۳ به ۴۴۴ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۴۰۰ رسیده است (ترازنامه انرژی سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۴۰۰) و به تبع آن میزان مواد آلاینده حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی نیز رشد کرده است. به‌عنوان مثال، میزان گاز دی‌اکسیدکربن منتشر شده در بخش صنعت که ناشی از مصرف

۱. لازم به ذکر است که براساس آمارهای بین‌المللی، سرانه مصرف نهایی انرژی در ایران در بخش صنعت ۱/۶ برابر متوسط جهانی است. (ترازنامه انرژی سال ۱۴۰۰).

سوخت‌های فسیلی است، از ۵۸۸۳۸ هزار تن در سال ۱۳۸۴ به ۱۳۶۳۸۷ هزار تن در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است (دفتر برنامه‌ریزی و کلان‌برق و انرژی، ۱۴۰۲).

انتشار آلاینده‌ها به‌عنوان یک کالای عمومی منفی در دنیا علاوه بر ضرر و زیان اقتصادی منجر به اتلاف منابع انسانی، کاهش امید به زندگی و افزایش بیماری شده است. در سال ۱۴۰۰ سرانه انتشار دی‌اکسیدکربن به میزان ۸/۶ تن در سال به ازای هر نفر به دست آمده است (ترازنامه انرژی، ۱۴۰۰). لذا، آثار و پیامدهای انواع آلودگی‌ها به ویژه آلودگی هوا و کاهش کیفیت محیط زیست باید مورد بررسی قرار گیرد. در جدول ۱ به سهم صنعت در انتشار دی‌اکسیدکربن از مصرف انرژی طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۴۰۰ اشاره شده است.

جدول ۱. سهم صنعت در انتشار دی‌اکسیدکربن از مصرف حامل‌های انرژی طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۴۰۰

سال	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
درصد	۱۴/۵	۱۵/۴	۱۴/۸	۱۶/۱۳	۱۶/۴	۱۵/۸	۱۶/۶	۱۶/۷	۱۶/۹۹
سال	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
درصد	۱۵/۹۱	۱۶/۶۷	۱۶/۱۷	۱۶/۸۵	۱۷/۱۸	۱۷/۹۵	۱۷/۲۷	۱۹/۱۴	۱۸/۸

منبع: ترازنامه انرژی، سال‌های ۱۳۸۳-۱۴۰۰

با توجه به اینکه بخش صنعت خود چندین زیربخش تولیدی را شامل می‌شود و آلودگی ایجادشده توسط آن‌ها متفاوت است، ابتدا میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح تمام کدهای آیسیک^۱ دو رقیمی طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۴۰۰ برآورد شده است. سپس صنعتی که بیشترین میزان دی‌اکسیدکربن را منتشر کرده^۲ به‌عنوان صنعت آلوده‌زا در نظر گرفته شده و به شناخت عوامل مؤثر بر انتشار آلودگی هوای آن صنعت، پرداخته خواهد شد. شناسایی صنعت آلوده‌زا می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار مقامات کشوری از قبیل سازمان محیط زیست، وزارت نیرو، وزارت صنایع و معادن و سازمان امور مالیاتی قرار دهد. این اطلاعات شامل شناسایی صنعتی که بیشترین آلودگی هوا را ایجاد می‌کند، مهم‌ترین عامل اثرگذار بر آلودگی هوای ایجادشده و ... در صنعت مربوطه خواهد بود.

۱. ISIC نوعی طبقه‌بندی بین‌المللی استاندارد فعالیت‌های صنعتی است و مخفف International Standard Industrial Classification می‌باشد.

۲. در دوره مورد بررسی براساس محاسبات نویسندگان، در بخش صنعت، صنعت کانی غیر فلزی بیشترین سهم در انتشار دی‌اکسیدکربن داشته است.

در مقاله حاضر ابتدا به نحوه محاسبه ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن هریک از حامل‌های انرژی مصرف‌شده در بخش صنعت در هر سال اشاره شده سپس نحوه محاسبه مقدار انرژی مصرفی هر حامل انرژی در صنایع کد آیسیک دو رقم پرداخته و در نهایت نحوه محاسبه دی‌اکسیدکربن منتشرشده توسط هر صنعت کد آیسیک دو رقم با توجه به مقدار حامل انرژی مصرفی توضیح داده شده است. پس از تعیین دی‌اکسیدکربن منتشرشده توسط تمام صنایع کد آیسیک دو رقم طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۳ صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به‌عنوان آلوده‌زاترین صنعت تعیین شد. سپس به منظور برآورد رابطه میان انتشار آلودگی و فعالیت‌های صنعتی از مدل کول، الیوت و شیماموتو^۱ (۲۰۰۴) با تعدیلاتی استفاده گردید. بعد از تخمین مدل رگرسیونی و برآورد پارامترهای مدل، بوت استرپ روی باقی‌مانده‌های مدل انجام شده است.

نوآوری مقاله حاضر در این است که در سایر مقالات داخلی کار شده در حوزه محیط زیست و صنعت، به‌طور تخصصی بر روی صنعت خاصی تمرکز نشده و موضوع به‌طور کلی در بخش صنعت و آلودگی ایجاد شده توسط بخش صنعت مورد بررسی قرار گرفته است اما در مقاله حاضر موضوع به‌طور خاص بر صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیر فلزی به‌عنوان آلوده‌زاترین صنعت تمرکز کرده است. همچنین در معدود مطالعات کار شده در حوزه آلودگی صنایع، از داده‌های دی‌اکسیدکربن منتشرشده توسط کل بخش صنعت که توسط ترازنامه انرژی به صورت سالیانه گزارش می‌شود به‌عنوان شاخص آلودگی هوا استفاده شده اما در مقاله حاضر ابتدا دی‌اکسیدکربن منتشر شده به تفکیک صنایع کد آیسیک دو رقم طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۳ توسط نویسندگان مقاله محاسبه شده و سپس به‌طور خاص تمرکز بر صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به‌عنوان آلوده‌زاترین صنعت شده است. ساختار مقاله بدین صورت تنظیم شده است که در ادامه ابتدا مبانی نظری مقاله آورده شده سپس، پیشینه و روش‌شناسی پژوهش و در نهایت، به بحث و نتیجه‌گیری پرداخته است.

۲. مبانی نظری

شهرنشینی و صنعتی شدن موجب شده جمعیت زیادی در مناطق کوچک کنار یکدیگر متمرکز شوند و اینجاست که توسعه پایدار موضوعیت پیدا می‌کند. محیط زیست و منابع طبیعی تأمین‌کننده بسیاری از نهاده‌های تولید هستند، بنابراین حفاظت از آن‌ها لازمه توسعه

1. Cole, Elliott & Shimamoto

پایدار است. توسعه پایدار بخش انرژی، در بهبود شرایط اقتصادی و زیست محیطی نقش به سزایی دارد، به گونه ای که توجه به این امر موجب کاهش آسیب های زیست محیطی ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای خواهد شد (لیانگ و همکاران^۱، ۲۰۲۰). در طول سال های گذشته، صنعت در بهبود و توسعه استانداردهای زندگی بشر، نقش اساسی داشته است. تأمین مسکن، تغذیه، جابه جایی و حمل و نقل، آموزش و پرورش، تحقیق و خدمات پزشکی همگی به فرآورده های صنعتی وابسته اند.

در بررسی اقتصاد ایران، از یک طرف باید توجه داشت که ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه و برخوردار از منابع غنی انرژی یکی از مصادیق الگوی رشد مبتنی بر منابع طبیعی محسوب می شود و با توجه به آنکه سهم عمده ای از بخش انرژی را احتراق سوخت های فسیلی تشکیل داده، مصرف این سوخت ها با انتشار گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا همراه شده است. با وجود تلاش های انجام شده در زمینه کنترل انتشار دی اکسید کربن، هنوز کشور ایران در این زمینه در وضعیت مطلوبی قرار ندارد (دهقان و نصراللهی، ۱۴۰۱). بنابراین در برنامه ریزی توسعه، دو عنصر توسعه صنعتی و پایداری زیست محیطی از عناصر اساسی بوده و به منظور برخورداری از توسعه ای بادوام، باید توسعه صنعتی بر مفهوم پایداری زیست محیطی استوار گردد. در واقع، در سطح ملی، این تنها رشد اقتصادی نیست که باید مورد نظر قرار بگیرد بلکه چگونگی این رشد نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. به تجربه ثابت شده است که می توان با حفظ قابلیت های محیط زیست به حرکت اقتصادی شتاب داد. به این الگوی خاص از توسعه، توسعه پایدار گفته می شود که پایه و اساس پیشرفت اجتماعی و مسیر توسعه صنعت در آینده است.

طی سال های اخیر، آگاهی بسیاری در مورد اهمیت جنبه های محیط زیست و توسعه پایدار در میان جوامع مختلف پدید آمده است. به طوری که اکثر کشورها اهداف کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدتی را در این زمینه برای خود تعیین نموده و خود را متعهد به دستیابی به این اهداف جدید کرده اند. رشد تولیدات جهانی به همراه آگاهی بیشتر از وسعت آثار فعالیت اقتصادی بر محیط زیست، این نگرانی را به وجود می آورد که سطوح فعلی تولید نمی تواند بدون آسیب رساندن به محیط زیست حفظ شود. بنابراین لازم است تا روش هایی برای حفاظت از محیط زیست، محدود کردن یا جبران خسارت زیست محیطی

