Sadrmomtaz N, et al. *Depiction of Health*. 2022; 13(1): 33-47.
doi: 10.34172/doh.2022.03
https://doh.tbzmed.ac.ir

Evaluation of the Performance of World Countries' Health Systems in the Face of COVID-19 in Respect of Vaccination Role

Nadia Sadrmomtaz[1], Majid Khedmati[1*], Ardavan Babaei[1]

[1] Department of Industrial Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Article

Article History:
Received: 27 Aug 2021
Accepted: 27 Oct 2021
ePublished: 12 Mar 2022

Keywords:
COVID-19,
Health Care System,
Data Envelopment Analysis,
Analytic Hierarchy Process,
Cluster Analysis,
Resilience

Abstract

Background: Since the beginning of the COVID-19 epidemic, many countries have been involved in fighting the disease. The outbreak of the disease has caused irrecoverable damages to countries in various aspects such as human resources, economic situation, and social welfare. This study aimed to evaluate the performance of world countries in the face of COVID-19 in respect of the role of vaccination and to propose applicable approaches for countries with lower performance.

Methods. This research developed a three-phase method to evaluate the performance of 88 countries in the face of COVID-19. In the first phase, we clustered the countries using the k-means algorithm. In the second phase, we implemented Data Envelopment Analysis (DEA) once on the clusters and then on all the countries without considering the clusters. In the third phase, after presentation of the concept of resilience in the COVID-19 era, an Analytic Hierarchy Process (AHP) was implemented with three criteria, including the results of DEA model without considering the clusters, the results of DEA model considering the clusters and resilience, and then the ranking of the countries' performance in the face of COVID-19 was provided.

Results. Based on the results, 15 performance ratings were assigned to the countries in the face of COVID-19, with China, Fiji, Seychelles, Kyrgyzstan, and Tanzania receiving the best ranks, while Bangladesh, Nepal, Georgia, and Pakistan received the lowest. Iran is ranked sixth with an average performance among the countries.

Conclusion. Based on the findings of this study, countries with low performance level in the face of COVID-19 need to apply various strategies in different areas to improve their performance level. These strategies include planning and approving joint programs to control and prevent the spread of disease, applying quarantine policy and restrictions on communities, planning and implementing appropriate strategies regarding the export and import of drugs and medical equipment, allocating adequate funds to research projects on COVID-19, prohibiting the export of drugs effective in the treatment of COVID-19, and promoting awareness by offering accurate and up-to-date information.

Sadrmomtaz N, Khedmati M, Babaei A. Evaluation of the Performance of World Countries' Health Systems in the Face of COVID-19 in Respect of Vaccination Role. Depiction of Health. 2022; 13(1): 33-47. doi: 10.34172/doh.2022.03. (Persian)

* Corresponding author; Majid Khedmati, E-mail: khedmati@sharif.edu

© 2022 The Author(s). This work is published by Depiction of Health as an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

Background

Since the outbreak of the COVID-19 pandemic, many countries have participated in the fight against the disease. The disease was so rapidly transmitted that in just four months since its outbreak in Wuhan, China, about 120 million people worldwide had been infected, and about 2.7 million had died. The outbreak has substantially damaged countries at different levels such as social, economic, environmental, and psychological. The illness not only forces a person to temporarily leave the society, but also imposes significant costs on the country, such as the costs of treatment, lost labor, and the potential for the disease to spread. Therefore, there is a need to review and evaluate the performance of the countries in dealing with this disease. Accordingly, this study aimed to evaluate the performance of countries in the face of COVID-19 by considering the role of vaccination, so that practical strategies and suggestions can be offered to assist low-performance nations in improving their performance.

Methods

This research developed a three-phase method to evaluate the performance of the countries in the face of COVID-19. In the first phase, we clustered the countries using the k-means algorithm. In the second phase, the Data Envelopment Analysis (DEA) model was implemented once on the clusters and then on all the countries without considering the clusters. Finally, in the third phase, after the presentation of the concept of resilience in the COVID-19 era, an Analytic Hierarchy Process (AHP) model was implemented with three criteria, including the results of DEA model without considering the clusters, the results of DEA model considering the clusters and the resilience, and presented the ranking of the countries' performance in the face of COVID-19.

Based on the prior studies and analyses, the input parameters included the total number of coronavirus deaths, the percentage of extreme poverty in the community, the cardiovascular disease (CVD) death rate, the percentage of diabetes prevalence, the percentage of female smokers, the percentage of male smokers, stringency index, and the total number of patients with COVID-19, while the total number of vaccinations, the total number of COVID-19 tests, population, the number of hospital beds, and GDP were selected as output parameters.

The three-phase procedure was applied to 88 nations after excluding those with missing data.

Results

In phase 1 of the proposed three-phase method, 31 countries assigned to the first cluster, 37 countries to the second cluster and 20 countries to the third cluster using 3 clusters and applying the k-means algorithm. In the second phase, the DEA model was applied twice, once on the clusters and once on all the countries without considering the clusters. Also, based on the results, several countries were recognized as efficient. Therefore, the pandemic resilience index was introduced for improving and obtaining a better ranking of the countries. In the third phase, the AHP model was implemented in which the importance of the “result of the DEA model implemented on clusters” was three times that of the “result of the DEA model implemented on countries”, because it was expected that implementing the DEA model on the countries with the same performance level would yield more accurate results. In this matrix, the importance of “resilience” was twice as high as the “result of DEA model implemented on countries” and finally, the importance of “result of DEA model on clusters” and “resilience” were considered as the same. Based on the results, 15 performance scores were obtained for the countries, with China, Fiji, Seychelles,

Kyrgyzstan, and Tanzania ranking best and Bangladesh, Nepal, Georgia, and Pakistan ranking lowest.

Conclusion

Based on the results, 15 performance rankings were obtained for the countries where Iran and 11 other countries were in sixth place, indicating Iran's average performance. In general, 26 countries performed below the average AHP rate of all countries. In this regard, the strategies of higher-ranking countries may be used as a benchmark to improve the performance of lower-ranking countries. Accordingly, lower-performing countries should improve their performance by adopting policies similar to those of higher-performing countries in terms of general strategies, economic strategies, resource management strategies, training programs in the coronavirus era, and case reporting and monitoring.

Practical Implications of Research

Nations' responses to COVID-19 vary depending on several criteria, including efficiency and resilience. Those countries with weaker efficiency and resilience scored worst. Accordingly, the countries with lower performance should follow the policies of the higher performance ranking countries in terms of general strategies, economic strategies, resource management strategies, training programs in the coronavirus era, and case reporting and monitoring.

Ethical Considerations

At all stages of the design, execution, analysis, and compilation of the data in this study, which is based on a dissertation for a Master of Science in Industrial Engineering at Sharif University of Technology, all ethical criteria related with scientific research have been met.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest in publishing this paper.

Acknowledgments

This work is based on the dissertation of M.Sc. of Industrial Engineering at Sharif University of Technology, which was authorized on September 25, 2020, and the authors would like to express their thanks and appreciation to everyone who helped them complete this study.

نادیا صدرممتاز و همکاران. *مجله تصویر سلامت*. ۱۴۰۱؛ ۱۳(۱): ۳۳- ۴۷.
doi: 10.34172/doh.2022.03
https://doh.tbzmed.ac.ir

ارزیابی عملکرد سیستم‌های سلامت کشورهای مختلف در مواجهه با کووید-۱۹ با در نظرگرفتن نقش واکسیناسیون

نادیا صدرممتاز[۱]، مجید خدمتی[*۱]، اردوان بابایی[۱]

[۱] دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

سابقه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۵
پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵
انتشار برخط: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

کلیدواژه‌ها:
کووید-۱۹،
سیستم سلامت،
تحلیل پوششی داده،
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی،
خوشه‌بندی،
تاب‌آوری

چکیده

زمینه. از زمان شروع همه‌گیری کووید-۱۹ تاکنون کشورهای بسیاری درگیر مبارزه با این بیماری شده‌اند. شیوع این بیماری آسیب‌های زیادی به کشورها از جنبه‌های گوناگونی مانند صدمه به نیروی انسانی، وضعیت اقتصادی، رفاه اجتماعی و سایر موارد وارد کرده است. هدف این پژوهش ارزیابی عملکرد کشورها در مواجهه با کووید-۱۹ با در نظر گرفتن نقش واکسیناسیون بوده است. همچنین این مطالعه براساس یافته‌های تحقیق راهکارهای اجرایی را برای بهبود وضعیت کشورهای با عملکرد ضعیف‌تر ارائه کرده است.