1. Liang et al.

معرفی شود. اعمال یک سیاست جهانی محیط زیست هم باید مسئولیت پذیری کل جهان را دربر بگیرد و هم، همه کشورها و آحاد مردم احساس تکلیف و وظیفه کنند. بنابراین به لحاظ توسعه فعالیت های تولیدی و تکنولوژی، شناخت وضعیت کنونی ضروری است و لازم است تعیین شود که هریک از زیربخش های اقتصاد، به چه میزان آلودگی ایجاد می کنند تا سیاست گذاری های لازم برای کنترل وضعیت موجود صورت پذیرد. در این میان، بخش صنعت به عنوان یکی از زیربخش های اصلی اقتصاد، یکی از پرمصرف ترین بخش های انرژی کشور است که موجب انتشار آلاینده های زیست محیطی در هوا می شود. بخش صنعت خود از زیربخش هایی تشکیل شده که طبق طبقه بندی آیسیک آن ها را در ۲۴ طبقه جای می دهند. با توجه به مطالعات تجربی که انجام یافته، بخش صنعت ایران سهم به سزایی در انتشار آلاینده ها در میان بخش های مصرف انرژی کشور را دارد و منجر به آلوده شدن محیط زیست شده است. یکی از این آثار مخرب فعالیت های صنعتی بر محیط زیست، افزایش انتشار گاز دی اکسید کربن است که با توسعه افسار گسیخته بخش صنعت، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، منجر به مصرف بیشتر انرژی در این بخش شده است. طبق اطلاعات منتشره از دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی و محاسبه نویسندگان، سهم دی اکسید کربن از میان گازهای آلاینده منتشر شده ناشی از مصرف حامل های انرژی در بخش صنعت در سال ۱۴۰۰، برابر با ۹۹/۷ درصد بوده است. همین روال در سایر سال های دوره زمانی مورد مطالعه نیز تکرار شده است. لذا در پژوهش حاضر از گاز دی اکسید کربن به عنوان شاخص آلودگی هوا در بخش صنعت استفاده شده است. جدول ۲. میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه ای^۱ ناشی از کل مصرف انرژی در بخش صنعت در سال ۱۴۰۰ بر حسب تن

N_2O	CH_4	CO_2	PMs	CO	SO_3	SO_2	NO_x
۳۳۴	۲۷۳۶	۱۳۶۳۸۷۰۶۸	۲۲۵۶۳	۲۴۱۹۰	۱۸۶۰	۱۳۱۲۲۰	۲۲۲۱۱۳

منبع: ترازنامه انرژی سال ۱۴۰۰

صنعتی شدن شتابان، سبب افزایش روزافزون منابع و انرژی می شود (ون و هاو، ۲۰۲۰).^۲ افزایش مصرف انرژی در بخش صنعت، سبب افزایش انتشار گاز دی اکسید کربن در هوا

۱. اسم آلاینده ها از راست به چپ: اکسیدهای نیتروژن، دی اکسید گوگرد، تری اکسید گوگرد، مونو اکسید کربن، ذرات معلق، دی اکسید کربن، متان و نیتروز اکسید می باشد.

2. Wen & Hao

می‌شود. لذا بررسی آثار زیست‌محیطی بخش صنعت به دلیل آنکه می‌تواند در بهبود استانداردهای زندگی نقش عمده‌ای داشته باشد، مهم است. صنایع تولیدی ایران براساس فعالیت‌های اقتصادی و برحسب طبقه‌بندی بین‌المللی فعالیت‌های صنعتی (آیسیک) به ۲۴ گروه صنعتی تقسیم‌بندی شده است^۱ که هر کدام از ۲۴ صنعت کد دو رقمی بسته به نوع ساختار تولیدی خود و نوع تجهیزات کارخانه‌ای تعدادی از آن‌ها را مورد بهره‌برداری قرار می‌دهند. براساس اطلاعات منتشرشده از سوی مرکز آمار ایران، نهاده انرژی فسیلی در کشور به هشت زیرشاخه تقسیم می‌شود که شامل: گاز طبیعی، نفت کوره، گازویل، بنزین، نفت سفید، گاز مایع، زغال سنگ و زغال چوب است. مصرف حامل‌های انرژی زغال سنگ و زغال چوب از اهمیت کمتری برخوردار هستند و مقدار مصرف این دو در اکثر فعالیت‌ها صفر بوده^۲ و عمده مصرف حامل انرژی کشور در بخش صنعت، مربوط به شش نوع مذکور است. لذا، در پژوهش حاضر از گاز طبیعی، نفت کوره، گازویل، بنزین، نفت سفید و گاز مایع به‌عنوان حامل انرژی در بخش صنعت استفاده شده است.

پژوهش حاضر به دنبال یافتن پاسخ سؤالات زیر است:

- کدام صنعت در سطح کدهای دو رقمی آیسیک، بیشترین میزان آلودگی هوا ایجاد می‌کند؟
- عوامل مؤثر بر آلودگی هوای ایجادشده توسط صنعت آلوده‌زا چیست؟

۳. پیشینه پژوهش

در این قسمت به مرور مطالعات خارجی و داخلی صورت گرفته در زمینه آلودگی صنعتی پرداخته شده است. کول و همکاران^۳ (۲۰۰۴)، در مطالعه‌ای رابطه میان فعالیت صنعتی، قوانین زیست‌محیطی و آلودگی هوا را در صنایع تولیدی انگلستان مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه رابطه میان فعالیت‌های صنعتی و آلودگی هوا در قالب مدل زیر مطرح شده است: متغیر وابسته، انتشار آلودگی به ازای هر واحد ارزش افزوده است و متغیر مستقل شامل: مصرف حامل‌های انرژی به ازای هر واحد ارزش افزوده، شدت سرمایه فیزیکی، سهمی از

۱. براساس آخرین بازنگری توسط مرکز آمار ایران در سال ۱۴۰۳.

۲. در اکثر سال‌های دوره زمانی مورد بررسی مقاله، اطلاعات آماری مربوط به مقدار مصرف زغال سنگ و زغال چوب در بخش صنعت به تفکیک کدهای ISIC دو رقم، به دلیل ناچیز بودن منتشر نشده است.

3. Cole et al

ارزش افزوده که به کارگران ماهر پرداخت شده است، متغیر اندازه که با ارزش افزوده هر بنگاه در صنعت تعریف شده است، هزینه‌های سرمایه‌ای یک صنعت که به‌عنوان سهمی از ارزش افزوده بیان شده و تحت این فرض که هرچه این مخارج در صنعتی بزرگ‌تر باشد احتمالاً تجهیزات و ماشین‌آلات صنعت جدیدتر خواهد بود عمل می‌کند، مخارج تحقیق و توسعه بر مبنای ارزش افزوده به‌عنوان معیاری برای نوآوری در یک صنعت در نظر گرفته شده است. نتایج این بررسی که به کمک داده‌های پانلی برای دوره ۱۹۹۸-۱۹۹۰ انجام گرفته، نشان می‌دهد که شدت آلودگی، تابعی مثبت از مصرف انرژی، شدت سرمایه فیزیکی و شدت سرمایه انسانی است. همچنین رابطه‌ای منفی بین حجم آلودگی و اندازه متوسط بنگاه در یک صنعت، بهره‌وری یک صنعت، هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌های تحقیق و توسعه وجود دارد.

هامیت و هاگار^۱ (۲۰۱۱)، به بررسی رابطه بلندمدت و همچنین رابطه علی میان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی و رشد اقتصادی برای بخش صنعت کانادا در دوره ۱۹۹۰-۲۰۰۷ پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که مصرف انرژی اثر مثبت و معنی‌داری روی انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. همچنین پژوهش آن‌ها فرضیه منحنی کوزنتس را برای بخش صنعت کانادا مورد تأیید قرار می‌دهد. نتایج آزمون علیت حاکی از رابطه علی یک‌طرفه از مصرف انرژی به انتشار گازهای گلخانه‌ای است.

رحمان و کاشم^۲ (۲۰۱۷)، به بررسی رابطه میان انتشار دی‌اکسیدکربن، مصرف انرژی و رشد بخش صنعت در بنگلادش طی دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۷۲ با استفاده از مدل ARDL و آزمون علیت گرنجر پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که مصرف انرژی و رشد بخش صنعت اثر مثبت و معنی‌داری روی انتشار دی‌اکسیدکربن هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت دارد.

آیدو و همکاران^۳ (۲۰۲۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان اینکه آیا صنعتی شدن باعث انتشار دی‌اکسیدکربن از طریق مصرف انرژی می‌شود؟ با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۲۰۲۰-۱۹۸۵ برای کشورهای اپک به روش پانل به این نتیجه دست یافتند که صنعتی شدن و مصرف انرژی اثر مثبت و معنی‌داری بر انتشار دی‌اکسیدکربن در کوتاه‌مدت دارد.

1. Hamit & Haggar

2. Rahman & Kashem

3. Idowu et al

بهبودی و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از روش علیت گرنجر به بررسی وجود یا فقدان رابطه علی بین دی‌اکسیدکربن، ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی پرداختند. نتایج نشان داد که مصرف انرژی با انتشار دی‌اکسیدکربن و ارزش افزوده بخش صنعت رابطه علی دارد به‌طوری‌که افزایش مصرف انرژی در سال‌های مورد بررسی سبب افزایش دی‌اکسیدکربن شده است. همچنین افزایش مصرف انرژی سبب افزایش ارزش افزوده بخش صنعت و اشتغال نیز شده است.

بنی‌اسدی و زارع مهرجردی (۱۳۹۴)، با استفاده از آزمون استاندارد علیت گرنجر و آزمون علیت گرنجر هیشائو^۱، رابطه علیت بین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به‌عنوان شاخص آلودگی هوا و ارزش افزوده بخش صنعت طی سال‌های ۱۳۴۶ الی ۱۳۸۹ را مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، وجود رابطه علیت دو طرفه بین این دو متغیر به اثبات رسیده است.

نصراللهی و غفاری (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ای به بررسی آلودگی در صنایع تولیدی ایران به کمک داده‌های تابلویی برای دوره ۱۳۸۶-۱۳۷۴ پرداختند. نتایج بررسی نشان می‌دهد که آلودگی هوا تابعی مثبت از مصرف انرژی، حجم فعالیت‌های صنعتی و حجم سرمایه فیزیکی و نیز تابعی منفی از بهره‌وری نیروی کار، قیمت سوخت‌های فسیلی و شدت مهارت انسانی است.

لطفعلی‌پور و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی آثار رشد بخش صنعت، آزادسازی تجاری و مصرف انرژی بر میزان انتشار آلودگی در ایران پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های ۱۳۹۳-۱۳۶۵ و تکنیک مدل خود توضیحی با وقفه‌های گسترده به این نتیجه رسیدند که ارزش افزوده بخش صنعت تأثیر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی و مجذور آن تأثیر منفی بر آلودگی داشته است. بنابراین فرضیه کوزنتس^۲ در مطالعه آن‌ها تأیید شد. مصرف انرژی و آزادسازی تجاری، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت دارای تأثیر مثبت و معناداری بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن دارد اما تأثیر متغیر مصرف انرژی بر میزان انتشار آلودگی قابل توجه‌تر است.