روش کار. در این پژوهش یک روش سه فازی برای ارزیابی عملکرد کشورها در مواجهه با کووید-۱۹ توسعه داده شد. در فاز اول، ۸۸ کشور با استفاده از الگوریتم k-means خوشه‌بندی شدند. در فاز دوم مدل تحلیل پوششی داده یکبار بر روی خوشه‌ها و بار دیگر بر روی تمامی کشورها بدون در نظر گرفتن خوشه‌ها پیاده‌سازی شد. در فاز سوم، بعد از ارائه مفهوم تاب‌آوری در دوران کرونا، مدل تحلیل سلسله مراتبی با سه معیار شامل نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده بدون در نظر گرفتن خوشه‌ها، نتایج مدل تحلیل پوششی داده با در نظر گرفتن خوشه‌ها و تاب‌آوری، اجرا شده و رتبه‌بندی عملکرد کشورها در مواجهه با کووید-۱۹ ارائه شد.

یافته‌ها: براساس نتایج، ۱۵ رتبه عملکردی برای کشورها در مواجهه با کووید-۱۹ به دست آمد که در این میان، کشورهای چین، فیجی، سیشل، قرقیزستان و تانزانیا دارای بالاترین رتبه بوده و کشورهای بنگلادش، نپال، گرجستان و پاکستان پایین‌ترین سطح عملکرد را داشتند. ایران در رتبه ششم و در جایگاه متوسط عملکردی کشورها قرار داشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های این مطالعه، کشورهایی که در رتبه‌های پایین از نظر عملکرد سیستم سلامت در مواجهه با کووید-۱۹ قرار دارند لازم است استراتژی‌ها و راهکارهایی در حوزه‌های مختلف شامل برنامه‌ریزی و تصویب برنامه‌های کنترل و جلوگیری از شیوع بیماری، اعمال قرنطینه و محدودیت در اجتماعات، برنامه‌ریزی و اجرای استراتژی‌های مناسب در خصوص صادرات و واردات داروها و تجهیزات پزشکی، تخصیص بودجه‌های مناسب برای پروژه‌های تحقیقاتی در زمینه کووید-۱۹، ممنوعیت صادرات داروهای موثر در درمان کرونا، و ارائه اطلاعات دقیق و به‌روز برای آگاه‌سازی افراد اتخاذ کنند تا بتوانند وضعیت عملکردی خود را بهبود دهند.

مقدمه

پایان سال ۲۰۱۹ و آغاز سال ۲۰۲۰ میلادی در دنیا، همراه با شروع شیوع بیماری ناشی از یکی از انواع ویروس‌های کرونا با نام کووید-۱۹ بود. سرعت انتقال این بیماری به قدری زیاد بود که طی گذشت تنها ۴ ماه از شروع شیوع آن در ووهان چین، حدود ۱۲۰ میلیون نفر در سراسر دنیا به آن مبتلا شدند و حدود ۲/۷ میلیون نفر از آنها جان باختند.[۱] در طی زندگی بشر، پاندمی کووید-۱۹ تنها پاندمی نبوده و نخواهد بود به گونه‌ای که پاندمی‌های دیگری مانند آنفولانزای ۱۹۱۸، ابولا (Ebola)، کروناویروس سندروم تنفسی خاورمیانه (MERS-CoV) و کروناویروس سندرم حاد تنفسی (SARS-CoV) نیز رخ داده‌اند. با این حال، آمار ابتلا به پاندمی کووید-۱۹ از تمامی پاندمی‌های دیگر بیشتر بوده است که از دلایل آن می‌توان به سرعت بالای انتقال بیماری و انتقال آسان آن از فردی به فرد دیگر اشاره کرد. البته این موضوع نیز ملاحظه می‌شود که نرخ مرگ‌ومیر این بیماری از اغلب پاندمی‌های دیگر کمتر است.

* پدیدآور رابط؛ مجید خدمتی، آدرس ایمیل: khedmati@sharif.edu

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

ابتلا به بیماری، آسیب‌های فراوانی به جامعه و اقتصاد کشورها وارد می‌نماید. این آسیب‌ها در سطوح مختلفی همانند آسیب‌های اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و روانشناسی قابل بررسی هستند. ابتلا به بیماری نه تنها موجب خروج موقتی فرد از جامعه می‌شود، بلکه هزینه‌های زیادی از قبیل هزینه‌های درمان، هزینه نیروی کار از دست رفتهو هزینه انتشار بیماری ناشی از فرد بیمار را نیز به کشور تحمیل می‌کند. از این رو، نیاز به بررسی و ارزیابی عملکرد کشورها در تقابل با این بیماری احساس می‌شود. روش‌های ارزیابی عملکرد فراوانی در ادبیات موضوع مربوطه وجود دارد که در حالت کلی به روش‌های پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند. استفاده از روش‌های غیرپارامتری در حوزه سلامت، در ادبیات موضوع روند رو به افزایشی داشته است.[۲] یکی از اصلی‌ترین روش‌های ارزیابی عملکرد، روش تحلیل پوششی داده (DEA: Data Envelopment Analysis) است. در این تحقیق قصد بر این است که از این روش در کنار دو روش دیگر، شامل خوشه‌بندی و تحلیل سلسله مراتبی (AHP: Analytic Hierarchy Process)، به منظور ارزیابی عملکرد کشورها در دوران کرونا استفاده شود. سپس برخی از استراتژی‌های به کار رفته در کشورهایی با عملکرد مناسب در قالب شش دسته استراتژی مطرح می‌شوند. این شش دسته استراتژی شامل استراتژی‌های کلان، استراتژی‌های اقتصادی، استراتژی‌های مدیریت منابع، برنامه‌های آموزشی در دوران کرونا، گزارش موارد ابتلا و رصد افراد هستند. هر کدام از این استراتژی‌ها در یکی از سطوح کلان، در نتیجه تقابل کشورها با پاندمی‌ها موثر هستند. برای مثال استراتژی‌های مربوط به رصد افراد می‌تواند در تعداد مبتلایان به بیماری موثر باشند زیرا اگر افراد به درستی رصد شوند و ارتباط‌های آنها با یکدیگر تحت تعقیب قرار گیرند، موجب می‌شود تا افرادی که با یک فرد مبتلا در تماس بوده‌اند بدون اتلاف زمان، تشخیص داده شوند و بدین ترتیب، از شیوع بیش از پیش بیماری جلوگیری شود. در نهایت با توجه به نتایج مطالعه، راهکارها و پیشنهادهای مرتبط با استراتژی‌های مذکور ارائه می‌شوند.

از زمان معرفی مدل تحلیل پوششی داده توسط چارنز (Charnes) و همکاران، استفاده از این روش به منظور ارزیابی عملکرد سیستم‌های کلان بسیار تکرار شده است.[۳] برای مثال، کرجیا (Kirigia) و همکاران، با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، بیمارستان‌های کشور کنیا را مورد ارزیابی قرار دادند.[۴] سو (Su) و همکاران عملکرد ۲۳ کشور را در راستای کاهش شیوع کرونا، با استفاده از مدل DEA-CCR مورد ارزیابی قرار دادند.[۵] ادب‌آوازه و همکاران با استفاده از مدل BCC خروجی‌محور به سنجش عملکرد سیستم سلامت کشورها پرداختند.[۶] برایتنباخ (Breitenbach) و همکاران از مدل BCC ورودی‌محور جهت تحلیل عملکرد سیستم سلامت کشورها در دوره ۱۰۰ روزه ابتدایی گزارش شیوع این بیماری خارج از کشور چین استفاده کردند.[۷] قاسمی و همکاران از یک مدل تحلیل پوششی داده پویا استفاده کردند. در این مدل فرض بر تغییر خروجی‌ها و ورودی‌ها بر پایه زمان است.[۸] شیرویه‌زاد و همکاران، از مدل BCC به منظور ارزیابی عملکرد کشورها استفاده کردند.[۹] همانطور که مشاهده می‌شود، بسیاری از مقالات از مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده نظیر BCC و یا CCR استفاده کرده‌اند که در این مقاله نیز مدل BCC مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بر اساس توضیحات ارائه شده، هدف پژوهش حاضر این است که از طریق ارزیابی و مقایسه عملکرد کشورها در مواجهه با بیماری کووید-۱۹ با تاکید بر نقش واکسیناسیون بتواند استراتژی‌ها و پیشنهاداتی در راستای بهبود عملکرد کشورهای با عملکرد ضعیف در مواجهه با کووید-۱۹ ارائه کند.

روش کار

در این تحقیق یک روش سه فازی برای ارزیابی عملکرد کشورها در مواجهه با کووید-۱۹، طراحی شد. در فاز اول، از روش خوشه‌بندی k-means استفاده شد تا کشورهای مشابه بر اساس پارامترهای ورودی و خروجی ۱۳گانه معین تحقیق، در یک گروه قرار گیرند. در فاز دوم، مدل تحلیل پوششی داده در دو حالت پیاده‌سازی شد، یک بار بر روی کشورها بدون در نظر گرفتن خوشه‌ها و بار دیگر با در نظر گرفتن خوشه‌ها. سرانجام در فاز سوم، مدل تحلیل سلسله مراتبی بر اساس ۳ معیار شامل نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده بدون در نظر گرفتن خوشه‌ها، نتایج مدل تحلیل پوششی داده با در نظر گرفتن خوشه‌ها و تاب‌آوری، اجرا شد.

برای اجرا و پیاده‌سازی روش سه فازی توسعه داده شده در این مقاله، تعیین پارامترهای ورودی و خروجی مناسب

از اهمیت بالایی برخوردار است. فاکتورهایی که به عنوان ورودی و خروجی در نظر گرفته می‌شوند فاکتورهایی در سطح کلان هستند که در نتیجه مسئله تاثیرگذارند. این فاکتورها شاخص‌های عمومی هستند که در مقالات معتبر نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در ادبیات موضوع بیان شده است که جهت تعیین فاکتورهای موثر در مدل تحلیل پوشش داده به نظر افراد خبره نیاز است و از آنجا که در مقاله ایدین و ارداکل (Aydin & Yurdakul) از مجموعه فاکتورهایی استفاده شده که موثر بودن آنها در ادبیات نشان داده شده است،[10,11] در این پژوهش نیز از پارامترهای به کار رفته در مقاله ایدین و ارداکل استفاده شد. این پارامترها شامل مجموع تعداد فوتی‌های کرونا، درصد فقر شدید در جامعه، نرخ مرگ‌ومیر ناشی از بیماری های قلبی و عروقی (CVD: Cardio Vascular Disease)، درصد رواج ابتلا به دیابت، درصد زنان سیگاری، درصد مردان سیگاری و شاخص سخت‌گیری (Stringency Index) می‌باشد.[10] شاخص سخت‌گیری نشان‌دهنده میزان سخت‌گیری کشورها در اجرای پروتکل‌های بهداشتی است. این شاخص توسط دانشگاه آکسفورد ارائه شده و شامل ۷ معیار از قبیل بستن مدارس و کسب‌وکارها، لغو برگزاری مراسم‌ها، بستن حمل‌ونقل عمومی، لغو مسافرت‌ها و افزایش آگاهی مردم است که نشان می‌دهند هر کشور در دوران کرونا به چه میزان پروتکل‌های تدوین شده در سازمان جهانی بهداشت را به اجرا درآورده است. پارامترهای خروجی این مقاله نیز مجموع تعداد بهبودیافتگان، مجموع تعداد تست‌های کرونا، جمعیت، تعداد تخت‌های بیمارستانی و GDP در نظر گرفته شد. همچنین پارامترهای منعطف به کار رفته در این مقاله متناسب با مدل مورد استفاده آنها، شامل مجموع تعداد مبتلایان به کرونا و مجموع تعداد افراد فعلی درگیر با کرونا بود. از آنجا که در پژوهش فعلی، از مدل BCC خروجی محور استفاده شد، این دو پارامتر به عنوان ورودی در نظر گرفته شدند.[6,12] باید توجه شود که در زمان انتشار مقاله ایدین و ارداکل، واکسن کرونا ایجاد نشده بود و طبیعتا این پارامتر در مدل آنها در نظر گرفته نشد،[10] در حالی که به نظر می‌رسد این پارامتر می‌تواند نتیجه موثری در عملکرد کشورها داشته باشد. بنابراین پارامتر تعداد کل واکسیناسیون به عنوان یک خروجی دیگر در کنار سایر خروجی‌ها، در این مقاله مورد استفاده قرار گرفت.

از آن‌جا که میزان همبستگی بین پارامترها در مدل تحلیل پوششی داده نباید خیلی زیاد باشد، همبستگی پیرسون بین پارامترها محاسبه شد و بر اساس نتایج، همبستگی‌های زیادی بین پارامترها مشاهده شد. همبستگی‌های بالای ۰/۹۴ در مدل DEA مهم و تاثیرگذار محسوب می‌شوند؛[13-15] بر این اساس، پارامتر خروجی "تعداد بهبودیافتگان" به علت داشتن همبستگی ۰/۹۹ با "کل مبتلایان" و ۰/۹۲ با "فوتی‌ها"، از مدل حذف شد و بین دو پارامتر خروجی "کل مبتلایان" و "فوتی‌ها" نیز یک پارامتر باید حذف می‌گردید. به علت نیاز به وجود پارامتر توصیف‌کننده دیگر برای پارامتری که قرار است حذف شود، پارامتر "کل مبتلایان" از مدل حذف شد، زیرا پارامتر "موارد درگیر" می‌تواند به نوعی نماینده "کل مبتلایان" باشد. بعد از تغییرات صورت گرفته، پارامترهای مسئله به شرح زیر است:

- پارامترهای ورودی: مجموع تعداد فوتی‌های کرونا و مجموع تعداد افراد فعلی درگیر با کرونا (www.worldometers.info)، درصد فقر شدید در جامعه، نرخ مرگ‌ومیر CVD، درصد رواج ابتلا به دیابت، درصد زنان سیگاری، درصد مردان سیگاری و شاخص سخت‌گیری (ourworldindata.org)
- پارامترهای خروجی: مجموع تعداد واکسیناسیون، مجموع تعداد تست‌های کرونا و جمعیت (www.worldometers.info)، تعداد تخت‌های بیمارستانی (ourworldindata.org) و GDP (www.worldbank.org)

پارامترها و داده‌های ذکر شده از ابتدای سال ۲۰۲۰ میلادی تا ۲۰۲۱/۰۴/۲۸ میلادی معادل با ۱۴۰۰/۰۲/۰۸ هجری شمسی جمع‌آوری شدند. باید توجه شود که در پایگاه‌های اطلاعاتی بالا، داده‌های مرتبط با برخی از کشورها موجود نبود و در نتیجه، از اشتراک داده‌های موجود برای کشورها در این پایگاه‌های اطلاعاتی استفاده شد که بر اساس آن، سرانجام ۸۸ کشور در نظر گرفته شدند که در فازهای بعدی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها

یافته‌های به دست آمده از روش سه فازی توسعه داده شده، به تفکیک فازها در بخش‌های زیر ارائه شده است.

فاز اول: خوشه‌بندی

خوشه‌بندی از مفاهیم علم داده است که سعی بر قرار دادن موارد مشابه در یک گروه دارد. در هر خوشه، اعضا بیشترین شباهت را به یکدیگر و کمترین شباهت را نسبت به اعضای خوشه‌های دیگر دارند.[16,17] یکی از محبوب‌ترین

الگوریتم‌های خوشه‌بندی، الگوریتم k-means است که بر اساس میانگین خوشه‌ها عمل می‌کند و مراحل الگوریتم آن تا جایی پیش می‌رود که تغییر میانگین بسیار کم یا صفر باشد.

در این فاز، کشورها با استفاده از الگوریتم k-means و ۱۳ پارامتر ورودی و خروجی خوشه‌بندی شدند. باید توجه شود که پارامترهای مذکور از لحاظ دامنه اعداد با یکدیگر متفاوت هستند؛ به عنوان مثال اعداد مربوط به پارامتر جمعیت، حتی با تعداد میلیارد نفر هم وجود دارد، در حالی که برای پارامتر درصد افراد سیگاری، اعداد صرفا تا ۱۰۰ وجود دارند و این مشکل باعث بروز خطا در الگوریتم خوشه‌بندی و متمایل شدن نتایج به سمت اعداد با دامنه وسیع‌تر می‌شود که باید رفع شود. در این مقاله، به منظور اجرای خوشه‌بندی از زبان پایتون (Python) استفاده شده و برای رفع مشکل عدم تناسب بازه داده‌ها از الگوریتم MinMaxScaler در کتابخانه sklearn.preprocessing استفاده شده و تمامی ۱۳ پارامتر با استفاده از این تابع نرمالایز شدند. سپس با استفاده از الگوریتم KMeans در کتابخانه sklearn.cluster، خوشه‌بندی کشورها صورت گرفت. نتایج خوشه‌بندی در ادامه ملاحظه می شود.