نجاتی و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی و ارزیابی تأثیر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش‌های مختلف اقتصادی ایران از قبیل: بخش صنعت، کشاورزی، نفت، حمل و نقل و خدمات پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های دوره زمانی

1. Hisao's Granger Causality

2. Kuznets Hypothesis

۱۳۹۳-۱۳۷۵ و یک مدل رگرسیون به ظاهر نامرتبط به برآورد رگرسیون پرداختند. نتایج حاکی از آن است که مصرف انرژی رابطه مثبت و معناداری با انتشار دی اکسید کربن دارد اما مصرف انرژی در بخش های مختلف اثر یکسانی بر آلودگی ندارد. رابطه بین آلودگی و رشد اقتصادی در بخش صنعت U شکل به دست آمده است.

تهامی پور زرنندی و همکاران (۱۴۰۰)، به ارتباط بین رشد تولیدهای بخش صنعت و مقدار آلودگی های ناشی از آن، به ویژه انتشار گاز دی اکسید کربن پرداختند. برای این منظور از رویکرد منحنی محیط زیستی کوزنتس و اطلاعات کارگاه های صنعتی با ده نفر کارکن و بیشتر، در دوره زمانی ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۶ بهره گرفته شده است. یافته های بررسی ها نشان می دهد که اگر ارزش افزوده بخش صنعت یک درصد افزایش پیدا کند، مقدار انتشار گاز دی اکسید کربن $2/38$ درصد افزایش می یابد. همچنین با افزایش یک درصد جمعیت، مقدار انتشار گاز دی اکسید کربن $0/67$ درصد افزایش می یابد. افزون بر این، افزایش یک درصد تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت، موجب کاهش $0/79$ درصد در مقدار انتشار گاز دی اکسید کربن می شود.

دهقان بنادکوکي و نصراللهی (۱۴۰۱)، برای محاسبه انتشار آلاینده دی اکسید کربن در استان یزد، ابتدا با استفاده از روش سهم مکانی خاص صنعتی^۱، جدول داده - ستانده استان یزد برای سال ۱۳۹۵ استخراج کردند و سپس با استفاده از میزان مصرف انرژی و ضرایب انتشار، میزان انتشار مستقیم و غیر مستقیم آلاینده دی اکسید کربن و اثر کل آلاینده گی برای هر بخش اقتصادی محاسبه کردند. نتایج نشان می دهند در سال ۱۳۹۵ در استان یزد، بخش های «ساخت فرآورده های کانی غیر فلزی»، «ساخت فلزات اساسی» و «ساخت کک»، فرآورده های حاصل از تصفیه نفت و سوخت های هسته ای و ساخت مواد و فرآورده های شیمیایی» با سهم $89/93$ درصدی، بیشترین میزان انتشار آلاینده گی را داشته اند. همچنین آلاینده گی غیر مستقیم سهم بیشتری از کل آلاینده گی منتشرشده در استان را به خود اختصاص داده است. در مجموع، نتایج بیان کننده افزایش روند آلاینده گی ناشی از مصرف انرژی ناشی از تولید کالاهای و خدمات استان یزد هستند.

همان طور که در مطالعات پیشین مرور شد، در اغلب مطالعات صورت گرفته در زمینه آلودگی صنعتی، برای تعیین رابطه میان توسعه اقتصادی و تخریب محیط زیست از

اطلاعات در سطح کلان (کشورها) استفاده نموده‌اند. پژوهش حاضر تنها مطالعه‌ای است که در زمینه آلودگی صنعتی کار شده و صنایع کدهای آیسیک را مورد بررسی قرار داده است. نوآوری مقاله در این است که ضمن محاسبه میزان دی‌اکسیدکربن منتشرشده به تفکیک هریک از صنایع کد آیسیک، به شناسایی عوامل مؤثر بر دی‌اکسیدکربن منتشر شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیر فلزی به‌عنوان آلوده‌زاترین صنعت در ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۳-۱۴۰۰ با تخمین رگرسیون به روش بوت استرپ کردن باقی‌مانده‌ها^۱، پرداخته است. پژوهش حاضر با محدودیت‌های زیر مواجه بوده است:

۱. با توجه به اینکه آمار انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف انرژی در ایران تنها در سطح کلان منتشر می‌شود، لذا ضرایب انتشار دی‌اکسیدکربن هریک از سوخت‌های مختلف، با استفاده از آمار میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش صنعت به تفکیک هر سوخت و نیز مقدار هریک از سوخت‌های فسیلی مصرف‌شده در این بخش به دست می‌آید که برای تمام زیربخش‌های صنعتی و فعالیت‌های آن‌ها ثابت در نظر گرفته می‌شود.
۲. داده‌های مربوط به مقدار حامل انرژی مصرف‌شده توسط صنایع در سطح کد آیسیک دو رقم، از سال ۱۳۸۳ و بعد از آن، توسط مرکز آمار ایران منتشر می‌شود. لذا محدودیت در داده‌ها نیز یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق هست^۲.

۴. روش‌شناسی

در این قسمت ابتدا نحوه محاسبه ضریب انتشار دی‌اکسیدکربن هریک از حامل‌های انرژی مصرف‌شده بخش صنعت در هر سال، مقدار انرژی مصرفی هر حامل در صنایع تولیدی ایران، نحوه محاسبه کل آلودگی ایجادشده توسط صنایع، شناسایی صنعت آلوده‌زا و در نهایت به تعیین عوامل مؤثر بر آلودگی ایجادشده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به‌عنوان آلوده‌زاترین صنعت پرداخته شده است.

1. Residual Bootstrap

۲. مرکز آمار ایران از سال ۱۳۸۱ به بعد، حجم نمونه آماری خود را در بخش صنایع کد آیسیک، تقریباً دو برابر کرده است به‌طوری‌که براساس محاسبات نویسندگان مقاله، تعداد کارگاه‌هایی که مرکز آمار از طریق پرسش‌نامه به جمع‌آوری اطلاعات پرداخته بود از ۲۳۰۱ کارگاه در سال ۱۳۸۰ به ۴۲۶۹ در سال ۱۳۸۱ افزایش یافته بود. لذا اطلاعات آماری سال‌های قبل از سال ۱۳۸۱ اطلاعات ناقصی بود که امکان استفاده از آن‌ها در مقاله نبود. همچنین برای سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ نیز اطلاعات مقدار حامل‌های انرژی مصرف‌شده در سطح صنایع آیسیک نیز در دسترس نیست. بنابراین دوره زمانی مورد مطالعه از ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۰ در نظر گرفته شده است.

در این قسمت، ابتدا نحوه محاسبه میزان دی اکسید کربن منتشر شده توسط هریک از ۲۴ صنعت کد آیسیک طی دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۳ تشریح شده تا آلوده‌زاترین صنعت طی دوره زمانی مورد مطالعه شناسایی شود و در ادامه به شناسایی عوامل مؤثر بر این آلودگی ایجاد شده پرداخته شده است. با توجه به اینکه هریک از این ۲۴ صنعت در دوره زمانی ۱۸ ساله مورد مطالعه شش نوع حامل انرژی را مورد مصرف قرار می‌دهند ابتدا باید مقدار انتشار دی اکسید کربن هریک از این شش نوع حامل انرژی را محاسبه کرده، سپس مجموع دی اکسید کربن منتشره را محاسبه کرده تا کل میزان انتشار دی اکسید کربن برای هریک از این ۲۴ صنعت در دوره زمانی مورد مطالعه به دست آید.

با توجه به اینکه اطلاعات مربوط به ضریب انتشار دی اکسید کربن هر حامل انرژی به تفکیک نوع صنعت موجود نیست به ناچار باید ضریب انتشار دی اکسید کربن هریک از حامل‌های انرژی در بخش صنعت به صورت سالیانه محاسبه کرده و سپس عددهای به دست آمده به عنوان ضرایب انتشار دی اکسید کربن برای تمام صنایع کدهای آیسیک دو رقم یکسان در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه ضریب انتشار دی اکسید کربن در کل بخش صنعت برای هر نوع حامل انرژی، باید مقدار انتشار دی اکسید کربن از آن نوع حامل انرژی در کل بخش صنعت را بر مقدار مصرف آن نوع حامل انرژی در کل بخش صنعت تقسیم کرد.

اطلاعات مربوط به مقدار دی اکسید کربن منتشر شده از هر حامل انرژی مصرف شده در بخش صنعت و نیز اطلاعات مربوط به مقدار مصرف هر حامل انرژی در بخش صنعت توسط وزارت نیرو به صورت سالیانه منتشر می‌شود. از آنجایی که مقدار مصرف هر حامل انرژی در بخش صنعت دارای واحدهای متفاوتی است، ابتدا لازم است مقدار هریک از حامل انرژی مصرف شده را در ضریب ارزش حرارتی^۱ آن حامل انرژی ضرب کنیم تا برحسب واحد یکسان به نام BTU ^۲ برای تمام حامل‌های انرژی مختلف به دست آید^۳ و با جمع آن‌ها، کل مقدار انرژی مصرفی برحسب واحد BTU به دست می‌آید. برای محاسبه

۱. ارزش حرارتی حامل انرژی عبارت است از مقدار گرمایی که در موقع سوختن کامل واحد جرم حامل انرژی آزاد می‌شود.

۲. واحد انرژی BTU مقدار حرارتی است که لازم است تا دمای یک پوند آب را به میزان یک درجه فارنهایت بالا برد.

۳. به دلیل اینکه حامل‌های انرژی دارای واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی دارند، ابتدا باید همگی به واحد یکسانی بر حسب BTU تبدیل شوند.

میزان انتشار دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت با کد آیسیک دو رقم در هر سال، لازم است مقدار انرژی مصرفی برحسب واحد BTU برای هریک از حامل‌های انرژی را در میزان انتشار دی‌اکسید کربن از تولید یک میلیون BTU انرژی توسط هریک از حامل‌های انرژی در سال مربوطه ضرب کرده و سپس مجموع دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت در هر سال را محاسبه کرد. طبق روش ذکر شده میزان انتشار دی‌اکسید کربن منتشره برای تمام ۲۴ صنعت کد آیسیک دو رقم در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ توسط نویسندگان مقاله محاسبه شده است که در قسمت بعد به‌طور کامل‌تر تشریح شده است. طبق محاسبات نویسندگان صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی در دوره مورد مطالعه پژوهش، به‌عنوان آلوده‌زاترین صنعت به دست آمده است.