- خوشه اول: آرژانتین، استرالیا، اتریش، بلژیک، بوسنی، بلغارستان، کانادا، شیلی، کرواسی، دانمارک، استونی، یونان، مجارستان، ایسلند، ایرلند، ایتالیا، لاتویا، لیتوانی، لوکزامبورگ، نروژ، مالت، پرتغال، رومانی، روسیه، اسلوواکی، کره جنوبی، سوئد، اسپانیا، انگلستان، ایالت متحده آمریکا، اروگوئه

- خوشه دوم: آلبانی، الجزایر، بنگلادش، برزیل، چین، کلمبیا، کاستاریکا، دومینیکن، اکوادور، مصر، فیجی، گرجستان، هند، اندونزی، ایران، قزاقزستان، قرقیزستان، لائوس، مالزی، موریس، مکزیک، مولداوی، مغولستان، مراکش، میانمار، نپال، پاکستان، پاناما، پاراگوئه، سیشل، سریلانکا، تایلند، تیمور، تونس، ترکیه، اوکراین، ویتنام

- خوشه سوم: بنین، بورکینافاسو، جیبوتی، السالوادور، اتیوپی، گامبیا، غنا، هائیتی، کنیا، لیبریا، مالاوی، موزامبیک، نیجر، آفریقای جنوبی، تانزانیا، توگو، اوگاندا، یمن، زامبیا، زیمبابوه

بر اساس نتایج به دست آمده، ۳۱ کشور در خوشه اول، ۳۷ کشور در خوشه دوم و ۲۰ کشور در خوشه سوم قرار گرفتند.

فاز دوم: اجرای مدل تحلیل پوششی داده

در فاز دوم، مدل تحلیل پوششی داده در دو حالت بر روی کشورها اجرا شد. در حالت اول، این مدل بر روی کشورها بدون در نظر گرفتن خوشه‌ها و طبق ۱۳ پارامتر ورودی و خروجی مذکور اجرا شد و در حالت دوم، مدل تحلیل پوششی داده بر روی خوشه‌ها پیاده‌سازی شد. در این مدل، تعدادی ورودی و تعدادی خروجی برای هر واحد تصمیم‌گیری در نظر گرفته شد تا واحدهای کارا از بین واحدهای تصمیم‌گیری با ورودی‌ها و خروجی‌های یکسان، معرفی شوند. اولین مدل تحلیل پوششی داده توسط چارنز و همکاران ارائه شده است.[۳] این مدل تحت عنوان مدل CCR یا همان بازده نسبت به مقیاس ثابت شناخته می‌شود. مدل تحلیل پوششی داده دیگری که توسعه یافته است، به مدل BCC معروف است که توسط بنکر (Banker) و همکاران ارائه شد.[۱۸] در این حالت، بازده به مقیاس متغیر در نظر گرفته می‌شود و این بدان معناست که نسبت افزایش در خروجی‌ها به ازای افزایش در میزان ورودی‌ها، متغیر (صعودی یا نزولی) در نظر گرفته می‌شود.

مدل ریاضی (مدل مضربی) خروجی محور BCC به صورت زیر می‌باشد:

$$\min z_0 = \sum_{i=1}^{m} \upsilon_i x_{i0} + w$$
$$s.t.: \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} = 1$$
$$\sum_{i=1}^{m} \upsilon_i x_{ij} - \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + w \geq 0, \quad \forall j = 1,2,...,n$$
$$u_r, \upsilon_i \geq 0, w \text{ is free}$$

و مدل دوگان یا مدل پوششی معادل، با متغیرهای دوگان θ و λ_j، به صورت مدل ارائه شده زیر است:

$$\max y_0 = \theta$$
$$s.t.: \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq \theta y_{r0}, \quad \forall r = 1,2,...,s$$
$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad \forall i = 1,2,...,m$$
$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$
$$\lambda_j \geq 0, \theta \text{ is free}$$

در این مدل‌ها، x_{ij} نشان‌دهنده میزان ورودی iام به خروجی jام و y_{rj} نشان‌دهنده میزان خروجی rام از واحد jام است و همچنین υ_i و u_r به ترتیب میزان وزن داده شده به ورودی iام و خروجی rام هستند و w میزان بازده به مقیاس متغیر است.

در این فاز، مدل تحلیل پوششی داده در دو حالت، ۱. بر روی کشورها بدون در نظر گرفتن خوشه‌ها و ۲. با در نظر گرفتن خوشه‌ها، پیاده‌سازی می‌شود. مدل به کار گرفته شده، مدل BCC خروجی‌محور است. این مدل در دو نرم‌افزار پایتون و GAMS اجرا شد تا از به دست آمدن نتایج درست اطمینان حاصل شود. در حالت اول، تمامی کشورها در کنار هم قرار داشتند و داده‌های مربوط به ورودی و خروجی کشورها با هم وارد مدل شدند اما در حالت دوم، هر خوشه به صورت جداگانه وارد مدل شد و این بدان معنا است که کشورهای داخل هر خوشه با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل در هر یک از حالات فوق به ترتیب در جدول ۱ و ۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۱. نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده بر روی کشورها

کشور	کارایی	کشور	کارایی	کشور	کارایی	کشور	کارایی	کشور	کارایی
آلبانی	۱	دانمارک	۱	ایران	۱	مراکش	۱	سوئد	۰/۶۷
الجزایر	۱	جیبوتی	۱	ایرلند	۱	موزامبیک	۰/۱۹	تانزانیا	۱
آرژانتین	۰/۷۲	دومینیکن	۰/۲۸	ایتالیا	۱	میانمار	۰/۲۶	تایلند	۱
استرالیا	۱	اکوادور	۱	قزاقزستان	۱	نپال	۰/۰۳	تیمور	۱
اطریش	۱	مصر	۱	کنیا	۰/۵۹	نیجر	۱	توگو	۰/۸۱
بنگلادش	۰/۲۳	السالوادور	۱	قرقیزستان	۱	نروژ	۱	تونس	۰/۵۷
بلژیک	۱	استونی	۱	لائوس	۱	پاکستان	۰/۲۲	ترکیه	۰/۶
بنین	۱	اتیوپی	۱	لاتویا	۰/۸	پاناما	۱	اوگاندا	۰/۴۷
بوسنی	۱	فیجی	۱	لیبری	۱	پاراگوئه	۰/۱۸	اوکراین	۱
برزیل	۰/۷۱	گامبیا	۱	لیتوانی	۱	پرتغال	۰/۳۹	انگلستان	۱
بلغارستان	۰/۷۵	گرجستان	۰/۲۲	لوکزامبورگ	۱	رومانی	۰/۷۱	ایالت متحده	۱
بورکینافاسو	۱	غنا	۱	مالاوی	۰/۴۷	روسیه	۱	اروگوئه	۱
کانادا	۱	یونان	۰/۵۹	مالزی	۱	سیشل	۱	ویتنام	۱
شیلی	۰/۲۱	هائیتی	۰/۲۵	مالت	۱	اسلوواکی	۱	یمن	۰/۱۸
چین	۱	مجارستان	۰/۶۸	موریس	۱	آفریقای جنوبی	۱	زامبیا	۰/۳۹
کلمبیا	۱	ایسلند	۱	مکزیک	۰/۶۱	کره جنوبی	۱	زیبابوه	۱
کاستاریکا	۰/۲	هند	۱	مولداوی	۱	اسپانیا	۰/۹		
کرواسی	۰/۹۹	اندونزی	۰/۳۴	مغولستان	۱	سریلانکا	۱		