در ادامه به معرفی مدل پژوهش جهت شناسایی عوامل مؤثر بر آلودگی هوای ایجادشده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به‌عنوان آلوده‌زاترین صنعت پرداخته شده است.

در این قسمت به منظور برآورد رابطه میان فعالیت‌های صنعتی و انتشار آلودگی از مدل کول، الیوت و شیماموتو (۲۰۰۴) با تعدیلاتی به شرح ذیل استفاده می‌شود:

$$E_t = f(ENERGY_t, PCI_t, HCI_t, RD_t, SKILL_t, CAP_t)$$

که در آن متغیرهای مورد استفاده به شرح زیر است:

E_t : نسبت میزان انتشار دی‌اکسید کربن منتشر شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی به ارزش تولیدات و ضایعات^۱ آن صنعت است که شدت انتشار آلودگی نامیده می‌شود.

$ENERGY_t$: نسبت کل مقدار حامل انرژی مصرف شده توسط صنعت تولید فرآورده‌های صنعت کانی غیرفلزی به ارزش تولیدات و ضایعات آن صنعت است. رابطه مثبت بین میزان آلودگی و میزان حامل انرژی مصرف شده، مورد انتظار است. هرچه میزان حامل انرژی مصرف شده در صنعتی بالاتر باشد، سطح بالاتری از آلودگی هوا در آن صنعت خواهیم داشت.

۱. ابتدا داده‌های ارزش تولیدات و ارزش ضایعات قابل فروش صنعت مذکور با یکدیگر جمع شده و بر شاخص قیمت تولیدکننده فرآورده‌های صنعتی صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی (بر پایه سال ۱۴۰۰) تقسیم شده‌اند تا ارزش تولیدات به قیمت ثابت به دست آید.

PCI_t : متغیر شدت سرمایه فیزیکی است. سطح آلودگی یک صنعت ممکن است از طریق شدت استفاده از عوامل تولید مورد تأثیر قرار بگیرد. یعنی با فرض ثبات سایر شرایط، به نظر می‌رسد صنایعی که بیشتر بر ماشین‌آلات و تجهیزات متکی هستند نسبت به صنایعی که بیشتر بر نیروی کار متکی هستند حجم آلودگی بیشتری ایجاد می‌کنند و این امر را می‌توان به دلیل ارتباط بین شدت سرمایه فیزیکی و شدت انرژی‌بری آن صنعت دانست (کول، الیوت و شیماموتو، ۲۰۰۴). در مطالعه حاضر برای محاسبه شدت سرمایه فیزیکی از رابطه زیر استفاده شده است:

شدت سرمایه فیزیکی: (جمع ارزش تولیدات و ضایعات - جبران خدمات نیروی کار^۱) / کل شاغلان تولیدی.

HCI_t : شدت سرمایه انسانی مبتنی بر دستمزد است و به صورت نسبت جبران خدمات نیروی کار به جمع ارزش تولیدات و ضایعات محاسبه می‌شود. ارتباط مثبت بین معیار شدت سرمایه انسانی مبتنی بر دستمزد و شدت آلودگی نشان می‌دهد که کارگرانی که در فعالیت‌های آلوده‌زا فعالیت می‌کنند به دلیل خطرات بالاتر و نیاز به حمایت بیشتر از سلامت و ایمنی، مشمول حق بیمه بیشتری هستند و ممکن است بتوانند با کار کمتر نسبت به دیگران بازنشستگی زودتر یا مزایای بیشتری دریافت کنند. همچنین برخی از کارگران در صنایع آلوده‌زا ممکن است پاداش‌های ویژه‌ای برای خطرات کار و سختی کار دریافت کنند.

RD_t : نسبت مخارج تحقیق و توسعه به ارزش تولیدات و ضایعات است و به عنوان شاخص نوآوری در صنعت در نظر گرفته می‌شود. مخارج تحقیق و توسعه می‌تواند باعث توسعه فناوری‌های پاک، بهینه‌سازی فرآیند تولید و توسعه سیستم‌های کنترل آلودگی شود. لذا انتظار می‌رود رابطه معکوسی میان این متغیر و انتشار دی‌اکسیدکربن وجود داشته باشد.

$SKILL_t$: شدت مهارت نیروی انسانی است. در این مطالعه برای محاسبه شدت مهارت نیروی انسانی از رابطه زیر استفاده شده است:

شدت مهارت نیروی انسانی: تعداد شاغلین ماهر^۲ / کل تعداد شاغلین

۱. مجموع کل مزد و حقوق پرداختی سالانه و سایر پرداختی‌ها به شاغلان تولیدی و غیرتولیدی

۲. بنابر تعریف سالنامه آماری، در این پژوهش مجموع کارگران ماهر، تکنیسین‌ها و مهندسین به عنوان شاغلان ماهر خطوط تولید در نظر گرفته می‌شوند.

کارگران ماهر معمولاً با فناوری‌های پیشرفته آشنا هستند و می‌توانند از تجهیزات و ماشین‌آلات به نحوی استفاده کنند که آلودگی کمتری تولید شود. آن‌ها می‌توانند فرآیندهای ناکارآمد را شناسایی و بهبود بخشند. همچنین کارگران ماهر می‌توانند به بهینه‌سازی فرآیندهای تولیدی پردازند و از مواد و منابع طبیعی به نحو بهتری استفاده کنند که منجر به کاهش پساب‌ها و گازهای گلخانه‌ای شود. علاوه بر موارد ذکر شده، کارگران ماهر بهتر قادر به رعایت و اجرایی کردن استانداردهای ایمنی و محیط زیست هستند و می‌توانند نظارت بیشتری بر روی فرآیندها داشته باشند. به‌طور کلی کارگران ماهر می‌توانند با توجه به دانش و تجربه بیشتری که دارند به کاهش آلودگی در صنایع کمک کنند. لذا، تصور می‌شود که احتمالاً هرچه سرمایه انسانی در صنعت بالاتر باشد، صنعت کاراتر بوده و بنابراین از شدت انرژی‌بری کمتری برخوردارند. از این‌رو، در مقایسه با بخش‌هایی با مهارت کمتر، نسبتاً پاک‌تر هستند.

CAP_t : بیانگر هزینه‌های سرمایه‌ای یک صنعت است. که به صورت نسبت مخارج سرمایه‌گذاری به جمع ارزش تولیدات و ضایعات تعریف شده است و تحت این فرض که هرچه این مخارج در صنعتی بزرگتر باشد تجهیزات و ماشین‌آلات صنعت جدیدتر خواهد بود عمل می‌کند و سطح پایین‌تری از آلودگی هوا در آن صنعت خواهیم داشت.

اندیس t به سال مورد نظر اشاره دارد. تمامی ارزش‌ها برحسب شاخص‌های قیمتی در سال پایه ۱۴۰۰ تعدیل شده است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، به دلیل محدودیت در داده‌های آماری در بخش صنعت، دوره زمانی پژوهش حاضر از ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۰ در نظر گرفته شده است. چون دوره زمانی مذکور کوتاه است برای تخمین رگرسیون از روش بوت استرپ کردن روی باقی‌مانده‌ها استفاده شده است.

در حل بسیاری از مسائل اقتصادسنجی نیاز به حجم نمونه بزرگی وجود دارد. از سوی دیگر در بسیاری موارد دسترسی به چنین نمونه‌ای وجود ندارد. برای رفع این تعارض از روش‌های بازنمونه‌گیری استفاده می‌شود. یکی از روش‌های استفاده مجدد از نمونه به روش خودگردان‌سازی یا بوت استرپ موسوم است. روش بوت استرپ یک روش علمی و آماری ارائه می‌کند که با استفاده از آن می‌توان مسائلی که به داده‌های زیاد نیاز دارند را با داده‌های اندک حل کرد. دو روش بوت استرپ وجود دارد. یکی روش بوت استرپ تصادفی^۱ و

1. Random Bootstrap

دیگری روش بوت استرپ بر روی باقی مانده‌هاست. تفاوت اصلی بین بوت استرپ تصادفی و بوت استرپ بر روی باقی مانده‌ها، در نحوه تولید نمونه‌های بوت استرپ است. در روش بوت استرپ تصادفی، نمونه‌های جدید با نمونه‌گیری جایگشتی^۱ از داده‌های اصلی ایجاد می‌شوند. به این معنی که هر داده در نمونه اصلی ممکن است چندین بار در نمونه بوت استرپ ظاهر شود یا اصلاً ظاهر نشود. در روش بوت استرپ بر روی باقی مانده‌ها که در مدل‌های رگرسیونی استفاده می‌شود ابتدا یک مدل رگرسیونی بر روی داده‌های اصلی برازش داده می‌شود. سپس باقی مانده‌ها از این مدل محاسبه می‌شوند. نمونه‌های بوت استرپ با نمونه‌گیری جایگشتی از این باقی مانده‌ها و سپس افزودن آن‌ها به مقادیر برازش شده مدل اصلی، ایجاد می‌شوند.

۵. یافته‌ها

انرژی مصرفی در فعالیت‌های صنایع تولیدی کد آیسیک از طریق مصرف حامل‌های انرژی گاز طبیعی، نفت کوره، گازوییل، بنزین، نفت سفید و گاز مایع دست می‌آید. با عنایت به ایجاد انرژی با ضرایب متفاوت توسط هریک از حامل‌های انرژی مذکور، ابتدا باید با استفاده از ضرایب ارزش حرارتی حامل‌های انرژی^۲ که در جدول ۳، مورد اشاره قرار گرفته است، هریک از حامل‌های انرژی برحسب واحد یکسان به نام BTU تبدیل شوند و با جمع آن‌ها، کل مقدار انرژی مصرفی برحسب واحد BTU به دست می‌آید.

جدول ۳. ارزش حرارتی حامل‌های انرژی مختلف

حامل انرژی	واحد	میلیون BTU
بنزین	هزار لیتر	۳۱/۸۸۶
نفت سفید	هزار لیتر	۳۴/۱۱
نفت گاز	هزار لیتر	۳۵/۸۲
نفت کوره	هزار لیتر	۴۰/۹۳
گاز مایع	تن	۴۲/۶۹
گاز طبیعی	هزار متر مکعب	۳۵/۷۱

منبع: ترازنامه هیدروکربوری

۱. sampling with replacement

۲. ضرایب ارزش حرارتی حامل‌های انرژی از ترازنامه هیدروکربوری استخراج شده‌اند.

سوخت‌های فسیلی مختلف مقادیر متفاوتی از دی‌اکسید کربن به ازای هر واحد انرژی حرارتی تولید می‌کنند. ضریب انتشار، شاخصی برای محاسبه مقدار دی‌اکسید کربن انتشار یافته از حامل‌های انرژی است. این شاخص از نسبت میزان انتشار دی‌اکسید کربن توسط هر حامل به میزان مصرف آن حامل انرژی به دست می‌آید. با توجه به اینکه آمار انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف انرژی در ایران تنها در سطح کلان منتشر می‌شود، لذا ضرایب انتشار هر یک از سوخت‌های مختلف با استفاده از آمار میزان انتشار دی‌اکسید کربن در بخش صنعت به تفکیک هر سوخت و نیز مقدار هر یک از سوخت‌های فسیلی مصرف شده در این بخش به دست می‌آید که برای تمام زیربخش‌های صنعتی و فعالیت‌های آنها ثابت در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال در جدول ۴، ضرایب انتشار دی‌اکسید کربن هریک از حامل‌های انرژی در کل بخش صنعت در سال ۱۳۸۹ محاسبه شده است.

جدول ۴. ضریب انتشار دی‌اکسید کربن حامل‌های انرژی مصرف‌شده بخش صنعت در سال ۱۳۸۹

سوخت	بنزین (هزار لیتر)	نفت سفید (هزار لیتر)	نفت گاز (هزار لیتر)	نفت کوره (هزار لیتر)	گاز مایع (تن)	گاز طبیعی (هزار متر مکعب)
ضریب انتشار (تن)	۲/۳۸	۲/۶	۲/۸۲	۳/۲۳	۳/۰۷	۲/۰۸

منبع: یافته‌های پژوهش

از آنجایی که حامل‌های انرژی مزبور دارای واحدهای متفاوتی از لحاظ میزان مصرف‌اند و نیز با توجه به اینکه ارزش حرارتی تولیدی به وسیله هریک از این حامل‌ها (موجود در جدول ۳) متفاوت است، لذا نمی‌توان برای مقایسه میزان آلاینده بودن این حامل‌ها از ضرایب فوق استفاده کرد. برای انجام این مقایسه می‌توان از شاخص مقدار انتشار دی‌اکسید کربن در تولید یک میلیون BTU انرژی توسط هریک از حامل‌های مزبور استفاده کرد، که برای به دست آوردن آن، ضرایب انتشار فوق بر ضرایب ارزش حرارتی هریک از حامل‌های انرژی تقسیم می‌شود. نتایج حاصله برای سال ۱۳۸۹ در جدول ۵، آمده است.^۱

۱. همان‌گونه که از جدول ۵ مشاهده می‌شود نفت کوره دارای بیشترین نقش در انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد. علت این امر را می‌توان با توجه به ضرایب ارزش حرارتی حامل‌های انرژی موجود در جدول ۳ توضیح داد. مطابق جدول ۳ برای تولید یک میلیون BTU انرژی، نفت کوره بیشتری نیز مصرف می‌شود که در نتیجه منجر به انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. در مقابل گاز طبیعی دارای کمترین میزان پتانسیل انتشار دی‌اکسید کربن می‌باشد. از این روی، ترکیب‌های مختلف سوخت مصرفی، انتشار دی‌اکسید کربن متفاوتی را در پی خواهند داشت.

جدول ۵. میزان انتشار دی اکسید کربن از تولید یک میلیون BTU

انرژی توسط هریک از حامل های انرژی در سال ۱۳۸۹

سوخت	بنزین	نف سفید	نف گاز	نف کوره	گاز مایع	گاز طبیعی
میزان انتشار (تن)	۰/۰۷۴۶	۰/۰۷۶۳	۰/۰۷۸۷	۰/۰۷۸۹	۰/۰۷۱۸	۰/۰۵۸۲

منبع: یافته های پژوهش

برای محاسبه میزان انتشار دی اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت با کد آیسیک دو رقم در هر سال، لازم است مقدار انرژی مصرفی بر حسب واحد BTU برای هریک از حامل های انرژی را در میزان انتشار دی اکسید کربن از تولید یک میلیون BTU انرژی توسط هریک از حامل های انرژی در سال مربوطه ضرب کرده و سپس مجموع دی اکسید کربن منتشر شده توسط هر صنعت در هر سال را محاسبه کرد. طبق روش ذکر شده میزان انتشار دی اکسید کربن منتشره برای تمام ۲۴ صنعت کد آیسیک دو رقم در سال های ۱۳۸۳-۱۴۰۰ توسط نویسندگان مقاله محاسبه شده است. در جدول ۶، سهم صنعت تولید فرآورده های کانی غیر فلزی از انتشار دی اکسید کربن از کل دی اکسید کربن منتشر شده توسط بخش صنعت طی سال های ۱۳۸۳-۱۴۰۰ محاسبه شده است.

جدول ۶. سهم صنعت تولید فرآورده های کانی غیر فلزی از انتشار دی اکسید کربن از کل دی اکسید کربن

منتشر شده توسط بخش صنعت

سال	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱
درصد	۳۳/۳۴	۳۳/۳۰	۳۶/۶۳	۳۲/۲۷	۳۲/۲۹	۳۲/۴۹	۳۱/۱۵	۳۳/۵۶	۳۲/۱۲
سال	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
درصد	۳۳/۱۳	۳۰/۸۱	۲۹/۴۵	۲۸/۵۳	۲۶/۲۳	۲۵/۸۶	۲۷/۵۴	۲۶/۱۲	۳۱/۱۲

منبع: یافته های پژوهش

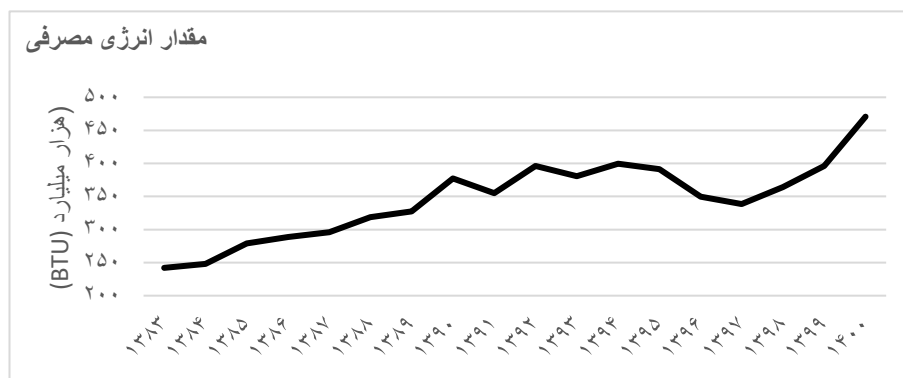
بر طبق جدول فوق، صنعت تولید فرآورده های کانی غیر فلزی در طول دوره مورد بررسی به طور متوسط ۳۰/۷۲ درصد از کل آلودگی ایجاد شده توسط بخش صنعت را به خود اختصاص داده است. برای تمام صنایع در سطح کد آیسیک دو رقم طی سال های ۱۳۸۳-۱۴۰۰، دی اکسید کربن منتشره محاسبه شده است. از آنجایی که براساس محاسبات پژوهش، صنعت تولید فرآورده های کانی غیر فلزی آلوده زاترین صنعت به دست آمده است، پژوهش حاضر به تعیین عوامل مؤثر بر آلودگی هوای ایجاد شده توسط صنعت تولید فرآورده های کانی غیر فلزی پرداخته است. در ادامه به معرفی زیربخش های صنعت تولید فرآورده های کانی غیر فلزی پرداخته شده است.

صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی براساس طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی ایران (بازنگری شده توسط مرکز آمار ایران در سال ۱۴۰۳) در دو گروه: تولید شیشه و فرآورده‌های شیشه‌ای و تولید سایر فرآورده‌های کانی غیرفلزی و ده فعالیت: تولید شیشه جام، تولید کالا و فرآورده‌های شیشه‌ای - به جز شیشه جام، تولید کالا و فرآورده‌های نسوز، تولید سایر کالاهای چینی و سرامیکی، تولید سیمان، آهک و گچ، تولید کالاهای بتونی و سیمانی و گچی، برش و شکل دادن و پرداخت سنگ، تولید انواع آجر، تولید مواد ساختمانی از خاک رس و خاک کانی - به جز آجر و تولید سایر فرآورده‌های کانی غیرفلزی طبقه‌بندی می‌شود.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد حامل‌های عمده انرژی در بخش صنعت، شامل بنزین، نفت سفید، نفت گاز، نفت کوره، گاز طبیعی و گاز مایع است. طبق محاسبات پژوهش در دوره زمانی مورد مطالعه، حامل انرژی گاز طبیعی در تأمین انرژی فعالیت‌های صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی، سهمی به‌طور متوسط به میزان تقریباً ۷۰ درصد و پس از آن حامل انرژی نفت کوره با سهم به‌طور متوسط تقریباً ۲۵ درصد در جایگاه بعدی قرار دارد. سایر حامل‌های انرژی سهمی به‌طور متوسط به میزان تقریباً ۵ درصد داشته‌اند.

با ضرب مقدار مصرف هریک از حامل‌های انرژی مذکور در ضرایب ارزش حرارتی آن‌ها، می‌توان مقدار انرژی مصرفی هر حامل را برحسب واحد معادل انرژی BTU به دست آورد.