جدول ۲. نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده بر روی خوشه‌ها

خوشه اول					
کشور	کارایی	کشور	کارایی	کشور	کارایی
آرژانتین	۰/۸	یونان	۰/۶۶	رومانی	۰/۸
استرالیا	۱	مجارستان	۰/۶۹	روسیه	۱
اطریش	۱	ایسلند	۱	اسلوواکی	۱
بلژیک	۱	ایرلند	۱	کره جنوبی	۱
بوسنی	۱	ایتالیا	۱	اسپانیا	۰/۹۵
بلغارستان	۰/۷۶	لاتویا	۰/۸۱	سوئد	۰/۷۳
کانادا	۱	لیتوانی	۱	انگلستان	۱
شیلی	۰/۷۲	لوکزامبورگ	۱	ایالت متحده	۱
کرواسی	۱	مالت	۱	اروگوئه	۱
دانمارک	۱	نروژ	۱		
استونی	۱	پرتغال	۰/۴		
خوشه دوم					
کشور	کارایی	کشور	کارایی	کشور	کارایی
آلبانی	۱	اندونزی	۰/۹۴	پاکستان	۰/۳۷
الجزایر	۱	ایران	۱	پاناما	۱
بنگلادش	۰/۳۷	قزاقزستان	۱	پاراگوئه	۱
برزیل	۱	قرقیزستان	۱	سیشل	۱

چین	۱	لائوس	۱	سریلانکا	۱
کلمبیا	۱	مالزی	۱	تایلند	۱
کاستاریکا	۱	موریس	۱	تیمور	۱
دومینیکن	۱	مکزیک	۱	تونس	۰/۷
اکوادور	۱	مولداوی	۱	ترکیه	۱
مصر	۱	مغولستان	۱	اوکراین	۱
فیجی	۱	مراکش	۱	ویتنام	۱
گرجستان	۰/۳۵	میانمار	۱		
هند	۱	نپال	۰/۰۴		

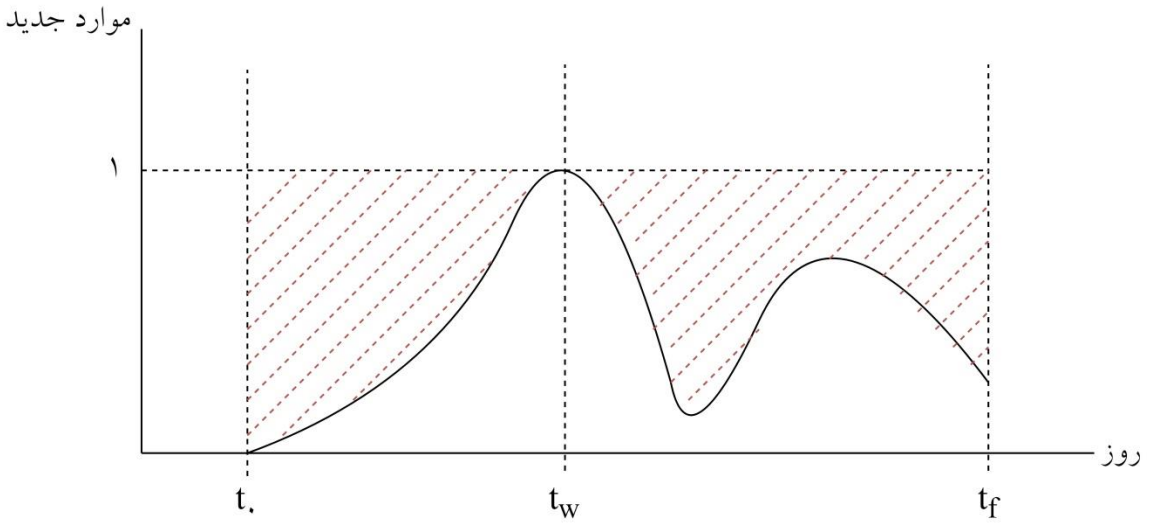
خوشه سوم

کشور	کارایی	کشور	کارایی	کشور	کارایی
بنین	۱	هائیتی	۰/۵۳	تانزانیا	۱
بورکینافاسو	۱	کنیا	۱	توگو	۱
جیبوتی	۱	لیبریا	۱	اوگاندا	۱
السالوادور	۱	مالاوی	۱	یمن	۰/۹۲
اتیوپی	۱	موزامبیک	۱	زامبیا	۱
گامبیا	۱	نیجر	۱	زیبابوه	۱
غنا	۱	آفریقای جنوبی	۱		

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، قدرت تمایز بین کشورها در این فاز زیاد نیست، به این معنی که کشورهای زیادی کارا معرفی شده‌اند و نمی‌توان رتبه‌بندی خاصی را برای کشورها متصور شد. بنابراین برای ایجاد تمایز، از معیار تاب‌آوری استفاده گردید تا به همراه نتایج بالا، وارد مدل تحلیل سلسله مراتبی شده و رتبه‌بندی کشورها صورت گیرد.

تاب‌آوری

تاب‌آوری یعنی توانایی یک سیستم در بازیابی به هنگام مواجهه با یک رویداد مخرب و یا یک تنش متداوم.[19] فرض کنید منحنی ابتلای روزانه به کرونا برای یک کشور همانند شکل ۱ باشد. با توجه به این که ابتلا به بیماری از جنس منفی ولی تاب‌آوری از جنس مثبت است، قسمت بالای منحنی ابتلا به عنوان تعریفی از عملکرد در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس، مساحت هاشورخورده، در تعریف تاب‌آوری استفاده می‌شود. بازه زمانی t_0 تا t_f بازه زمانی موجود برای هر کشور در نظر گرفته شد.[12]



شکل ۱. منحنی نرمال شده ابتلای روزانه به کرونا

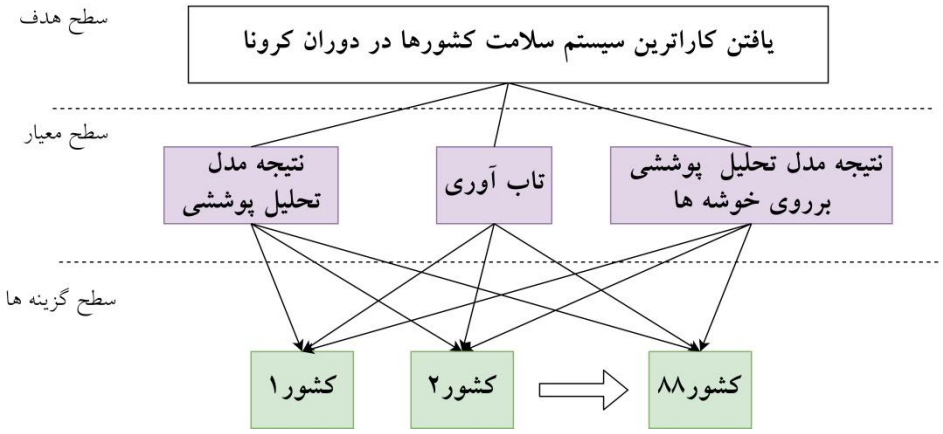
برای مقایسه‌پذیری تاب‌آوری کشورها با یکدیگر، در ابتدا آمار ابتلای روزانه به کرونا برای هر کشور بی‌مقیاس شد و بدین ترتیب، تعداد ابتلای روزانه برای هر کشور با عدد معادل آن بین ۰ و ۱ جایگزین شد. سپس مساحت بالای نمودار را محاسبه کرده و با توجه به تفاوت در بازه زمانی همه‌گیری در کشورهای مختلف، این مساحت بر تعداد روزهایی که آن کشور درگیر بیماری بوده است تقسیم شد تا قابلیت مقایسه بین کشورها وجود داشته باشد. بر این اساس، تاب‌آوری کشورهای مختلف از راه تقسیم مساحت هاشور خورده بر $(t_f - t_0)$ به دست آمد. مقادیر محاسبه شده برای تاب‌آوری هر یک از کشورها، در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. مقادیر تاب‌آوری کشورها