نمودار ۱. روند کل انرژی مصرفی صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیر فلزی



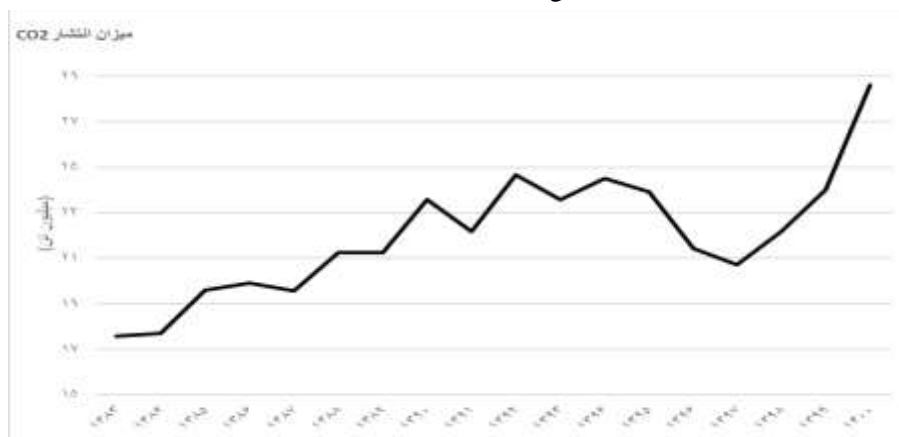
منبع: یافته‌های پژوهش

مطابق نمودار فوق، کل انرژی مصرفی در صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی دارای روند صعودیست و از ۲۴۲ هزار میلیارد BTU در سال ۱۳۸۳ به ۴۷۰ هزار میلیارد BTU

تعیین عوامل مؤثر بر دی‌اکسید کربن منتشرشده توسط صنعت تولید ... | طالعی اردکانی و همکاران | ۱۹۳

در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. با عنایت به این مسئله که مصرف انرژی ایجاد آلودگی می‌کند، فلذا با توجه به افزایش مصرف انرژی در صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی، افزایش انتشار آلودگی دی‌اکسید کربن این صنایع امری بدیهی خواهد بود. طبق محاسبات نویسندگان، تا سال ۱۳۸۶ نفت کوره بیشترین سهم را در انتشار دی‌اکسید کربن صنعت مذکور داشته است. این در حالی است که میزان انتشار دی‌اکسید کربن توسط گاز طبیعی با نرخ صعودی همواره افزایشی بوده است، به نحوی که از سال ۱۳۸۶ به بعد بیشترین سهم از انتشار دی‌اکسید کربن را به خود اختصاص داده است.^۱ از جمع میزان انتشار دی‌اکسید کربن توسط هریک از حامل‌های انرژی، کل میزان انتشار دی‌اکسید کربن در صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیر فلزی به دست می‌آید که روند آن در نمودار (۲) نشان داده شده است.

نمودار ۲. روند انتشار دی‌اکسید کربن در صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳



منبع: یافته‌های پژوهش

مطابق نمودار فوق، انتشار دی‌اکسید کربن در طی دوره مورد مطالعه به غیر از سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۴ روندی صعودی داشته است. بعد از شناسایی صنعت آلوده‌زا طی دوره زمانی مورد مطالعه، به منظور تعیین عوامل مؤثر بر دی‌اکسید کربن منتشرشده توسط صنعت تولید

۱. علی‌رغم اینکه حامل انرژی گاز طبیعی نسبت به سایر حامل‌های انرژی پاک‌تر می‌باشد اما به دلیل اینکه این حامل انرژی در تأمین انرژی فعالیت‌های صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی، سهمی به‌طور متوسط به میزان تقریباً ۷۰ درصد داشته است، از سال ۱۳۸۶ به بعد بیشترین سهم از انتشار دی‌اکسید کربن را به خود اختصاص داده است.

۲. مهم‌ترین علت نزولی شدن نمودار در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۴، کاهش مصرف حامل‌های انرژی بوده است.

فرآورده‌های کانی غیرفلزی به دلیل محدودیت داده‌های آماری و کوتاه بودن دوره زمانی مورد مطالعه، به تخمین مدل از طریق رگرسیون و همچنین روش بوت استرپ روی باقی‌مانده‌ها پرداخته شده است که در ادامه جداول مربوط به تخمین نتایج از طریق رگرسیون و همچنین از طریق روش بوت استرپ باقی‌مانده‌ها آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ضرایب تخمین‌زده‌شده در هر دو روش بسیار نزدیک به یکدیگر هستند لذا نتایج دارای اعتبار کافی است.

برای بررسی پایایی متغیرهای مورد استفاده در مقاله حاضر از آزمون دیکی - فولر تعمیم یافته استفاده شده است. همان‌طور که در جدول شماره (۷) مشاهده می‌شود متغیرها در سطح مانا هستند.

جدول ۷. نتایج آزمون مانایی

نام متغیر	سطح احتمال	آماره t	درجه مانایی
E	۰/۰۳	-۳/۹۳	I(0)
ENERGY	۰/۰۳	-۴/۰۵	I(0)
PCI	۰/۰۴	-۳/۷۸	I(0)
HCI	۰/۰۵	-۱/۹۶	I(0)
RD	۰/۰۲	-۴/۱۸	I(0)
SKILL	۰/۰۱	-۴/۵۸	I(0)
CAP	۰/۰۰	-۵/۰۸	I(0)

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۸. نتایج تخمین مدل از طریق رگرسیون

نام متغیر	ضریب	آماره t	سطح احتمال
عرض از مبدا	۰/۰۱	۱/۹۶	۰/۰۷
ENERGY	۰/۲۷	۱۴/۰۳	۰/۰۰
PCI	۳/۷۰E-۰۷	۱/۵۰	۰/۱۶
HCI	۰/۰۲	۲/۷۵	۰/۰۱
RD	-۱/۳۳E-۰۹	-۲/۲۷	۰/۰۴
SKILL	-۰/۰۲	-۱/۴۷	۰/۱۶
CAP	-۰/۰۱	-۲/۲۵	۰/۰۴
D.W=۲/۰۲ $R^2= ۰/۹۷$ $Adj.R^2 = ۰/۹۵$			

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۹. نتایج تخمین مدل از طریق بوت استرپ کردن باقی مانده‌ها

نام متغیر	ضریب	آماره t	سطح احتمال
عرض از مبدأ	۰/۰۱۲	۲/۵۰	۰/۰۲
ENERGY	۰/۲۷	۱۷/۷۰	۰/۰۰
PCI	$3/71E-07$	۱/۹۱	۰/۰۸
HCI	۰/۰۲	۳/۴۶	۰/۰۰
RD	$-1/32E-09$	-۲/۹۱	۰/۰۱
SKILL	-۰/۰۲	-۱/۸۸	۰/۰۸
CAP	-۰/۰۱	-۲/۸۷	۰/۰۱
D.W=۲/۰۲ R2= ۰/۹۷ Adj.R2 = ۰/۹۵			

منبع: یافته‌های پژوهش

۶. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر با استفاده از تخمین رگرسیون از طریق بوت استرپ کردن باقی مانده‌ها طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۳ نشان می‌دهد میزان انتشار دی اکسید کربن منتشره توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیر فلزی تابعی مثبت از مقدار حامل انرژی مصرف شده، شدت سرمایه فیزیکی و شدت سرمایه انسانی و تابعی منفی از شدت مهارت نیروی انسانی، هزینه‌های سرمایه‌ای صنعت و مخارج تحقیق و توسعه است. لذا می‌توان از طریق اعمال سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، بهبود تکنولوژی، افزایش مهارت نیروی انسانی و افزایش مخارج تحقیق و توسعه به کاهش انتشار دی اکسید کربن در صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیر فلزی کمک کرد.

طبق نتایج پژوهش، مصرف حامل‌های انرژی دارای بیشترین اثر بر روی انتشار دی اکسید کربن دارد. همچنین ضریب انتشار دی اکسید کربن منتشره از گاز طبیعی، کمتر از سایر حامل‌های انرژی است لذا بهترین راه حل پیشنهادی برای کاهش آلودگی انتشار دی اکسید کربن استفاده از انرژی‌های پاک است که در مقایسه با سایر سوخت‌های فسیلی مقدار کمتری آلودگی ایجاد می‌کند. با توجه به اینکه ایران از نظر منابع گاز طبیعی غنی است و از طرفی گاز طبیعی آلودگی بسیار کمتری نسبت به سایر سوخت‌ها ایجاد می‌کند، ضروری است اقدامات بیشتری برای جایگزینی سوخت‌هایی با آلاینده‌گی بالا با گاز طبیعی انجام شود و قیمت نسبی حامل‌های انرژی که ضریب انتشار بالایی دارند، افزایش یابد. همچنین با به‌روزرسانی تجهیزات و ماشین‌آلات، می‌توان تولید فرآورده‌های اکثر کارخانه‌های آجر

(شامل آجر سنتی، آجر ماشینی و بلوک) که با فناوری قدیمی تولید می‌شوند و علاوه بر انرژی‌بری بسیار بالا، از بسیاری از مزایای آجرهای جدید بی‌بهره هستند را به سمت تولید آجر با فناوری جدید سوق داد و به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن کمک کرد.

۷. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

نویسندگان پژوهش حاضر از داوران محترم و همچنین هیئت تحریریه مجله بابت ارائه نظرات و پیشنهادهای ارزشمند کمال تشکر و قدردانی را دارند.

ORCID

Samaneh Talei Ardakani  <http://orcid.org/0000-0003-2824-4608>

Nezamuddin Makiyan  <http://orcid.org/0000-0002-8890-3890>

Zahra Nasrollahi  <http://orcid.org/0000-0002-9537-136x>

۹. منابع

بنی‌اسدی، مصطفی و زارع مهرجردی، محمدرضا. (۱۳۹۴). بررسی وجود رابطه علیت میان رشد بخش صنعت و آلودگی هوا در اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۸۹-۱۳۴۶. *پژوهش‌های محیط زیست*، ۶(۱۳)، ۲۵-۳۸.

بهبودی، داود؛ کیانی، سیمین و ابراهیمی، سعید. (۱۳۹۰). رابطه علی انتشار دی‌اکسید کربن، ارزش افزوده بخش صنعت و مصرف انرژی در ایران. *فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی*، ۱(۱)، ۳۳-۵۳.

تهامی‌پور زرنندی، مرتضی؛ عابدی، سمانه؛ سفاهن، افشین و فتح‌اللهی، سجاد. (۱۴۰۰). بررسی اثرگذاری ارزش افزوده بخش صنعت بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایران: رویکرد منحنی محیط زیستی کوزنتس. *مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۶(۱)، ۸۵-۱۰۰.

DOI:10.22047/SRJASNR.2021.128796

دهقان بنادکویی، فرناز و نصراللهی، زهرا. (۱۴۰۱). اثر فعالیت‌های اقتصادی بر آلودگی در استان یزد: رویکرد داده - ستانده منطقه‌ای. *فصلنامه اقتصاد شهری*، ۵(۲)، ۱۳۴-۱۲۳.

DOI:10.22108/UE.2022.133723.1215

تعیین عوامل مؤثر بر دی‌اکسیدکربن منتشرشده توسط صنعت تولید ... | طالعی اردکانی و همکاران | ۱۹۷

کتابچه نتایج آمارگیری از مقدار مصرف انرژی در کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر. (۱۳۸۳-۱۴۰۰).

لطفعلی‌پور، محمدرضا؛ هوشمند، محمود؛ اعلامی، الهام و بستان، یدالله. (۱۳۹۶). آثار رشد اقتصادی بخش صنعت بر کیفیت محیط زیست در ایران (کاربرد مدل مدل خودتوضیحی با وقفه گسترده). نشریه پژوهش‌های محیط زیست، ۸(۱۶)، ۱۱۴-۱۰۳.

مروزی بر ۳۴ سال آمار انرژی کشور (۱۳۶۷-۱۴۰۰). معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی، (۱۴۰۲).

نجاتی، مهدی؛ جلالی، سید عبدالمجید و باوقار زعیمی، پگاه. (۱۳۹۸). بررسی اثر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن با تأکید بر بخش‌های مختلف اقتصاد ایران. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۳(۶۹)، ۲۸۰-۲۵۷.

نصراللهی، زهرا و غفاری، مرضیه. (۱۳۹۴). آلودگی هوا در صنایع تولیدی ایران. دو فصلنامه مطالعات تجربی اقتصاد ایران، ۱(۱)، ۴۲-۱۹.

References

- Ayodele Idowu, Obaika Micheal Ohikhuare, Munem Ahmad Chowdhury. (2023). Does industrialization trigger Carbon emissions through energy consumption? Evidence from OPEC countries and high industrialized countries [J]. *Quantitative Finance and Economics*, 7(1): 165-186. doi: 10.3934/QFE.2023009
- Bani Asadi, M and Zare Mehrjardi, M. (2015). Investigating the existence of a causal relationship between the growth of industry and air pollution in Iran's economy during the period of 2016-2018. *Environmental Research*, 6(13), 25-38. [In Persian]
- Behboudi, D. Kiani, S. and Ebrahimi, S. (2011). Causal relationship between Carbon Dioxide emissions, industrial sector value added and energy consumption in Iran. *Quarterly Journal of Environmental and Energy Economics*, 1(1), 53-33. [In Persian]
- Cole, M., Elliott, R. J. R., Shimamoto, K. (2004). Industrial characteristics, environmental regulations and air pollution: an analysis of the UK manufacturing sector. *Research Paper*, No. 22.
- Dehghan Benadkoki, F and Nasrollahi, Z. (2022). The effect of economic activities on pollution in Yazd province: A regional input-output approach. *Quarterly Journal of Urban Economics*, 5(2), 134-123. Doi: 10.22108/ue.2022.133723.1215. [In Persian]
- Hamit-Haggar, M. (2011), Greenhouse gas emissions, energy consumption and economic growth: a Panel, Co-integration analysis from Canadian industrial sector perspective, *Energy Economics*, Vol. 33, 342-361.

- Kashem, Mohammad & Rahman, Mohammad. (2020). Environmental Phillips curve: OECD and Asian NICs perspective. *Environmental Science and Pollution Research*. 27. Doi: 10.1007/s11356-020-08620-8.
- Liang, Y., Niu, D., Zhou, W., & Fan, Y. (2020). Decomposition analysis of Carbon emissions from energy consumption in Beijing-Tianjin-Hebei, China: A Weighted-Combination Model Based on Logarithmic Mean Divisia Index and Shapley Value. *Sustainability*, 10(7), 2535. <https://doi.org/10.3390/su10072535>.
- Lotfalipour, M, Houshmand, M, Aalami, E and Bostan, Y. (2017). The effects of economic growth of the industrial sector on environmental quality in Iran (application of a self-explanatory model with a large lag). *Journal of Environmental Research*, 8(16), 103-114. [In Persian]
- Nasraolahi, Z and Ghaffari, M. (2015). Air pollution in Iranian manufacturing industries. *Bi-Quarterly Journal of Empirical Studies in Iranian Economics*, 1(1), 42-19. [In Persian]
- Nejati, M, Jalaei, A and Bavaqar Zaimi, P. (2019). Investigating the effect of production growth and energy consumption on carbon dioxide emissions with emphasis on different sectors of the Iranian economy. *Journal of Geography and Planning*, 23(69), 257-280. [In Persian]
- Tahamipour Zarandi, M, Abedi, S, Safahan, A and Fathollahi, S. (2021). Investigating the impact of value added of the industrial sector on carbon dioxide emissions in Iran: Environmental Kuznets Curve approach. *Journal of Strategic Research in Agricultural Sciences and Natural Resources*, 6(1), 100-85. Doi: 10.22047/SRJASNR.2021.128796. [In Persian]
- Wen, L., & Hao, Y. (2020). Factor decomposition and clustering analysis of CO2 emissions from China's power industry based on Shapley Value. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, Published online 14 Jun 2020. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1776795>.

استناد به این مقاله: طالعی اردکانی، سمانه؛ مکیان، سید نظام‌الدین؛ نصراللهی، زهرا. (۱۴۰۴). تعیین عوامل مؤثر بر دی‌اکسیدکربن منتشرشده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵۵ (۱۴)، ۱۷۱-۱۹۸.



Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران

فصلنامه علمی - پژوهشی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی

سال چهاردهم شماره ۵۵ تابستان ۱۴۰۴

امیر انصاری اردلی، سارا کشکر، غلامعلی کارگر

شناسایی و تحلیل نقش بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر بر بازاریابی باشگاه‌های فوتبال ایران ۵

فریبرز پرتوی‌راد، تیمور محمدی، مهنوش عبدالله میلانی، مرتضی خورسندی

پیش‌بینی مقدار تقاضای برق در ایران: رویکرد تلفیقی الگوهای فضا - حالت و انتقال رژیم مارکوف ۳۷

سید علی توحیدی، محمد موسی‌زاده، مجید میرزایی قزانی، ناصر صفایی

انتخاب قابل اطمینان‌ترین تأمین‌کننده برق برای کارخانجات فولادسازی گل‌گهر: رتبه‌بندی نیروگاه‌ها با

استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ۷۹

امیررضا خلیلی، مجتبی بهمنی، مهدی نجاتی

تبیین پویای رابطه تولید ناخالص داخلی و تقاضای کل انرژی ایران در چارچوب منحنی زیست‌محیطی

کوزنتس ۱۱۳

علی رووف کاظم جواد الرکابی، مریم امامی میبدی

تأثیر عدم قطعیت سیاست‌های اقتصادی جهانی و عدم قطعیت قیمت نفت بر رشد اقتصادی در یک اقتصاد

نفی: مطالعه موردی کشور عراق ۱۴۳

سمانه طالعی اردکانی، سید نظام‌الدین مکیان، زهرا نصراللهی

تعیین عوامل مؤثر بر دی‌اکسید کربن منتشرشده توسط صنعت تولید فرآورده‌های کانی غیرفلزی ۱۷۱

شیوه‌نامه نگارش و چگونگی پذیرش مقاله

- مقاله باید حاصل پژوهش علمی در یکی از موضوعات مرتبط با اهداف و ضوابط فصلنامه باشد.
- هیئت تحریریه در پذیرش، ردّ و ویرایش مقاله‌ها آزاد است.
- تقدّم و تاخّر چاپ مقاله‌ها با بررسی و نظر هیئت تحریریه مشخص می‌شود.
- مسئولیت درستی مطالب مندرج در مقاله به عهده نویسنده است.
- مقالات باید از طریق سامانه یکپارچه نشریات علمی (Jiee.atu.ac.ir) ارسال شود.
- در هر مقاله، فاصله خطوط ۱، حاشیه از دو طرف ۵.۴ و از زیر و زبر ۵ سانتی‌متر باشد و هر مقاله باید حداکثر در بیست صفحه A4 (با قلم زر ۱۳) و بر پایه دستور خط مصوّب فرهنگستان زبان و ادب فارسی (www.persianacademy.ir) نگاشته شود.
- نرم‌افزار مورد استفاده حتماً Microsoft Word 10 یا بالاتر باشد.
- فاصله‌گذاری صفحات: به صورت Multiple 0.9 باشد.
- اولین پاراگراف بعد از هر تیتربدون تورفتگی
- پاراگراف‌های بعدی با ۰/۵ سانتیمتر تورفتگی
- پاورقی‌ها APA باشد. (نام خانوادگی، حرف اول نام).
- اعداد درون متن با رسم الخط فارسی باشد.
- از علامت ممیز (/) برای اعشار استفاده شود.
- تمامی تیترها ۱۲pt متن قبل و ۱۰pt متن بعد فاصله داشته باشد.
- چکیده باید در یک پاراگراف تنظیم شود و بدون آنکه عناوین مجزایی داشته باشد، لازم است در آن زمینه مسئله (یک یا دو جمله)، هدف (یک جمله)، روش (در دو تا سه جمله و شامل طرح پژوهش، جامعه آماری، تعداد نمونه، روش نمونه‌گیری، مداخله، ابزار اُنام کامل ابزار، نام سازنده و سال ساخت)، روش تحلیل داده‌ها (نام نرم‌افزار قید نشود)، نتایج (دو تا سه جمله و شامل یافته‌های اصلی بدون ذکر اعداد و ارقام) و نتیجه‌گیری (دو جمله) نوشته شود (متن چکیده روایتی است و ذکر عنوان و بخش‌بندی در آن مجاز نیست). تعداد کلمات چکیده بین ۱۵۰-۲۵۰ باشد. (افعال چکیده به زمان گذشته باشند). (B Zar 11)
- در صفحه عنوان، به ترتیب، عنوان مقاله (B Zar 15 Bold)، نام نویسنده/ نویسندگان (B Compset 12 Bold)، رتبه علمی و نام دانشگاه یا سازمان وابسته (B Compset 10)، چکیده (۱۵۰ واژه/ B Zar 11)، کلیدواژه‌ها (۴-۷ واژه و با ویرگول از یکدیگر جدا شوند/ B Lotus 12).
- *اسم نویسنده مسئول ستاره‌دار شود و در پاورقی ایمیل نویسنده مسئول قید شود.
- اعضای هیأت علمی: رتبه علمی (مربی، استادیار، دانشیار، استاد)، گروه (در صورت وجود)، دانشگاه، شهر، کشور.
- دانشجویان: دانشجوی (کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری) رشته تحصیلی، دانشگاه، شهر، کشور.
- افراد و محققان آزاد: مقطع تحصیلی (کارشناسی، کارشناسی ارشد، دکتری) رشته تحصیلی، سازمان محل خدمت، شهر، کشور.
- طلاب: سطح (۲، ۳، ۴)، رشته تحصیلی، حوزه علمیه/ مدرسه علمیه، شهر، کشور.
- افراد و محققان عضو سازمان/ پژوهشکده: رتبه علمی (مربی، استادیار، دانشیار، استاد)، گروه (در صورت وجود)، موسسه، شهر، کشور.
- مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری / پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته... دانشگاه... است / مقاله حاضر برگرفته از طرح پژوهشی با عنوان «...» ... با حمایت دانشگاه / موسسه... است. (B Zar 10)
- متن اصلی مقاله نباید بیشتر از ۶۰۰۰ واژه داشته باشد (تعداد واژه‌های چکیده جداگانه در نظر گرفته می‌شود).
- متن اصلی مقاله شامل: مقدمه، پیشینه پژوهش، روش، یافته‌ها، بحث و نتیجه‌گیری، تعارض منافع، سپاسگزاری، ORCID، منابع فارسی و لاتین (References) است.
- تیتراهای داخل متن (B Lotus 14 Bold) / متن فارسی مقاله (B Zar 13) / منابع فارسی (B Zar 12) / منابع لاتین (Times New Roman 11) و ترجمه لاتین منابع فارسی با درج [In Persian] در انتهای منبع (Times New Roman 11).
- عنوان تصویرها، جدول‌ها و نمودارها (B Lotus 11) و متن تصویرها، جدول‌ها و نمودارها (B Lotus 10).