رتبه	کشور	تاب‌آوری	رتبه	کشور	تاب‌آوری	رتبه	کشور	تاب‌آوری
۱	تانزانیا	۰/۹۹۳۶۹۴۷۲	۳۱	بورکینافاسو	۰/۹۰۵۵۲۰۴۴	۶۱	پاکستان	۰/۸۳۴۳۱۶۰۰
۲	چین	۰/۹۸۷۹۳۳۵۲	۳۲	اروگوئه	۰/۹۰۴۴۴۰۰۱	۶۲	مکزیک	۰/۸۳۳۹۹۰۰۰
۳	ترکیه	۰/۹۸۵۷۷۱۷۳	۳۳	پرتغال	۰/۸۸۹۱۶۳۰۰	۶۳	کرواسی	۰/۸۳۳۹۸۹۰۰
۴	سیشل	۰/۹۸۴۹۱۴۷۳	۳۴	سریلانکا	۰/۸۸۷۱۶۴۷۷	۶۴	السالوادور	۰/۸۳۱۸۸۷۰۰
۵	قرقیزستان	۰/۹۷۹۱۲۴۶۳	۳۵	بوسنی	۰/۸۸۰۹۴۴۱۵	۶۵	مراکش	۰/۸۲۶۱۷۴۰۰
۶	فیجی	۰/۹۷۳۳۱۲۱۲	۳۶	کاستاریکا	۰/۸۷۹۹۶۴۵۹	۶۶	کانادا	۰/۸۲۵۲۹۰۰۰
۷	بنین	۰/۹۷۰۰۸۱۱۷	۳۷	هائیتی	۰/۸۷۹۵۲۴۸۹	۶۷	آرژانتین	۰/۸۱۵۹۵۷۰۰
۸	ویتنام	۰/۹۶۷۳۷۳۰۸	۳۸	بلغارستان	۰/۸۷۷۷۹۸۱۷	۶۸	کنیا	۰/۸۱۱۸۰۰۰۰
۹	تایلند	۰/۹۶۴۹۶۹۶۵	۳۹	مالت	۰/۸۷۶۰۷۸۴۳	۶۹	یونان	۰/۷۹۶۵۹۵۰۰
۱۰	لائوس	۰/۹۶۰۴۵۹۸۵	۴۰	زامبیا	۰/۸۷۵۱۷۳۰۶	۷۰	ایتالیا	۰/۷۸۹۳۵۱۰۰
۱۱	تیمور	۰/۹۵۹۴۲۴۶۷	۴۱	نپال	۰/۸۷۳۶۴۳۰۶	۷۱	پاراگوئه	۰/۷۸۷۴۲۷۰۰
۱۲	موریس	۰/۹۴۸۲۳۴۵۲	۴۲	موزامبیک	۰/۸۷۳۲۳۷۰۸	۷۲	شیلی	۰/۷۸۳۰۷۷۰۰
۱۳	لیبری	۰/۹۴۷۹۹۱۳۱	۴	دانمارک	۰/۸۶۸۲۵۴۲۱	۷۳	ایالت متحده	۰/۷۷۷۹۶۱۰۰
۱۴	قزاقزستان	۰/۹۴۶۵۸۴۶۹	۴۴	غنا	۰/۸۶۷۱۸۸۲۱	۷۴	رومانی	۰/۷۷۴۰۸۹۰۰
۱۵	مغولستان	۰/۹۴۳۹۸۷۲۴	۴۵	ایسلند	۰/۸۶۶۶۸۴۲۹	۷۵	آلبانی	۰/۷۷۰۷۳۱۰۰
۱۶	گامبیا	۰/۹۴۳۸۲۹۲۹	۴۶	تونس	۰/۸۶۵۷۰۸۰۰	۷۶	بنگلادش	۰/۷۶۸۷۸۹۰۰
۱۷	مالاوی	۰/۹۳۹۶۵۸۹۸	۴۷	اسلوواکی	۰/۸۶۴۴۴۸۰۰	۷۷	کره جنوبی	۰/۷۶۷۴۰۰۰۰
۱۸	جیبوتی	۰/۹۳۷۲۸۴۲۷	۴۸	انگلستان	۰/۸۶۴۳۵۰۰۰	۷۸	اوکراین	۰/۷۵۷۹۵۵۰۰
۱۹	اوگاندا	۰/۹۳۶۷۱۰۴۲	۴۹	مالزی	۰/۸۶۳۸۰۱۰۰	۷۹	ایران	۰/۷۵۴۷۹۷۰۰
۲۰	زیبابوه	۰/۹۳۵۰۶۰۴۱	۵۰	استونی	۰/۸۶۳۷۳۶۰۰	۸۰	الجزایر	۰/۷۵۲۴۸۸۰۰
۲۱	سوئد	۰/۹۳۲۲۷۲۵۴	۵۱	گرجستان	۰/۸۶۲۴۴۷۰۰	۸۱	مولداوی	۰/۷۵۲۴۷۴۰۰
۲۲	ایرلند	۰/۹۳۱۶۵۸۵۴	۵۲	هند	۰/۸۵۸۶۲۶۰۰	۸۲	اتیوپی	۰/۷۴۳۸۵۲۰۰
۲۳	توگو	۰/۹۲۷۰۴۱۸۹	۵۳	اطریش	۰/۸۵۵۲۸۸۰۰	۸۳	کلمبیا	۰/۷۴۰۷۱۵۰۰
۲۴	لوکزامبورگ	۰/۹۲۰۶۶۳۱۰	۵۴	لیتوانی	۰/۸۴۹۹۱۰۰۰	۸۴	دومینیکن	۰/۷۲۵۷۱۰۰۰
۲۵	اسپانیا	۰/۹۱۵۸۷۴۴۲	۵۵	میانمار	۰/۸۴۶۳۳۲۰۰	۸۵	اندونزی	۰/۷۲۲۹۵۲۰۰
۲۶	استرالیا	۰/۹۱۵۰۳۸۱۸	۵۶	لاتویا	۰/۸۴۵۶۹۷۰۰	۸۶	مصر	۰/۶۸۴۲۶۹۰۰
۲۷	نیجر	۰/۹۱۵۰۲۵۷۵	۵۷	مجارستان	۰/۸۴۴۱۴۵۰۰	۸۷	روسیه	۰/۶۵۰۷۷۲۰۰
۲۸	اکوادور	۰/۹۱۴۷۱۳۶۵	۵۸	آفریقای جنوبی	۰/۸۴۱۰۰۰۰۰	۸۸	برزیل	۰/۶۳۶۹۷۳۰۰
۲۹	بلژیک	۰/۹۰۸۱۶۱۵۹	۵۹	نروژ	۰/۸۳۸۱۷۶۰۰			
۳۰	یمن	۰/۹۰۷۴۱۸۰۲	۶۰	پاناما	۰/۸۳۷۴۱۷۰۰			

فاز سوم: مدل تحلیل سلسله مراتبی

در فاز سوم، مسئله موردنظر در این پژوهش همانند یک مسئله تصمیم‌گیری با تعداد ۸۸ راه‌حل و ۳ معیار در نظر گرفته شده و مدل تحلیل سلسله مراتبی به منظور ارائه رتبه‌بندی عملکردی کشورها اجرا شد. این مدل توسط ساعتی (Saaty) به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM: multicriteria decision making method) معرفی شد،[۲۰] و گام اول آن، تجزیه مسئله است که در این فاز به صورت شکل ۲ انجام شد:



شکل ۲. تجزیه مسئله در مدل تحلیل سلسله مراتبی

گام دوم، تشکیل ماتریس مقایسات زوجی است. برای تشکیل این ماتریس باید مقایسه‌ها در هر سطح نسبت به سطح بالاتر آن انجام شود. ضرایب این مقایسه‌ها از ۱ تا ۹ و به معنای اهمیت یکسان تا اهمیت خیلی زیاد یک گزینه نسبت به دیگری توسط فرد خبره در نظر گرفته می‌شود. در این مقاله، اهمیت "نتیجه مدل تحلیل پوششی داده بر روی خوشه‌ها" سه برابر "نتیجه مدل تحلیل پوششی داده" در نظر گرفته شد، زیرا انتظار می‌رود که اگر کشورهای مشابه را با یکدیگر در نظر گرفته و مدل تحلیل پوششی داده بر روی آن اجرا شود، نتایج دقیق‌تری ایجاد کند. در این ماتریس، اهمیت "تاب‌آوری" نیز دو برابر "نتیجه مدل تحلیل پوششی داده" و سرانجام، اهمیت "نتیجه مدل تحلیل پوششی داده بر روی خوشه‌ها" و "تاب‌آوری" یکسان در نظر گرفته شد.

در گام بعدی، باید کشورها طبق هر معیار با یکدیگر مقایسه شوند. برای انجام مقایسه بین سه معیار بالا، نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده طبق میزان کارایی به دست آمده با اعداد ۱ تا ۹ معادل‌سازی شدند. با استفاده از این معادل‌سازی‌ها، ارجحیت کشورها نسبت به یکدیگر جهت ورود به ماتریس مقایسات زوجی به دست آمد. شیوه این معادل‌سازی با ارائه یک مثال بیان می‌شود. برای معیار تاب‌آوری، اگر فرض شود کشور A دارای تاب‌آوری ۰/۹ و کشور B دارای تاب‌آوری ۰/۱ باشد، بعد از معادل‌سازی تاب‌آوری‌ها با اعداد ۱ تا ۹، کشور A دارای تاب‌آوری معادل ۹ و کشور B دارای تاب‌آوری معادل ۱ خواهد شد. بر این اساس، عملکرد کشور A ارجحیت ۹ برابر نسبت به کشور B دارد. برای سایر معیارها و سایر کشورها نیز مقایسه‌ها به همین صورت انجام شد. نتایج حاصل از مدل را در جدول ۴ می‌توان مشاهده کرد.