- ارجاعات نقل قول‌ها (مستقیم): نام و نام‌خانوادگی نویسنده/ نویسندگان (سال نشر)، (غیر مستقیم): نام و نام‌خانوادگی نویسنده/ نویسندگان، سال نشر) و تکرار آن (همان: شماره صفحه).
- تمامی اسامی خارجی در متن اصلی ترجمه فارسی شده و در پاورقی به صورت (نام خانوادگی (حرف اول بزرگ)، حرف اول نام کوچک). درج شود.
- معادل کلمات در پاورقی با حرف بزرگ اول کلمه و باقی حروف کوچک تایپ شود.
- اگر از یک نویسنده در یک سال بیش از یک اثر منتشر شده باشد، این آثار با ذکر حروف الف، ب، و... یا a، b، و... پس از سال انتشار از هم متمایز شوند.
- به منابع غیرفارسی با همان زبان ارجاع شود.
- اگر کتاب بیش از سه نویسنده داشته باشد، پس از نام نخستین نویسنده، عبارت «و همکاران» نوشته شود؛ اثری که نام نویسنده ندارد، به نام کتاب ارجاع داده شود؛ اثری که توسط مؤسسه یا سازمانی فراهم آمده باشد، به نام مؤسسه یا سازمان ارجاع داده شود.
- قبل از فهرست (Times New Roman 11) ORCID ارائه شود.
- منابع فارسی با B zar 12، منابع انگلیسی با Times New Roman 11
- فهرست منابع و منبع در پایان مقاله به ترتیب حروف الفبا و به صورت زیر تنظیم شود:

فارسی (B Lotus 14 Bold)

- * **کتاب:** نام‌خانوادگی، نام؛ نام‌خانوادگی، نام و نام‌خانوادگی، نام. (نویسنده / نویسندگان). (سال نشر). نام کتاب. نام و نام‌خانوادگی افراد دخیل (مصحح، مترجم، ویراستار و...). شماره چاپ. محل نشر: ناشر. کتابی که نام مؤلف ندارد: نام کتاب. (سال نشر). شماره چاپ. محل نشر: ناشر. کتابی که تالیف یک مؤسسه است: نام مؤسسه مؤلف. (سال نشر). نام کتاب. شماره چاپ. محل نشر: ناشر. (B Zar 12)
- * **مقاله:** نام‌خانوادگی، نام؛ نام‌خانوادگی، نام و نام‌خانوادگی، نام. (نویسنده / نویسندگان). (سال نشر). عنوان مقاله. نام نشریه، دوره/ سال (شماره نشریه)، شماره صفحات مقاله از راست به چپ زیاد به کم. درج (B Zar 12) doi
- * **پایان‌نامه / رساله:** نام‌خانوادگی، نام. (سال نشر). عنوان پایان‌نامه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری، نام دانشگاه.
- * **مجموعه‌ها:** نام‌خانوادگی، نام؛ نام‌خانوادگی، نام و نام‌خانوادگی، نام. (نویسنده / نویسندگان). (سال نشر). عنوان مقاله، نام مجموعه مقالات، محل نشر: نام ناشر. (B Zar 12)
- * **پایگاه‌های اینترنتی:** نام خانوادگی، نام نویسنده. (آخرین تاریخ و زمان تجدید نظر در پایگاه اینترنتی). عنوان موضوع، نام و آدرس سایت اینترنتی. (B Zar 12)

References (Times New Roman 13 Bold)

- * **کتاب:** نام‌خانوادگی، حرف اول نام، نام‌خانوادگی، حرف اول نام و (and) نام‌خانوادگی، حرف اول نام. (سال نشر). نام کتاب. شماره چاپ. محل نشر: ناشر. کتابی که نام مؤلف ندارد: نام کتاب. (سال نشر). شماره چاپ. محل نشر: ناشر. کتابی که تالیف یک مؤسسه است: نام مؤسسه مؤلف. (سال نشر). نام کتاب. شماره چاپ. محل نشر: ناشر. (Times New Roman 11)
- * **مقاله:** نام‌خانوادگی، حرف اول نام، نام‌خانوادگی، حرف اول نام و (and) نام‌خانوادگی، حرف اول نام. (سال نشر). عنوان مقاله، نام نشریه. دوره/ سال (شماره نشریه). شماره صفحات مقاله از راست به چپ زیاد به کم. (Times New Roman 11)
- * **پایان‌نامه / رساله:** نام‌خانوادگی، حرف اول نام. (سال نشر). عنوان پایان‌نامه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری. نام دانشگاه. (Times New Roman 11)
- * **مجموعه‌ها:** نام‌خانوادگی، حرف اول نام؛ نام‌خانوادگی، حرف اول نام و نام‌خانوادگی، حرف اول نام. (نویسنده / نویسندگان). (سال نشر). عنوان مقاله. نام مجموعه مقالات. محل نشر: نام ناشر. (Times New Roman 11)
- * **پایگاه‌های اینترنتی:** نام خانوادگی، حرف اول نام. (آخرین تاریخ و زمان تجدید نظر در پایگاه اینترنتی). عنوان موضوع، نام و آدرس سایت اینترنتی. (Times New Roman 11)
- ترجمه لاتین منابع فارسی، طبق فرمت استاندارد منابع لاتین، در انتهای منابع آورده شود و در ادامه منبع [In Persian] افزوده شود.

پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
فصلنامه علمی - پژوهشی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی
سال چهاردهم - شماره ۵۵ - تابستان ۱۴۰۴
صاحب امتیاز: دانشگاه علامه طباطبائی
مدیر مسئول: دکتر عباس شاکری
سر دبیر: دکتر علی امامی میبدی
کارشناس فصلنامه: خدیجه میرزاپور
ISSN: ۵۹۵۴-۲۴۲۳

هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفباء)

حمید آماده دانشیار، دانشگاه علامه طباطبائی (اقتصاد انرژی و محیط زیست)	منصور زراعت‌زاد استاد، دانشگاه شهید چمران اهواز (بهره‌وری نیروی انسانی و اقتصاد مالی)	علی امامی میبدی استاد، دانشگاه علامه طباطبائی (اقتصاد انرژی)
مصطفی سلیمی‌فر استاد، دانشگاه فردوسی مشهد (علوم اقتصادی و توسعه صنعتی)	محمدحسین مهدوی عادل استاد، دانشگاه فردوسی مشهد رئیس پژوهشکده اقتصاد انرژی مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی (اقتصاد صنعتی با گرایش اقتصاد انرژی)	علی اصغر بانوئی استاد، دانشگاه علامه طباطبائی (اقتصاد توسعه و برنامه ریزی)
مهدی صادقی شاهدانی استاد، دانشگاه امام صادق (علوم اقتصادی)	محمدعلی متفکرآزاد استاد، دانشگاه تبریز (علوم اقتصادی)	حسین توکلیان دانشیار، دانشگاه علامه طباطبائی (اقتصاد بازرگانی)
محمدصادق قاضی‌زاده دانشیار، دانشگاه شهید بهشتی (برق)	قهرمان عبدلی استاد، دانشگاه تهران (علوم اقتصادی)	مسعود درخشان استاد، دانشگاه علامه طباطبائی (اقتصاد انرژی)

صفحه آرا:
نجمه قیصری

ویراستار انگلیسی:
دکتر مهدی نظامی

ویراستار فارسی:
مستانه جمشیدی

به موجب قانون مطبوعات، پروانه انتشار فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران به زبان فارسی و انگلیسی در جلسه مورخ ۱۳۸۹/۱۱/۱۴ هیئت نظارت بر مطبوعات مورد موافقت قرار گرفت.

این فصلنامه به استناد نامه شماره ۳/۱۸/۱۹۶۷۲۳ مورخ ۱۳۹۲/۰۸/۲۱ وزارت علوم، تحقیقات و فناوری دارای درجه علمی - پژوهشی است.

این فصلنامه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:

www.Isc.ir
www.Sid.ir
www.Magiran.com
www.civilica.com
www.noormags.ir

به موجب نامه شماره ۹۳/۶۰۱۶ مورخ ۱۳۹۳/۰۳/۱۳ وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی معاونت امور مطبوعاتی و اطلاع‌رسانی با تغییر نام از «اقتصاد انرژی ایران» به «پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران» موافقت گردید.

نشانی: تهران - خیابان شهید بهشتی - نبش احمد قصیر - دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی - دفتر فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران

کد پستی: ۱۵۱۳۶۱۵۴۱۱ تلفن ۲ - ۸۸۷۲۵۴۰۰

<http://jieee.atu.ac.ir>

آدرس سامانه

مقالات ارسالی تنها از طریق سامانه دریافت می‌شوند.

e-mail: JEEE@atu.ac.ir

پست الکترونیکی:

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی

پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران

فصلنامه علمی - پژوهشی دانشکده اقتصاد
دانشگاه علامه طباطبائی

سال چهاردهم - شماره پنجاه و پنج

تابستان ۱۴۰۴