جدول ۴. نتایج مدل تحلیل سلسله مراتبی

رتبه	کشور	AHP	رتبه	کشور	AHP	رتبه	کشور	AHP
۱	چین	۰/۰۱۷	۵	اطریش	۰/۰۱۲	۷	کاستاریکا	۰/۰۱۰
	فیجی	۰/۰۱۷		کانادا	۰/۰۱۲		کنیا	۰/۰۱۰
	قرقیزستان	۰/۰۱۷		کرواسی	۰/۰۱۲		مکزیک	۰/۰۱۰
	سیشل	۰/۰۱۷		دانمارک	۰/۰۱۲		موزامبیک	۰/۰۱۰
	تانزانیا	۰/۰۱۷		السالوادور	۰/۰۱۲		میانمار	۰/۰۱۰
۲	بنین	۰/۰۱۵		استونی	۰/۰۱۲		زامبیا	۰/۰۱۰
	جیبوتی	۰/۰۱۵		غنا	۰/۰۱۲	۸	برزیل	۰/۰۰۹
	گامبیا	۰/۰۱۵		ایسلند	۰/۰۱۲		دومینیکن	۰/۰۰۹
	ایرلند	۰/۰۱۵		هند	۰/۰۱۲		اندونزی	۰/۰۰۹
	قزاقزستان	۰/۰۱۵		لیتوانی	۰/۰۱۲		پاراگوئه	۰/۰۰۹
	لائوس	۰/۰۱۵		مالزی	۰/۰۱۲	۹	سوئد	۰/۰۰۸
	لیبریا	۰/۰۱۵		مالت	۰/۰۱۲	۱۰	بلغارستان	۰/۰۰۷
	موریس	۰/۰۱۵		مراکش	۰/۰۱۲		یمن	۰/۰۰۷
۳	مغولستان	۰/۰۱۵		نروژ	۰/۰۱۲	۱۱	لاتویا	۰/۰۰۶
	تایلند	۰/۰۱۵		پاناما	۰/۰۱۲		آرژانتین	۰/۰۰۵
	تیمور	۰/۰۱۵		اسلوواکی	۰/۰۱۲		مجارستان	۰/۰۰۵
	ترکیه	۰/۰۱۵		آفریقای جنوبی	۰/۰۱۲	۱۲	پرتغال	۰/۰۰۵
	ویتنام	۰/۰۱۵		اسپانیا	۰/۰۱۲		رومانی	۰/۰۰۵
	زیبابوه	۰/۰۱۵		انگلستان	۰/۰۱۲		تونس	۰/۰۰۵
	توگو	۰/۰۱۴		اوکراین	۰/۰۱۱		شیلی	۰/۰۰۴
۴	استرالیا	۰/۰۱۳		آلبانی	۰/۰۱۱	۱۳	یونان	۰/۰۰۴
	بلژیک	۰/۰۱۳		الجزایر	۰/۰۱۱		هائیتی	۰/۰۰۴
	بوسنی	۰/۰۱۳		کلمبیا	۰/۰۱۱		گرجستان	۰/۰۰۳
	بورکینافاسو	۰/۰۱۳		مصر	۰/۰۱۱	۱۴	نپال	۰/۰۰۳
	اکوادور	۰/۰۱۳	۶	اتیوپی	۰/۰۱۱		پاکستان	۰/۰۰۳
	لوکزامبورگ	۰/۰۱۳		ایران	۰/۰۱۱	۱۵	بنگلادش	۰/۰۰۲
	مالاوی	۰/۰۱۳		ایتالیا	۰/۰۱۱			
	نیجر	۰/۰۱۳		مولداوی	۰/۰۱۱			
	سریلانکا	۰/۰۱۳		روسیه	۰/۰۱۱			
	اوگاندا	۰/۰۱۳		کره جنوبی	۰/۰۱۱			
	اروگوئه	۰/۰۱۳		ایالت متحده	۰/۰۱۱			

مطابق نتایج به دست آمده، کشورهایی با میزان کارایی و تاب‌آوری پایین‌تر در رتبه‌های پایین‌تر قرار گرفتند. در این جدول، ۱۵ گروه عملکردی مشاهده می‌شود که در هر گروه، نتایج تحلیل سلسله مراتبی اعضا با یکدیگر برابر هستند. بر این اساس، کشورهای چین، فیجی، سیشل، قرقیزستان و تانزانیا از بالاترین رتبه‌ها برخوردارند و کشورهای بنگلادش، نپال، گرجستان و پاکستان در پایین‌ترین سطوح عملکردی قرار دارند. همچنین کشور ایران در رتبه ششم و در جایگاه متوسط عملکردی کشورها قرار دارد.

بحث

با توجه به نتایج، میانگین کارایی کشورها در حالتی که خوشه‌ها در نظر گرفته نشوند ۰/۹۷ و تعداد کشورهای کارا ۶۴ کشور بوده و میانگین کارایی کشورها با در نظر گرفتن خوشه‌ها برابر با ۰/۹۹ و تعداد کشورهای کارا ۷۳ کشور است. این موضوع نشان می‌دهد که قدرت تمایز دو حالت ذکر شده به اندازه کافی زیاد نبوده و مدل تحلیل پوششی داده به تنهایی، کشورهای زیادی را کارا معرفی می‌نماید. بر این اساس، برای ارائه روشی که رتبه‌بندی مناسبی از عملکرد کشورها ارائه نماید، از روش تحلیل سلسله مراتبی در فاز سوم روش ارائه شده استفاده شد و در نتیجه آن، ۱۵ رتبه عملکردی به دست آمد.

به منظور ارائه راهکارهای مناسب برای کشورهایی که در رتبه‌های عملکردی ضعیفی قرار دارند، می‌توان الگوهایی متناسب با سیاست‌های کشورهایی با رتبه‌های بالاتر معرفی کرد. کشورهایی همانند چین، فیجی و کشورهای دیگر که

در رتبه‌های بالایی قرار دارند می‌توانند نمود استراتژی‌های مناسب باشند. این استراتژی‌ها را می‌توان در ۶ دسته بررسی کرد؛ استراتژی‌های کلان، استراتژی‌های اقتصادی، استراتژی‌های مدیریت منابع، برنامه‌های آموزشی در دوران کرونا، گزارش موارد ابتلا و رصد افراد.

استراتژی‌های کلان که در سطح کشور اجرا می‌شوند، می‌توانند اثر تعیین کننده‌ای در نتیجه رویارویی با پاندمی‌ها داشته باشند. از جمله استراتژی‌های کشور چین در مواجهه با کووید-۱۹، یک رویکرد از بالا به پایین برای کنترل این پاندمی بوده است. در این رویکرد، شورای کشوری یک برنامه مشترک کنترل و جلوگیری از شیوع بیماری را تصویب کرد و بستری جامع برای همکاری همه جانبه ۳۲ وزارتخانه ایجاد شد. همچنین دولت چین تمامی هزینه‌های بیماران کرونایی را تقبل کرد.[۲۱] ممنوعیت اجتماعات، بستن کسب‌وکارها، مدارس و اماکن عمومی و قرنطینه شهر ووهان (Wuhan) از اقدامات دیگر این کشور بوده است.[۲۲]

استراتژی‌های اقتصادی، نظیر استراتژی‌های مرتبط با صادرات و واردات و تصمیم‌گیری صحیح در مورد آن‌ها و مسائل اقتصادی، نه تنها می‌توانند موجب جلوگیری از نزول اقتصادی شوند بلکه می‌توانند مسبب رشد اقتصادی نیز باشند. برای مثال، کشور چین تا کنون به رشد اقتصادی ۱۸/۳ درصدی دست یافته است.[۲۳] کشور فیجی نیز مالیات بر تجهیزات پزشکی را حذف کرد تا واردات این تجهیزات تسهیل یابد. در تایلند، دولت تمامی هزینه‌های تحقیقاتی در زمینه کرونا را تقبل کرد. دولت ویتنام صادرات ۳۷ داروی موثر در درمان کرونا را ممنوع اعلام کرد تا برای مصرف داخلی دچار کمبود نشوند.[۲۱]

استراتژی‌های مدیریت منابع در هر بحرانی از موارد بسیار با اهمیت هستند. منابعی مانند نیروی انسانی، تجهیزات و بیمارستان‌ها، در بحران کووید-۱۹ نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای دارند. برای مثال در چین، تاسیس تسهیلات جدید درمانی مانند ساخت سریع دو بیمارستان لیشنشان (Leishenshan) و هوشنشان (Huoshenshan) از اقدامات دولت بوده است و یا در پی اوج شیوع کرونا، ویتنام یک استادیوم ورزشی را به یک بیمارستان ۱۰۰۰ تخت‌خوابی تبدیل کرد و نیز بیمارستان دانشگاه پزشکی هانوئی (Hanoi) ویتنام، بیمارستان دیجیتالی را راه‌اندازی کرد که در این بیمارستان، خدمات بهداشتی از راه دور ارائه می‌شود.[۲۱]

برنامه‌های آموزشی در مورد کرونا و افزایش دانش عموم مردم، در کنترل شیوع بیماری نقش موثری دارد. برای مثال، در تایلند یک نظرسنجی عمومی برای پی بردن به سطح اطلاعات مردم از کرونا و شرایط موجود صورت گرفت تا در نتیجه به آگاه‌سازی مناسب مردم پرداخته شود.[۲۱] از موارد مهم دیگر، گزارش‌های موارد مبتلا است. برای اجرای مدیریت صحیح، در دسترس بودن اطلاعات کافی و البته صحیح، مهم است. در دوران شیوع کرونا دولت‌ها باید اطلاعات صحیح و البته به‌روز درباره تعداد مبتلایان، تعداد تست‌های انجام شده، تعداد تجهیزات پزشکی موجود و سایر اطلاعات مانند تعداد بستری و تعداد مرگ را جهت تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در دست داشته باشند. برای مثال، وزرات صنعت و فناوری اطلاعات در چین پلتفرمی را برای تخصیص متناسب تجهیزات پزشکی ایجاد کرد. هنگام بروز سارس (SARS) در سال ۲۰۰۳ در چین، این کشور بستری را جهت گزارش لحظه‌ای موارد مبتلا به بیماری توسعه داده بود که در این پاندمی نیز از این امکان استفاده کرد. کشور فیجی از سیستم SORMAS (Surveillance, Outbreak Response Management and Analysis System) برای نظارت، کنترل و مدیریت پاسخگویی به شرایط موجود برای رصد به‌موقع آمار مبتلایان استفاده کرد.[۲۱]

رصد افراد مبتلا نیز از دیگر فعالیت‌هایی است که دولت‌ها باید به درستی به آن رسیدگی کنند. از آن‌جا که شیوع بیماری کووید-۱۹ از راه ارتباط افراد با یکدیگر است، نظارت بر افراد و ارتباطاتشان با یکدیگر باید مورد توجه مقامات مسئول در زمینه کنترل شیوع بیماری باشد تا درصورت ابتلای فردی به بیماری، به سرعت تشخیص داده شود. برای مثال، چین امکانات لازم را جهت انجام رایگان تست‌های تشخیص کرونا در حجم انبوه فراهم کرد و در صورت مثبت شدن جواب تست، تمامی افرادی که در طول ۲۴ ساعت گذشته با شخص مشکوک به کرونا در تماس بودند، مورد پیگیری و بررسی قرار می‌گرفتند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد تا با استفاده از یک روش سه فازی، عملکرد کشورها در مقابله با کرونا مورد ارزیابی قرار گیرد. در فاز اول، از خوشه‌بندی جهت قرار دادن کشورها در خوشه‌های یکسان استفاده شد. در فاز دوم، مدل تحلیل

پوششی داده یک بار بر روی خوشه‌ها و بار دیگر به صورت مستقیم بر روی کشورها پیاده‌سازی شد و سرانجام در فاز سوم، با استفاده از تعریف معیار تاب‌آوری در دوران پاندمی، مدل تحلیل سلسله مراتبی با در نظر گرفتن سه معیار تاب‌آوری، نتیجه حاصل از مدل تحلیل پوششی داده بر روی کشورها و نتیجه حاصل از مدل تحلیل پوششی داده بر روی خوشه‌ها، اجرا شد. در نتیجه، ۱۵ رتبه عملکردی برای کشورها به دست آمد که ایران به همراه ۱۱ کشور دیگر در رتبه ششم عملکردی قرار گرفت و این نشان‌دهنده عملکرد متوسط ایران است. به طور کلی ۲۶ کشور عملکردی پایین‌تر از متوسط میزان تحلیل سلسله مراتبی همه کشورها داشته‌اند. برای بهبود عملکرد این کشورها می‌توان از استراتژی‌های کشورهایی با عملکرد بهتر به عنوان الگو استفاده کرد.

پیامدهای عملی پژوهش

با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلف از جمله کارایی و تاب‌آوری، کشورها دارای عملکرد متفاوتی در مواجهه با کووید-۱۹ بوده و کارایی و تاب‌آوری پایین‌تر منجر به عملکرد ضعیف‌تر کشورها شده است. بر این اساس، کشورهای با عملکرد ضعیف‌تر باید با الگوبرداری از سیاست‌های کشورهای با رتبه عملکردی بالاتر در زمینه استراتژی‌های کلان، استراتژی‌های اقتصادی، استراتژی‌های مدیریت منابع، برنامه‌های آموزشی در دوران کرونا، گزارش موارد ابتلا و رصد افراد، وضعیت عملکردی خود را بهبود دهند.

قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف، مصوب ٤ مهر ۱۳۹۹، می‌باشد و بدین ترتیب، نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از همه افرادی که در انجام و به اتمام رساندن این پژوهش مشارکت داشته‌اند، اعلام می‌نمایند.

مشارکت پدیدآوران

نادیا صدرممتاز طراحی مطالعه، اجرای تحلیلی و تهیه دستنوشته مطالعه را بر عهده داشت، همچنین مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده است. مجید خدمتی تحلیل نتایج و تهیه دستنوشته مطالعه را بر عهده داشت، همچنین مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده است. اردوان بابایی طراحی مطالعه و تهیه دستنوشته را بر عهده داشت، همچنین مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده است.

منابع مالی

منابع مالی ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نادیا صدرممتاز دانشجوی مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف بوده و تمامی اصول اخلاقی مربوط به انجام تحقیقات علمی در تمام مراحل طراحی، اجرا، تحلیل و تدوین نتایج رعایت شده‌اند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در انتشار این مقاله ندارند.

References

1. Zoppi L. How does the COVID-19 Pandemic Compare to Other Pandemics. News Medical Web Site; 2021.
2. Hollingsworth B, Dawson PJ, Maniadakis N. Efficiency Measurement of Health Care: A Review of Non-Parametric Methods and Applications. *Health Care Manag Sci.* 1999; 2(3): 161-172. doi: 10.1023/A:1019087828488
3. Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *Eur J Oper Res.* 1978; 2(6): 429-444. doi: 10.1016/0377-2217(78)90138-8
4. Kirigia JM, Emrouznejad A, Sambo LG, Munguti N, Liambila W. Using Data Envelopment Analysis to Measure the Technical Efficiency of Public Health Centers in Kenya. *J Med Syst.* 2004; 28: 155-166. doi: 10.1023/B:JOMS.0000023298.31972.c9

5. Su ECY, Hsiao CH, Chen YT, Yu SH. An Examination of COVID-19 Mitigation Efficiency among 23 Countries. *Healthcare*. 2021; 9(6): 755. doi: 10.3390/healthcare9060755.
6. Adabavazeh N, Nikbakht M, Amirteimoori A. Envelopment Analysis for Global Response to Novel 2019 Coronavirus-SARS-COV-2 (COVID-19). *Journal of Industrial Engineering and Management Studies*. 2020; 7(2): 1-35. doi: 10.22116/JIEMS.2020.226564.1354
7. Breitenbach MC, Ngobeni V, Ayte G. The First 100 Days of COVID-19 Coronavirus–How Efficient did Country Health Systems Perform to Flatten the Curve in the First Wave? MPRA Paper 8872. Munich: University Library LMU Munich; 2020.
8. Ghasemi A, Boroumand Y, Shirazi M. How do Governments Perform in Facing COVID-19? MPRA Paper 99791. Munich: University Library LMU Munich; 2020.
9. Shirouyehzad H, Jouzdani J, Khodadadi-Karimvand M. Fight Against COVID-19: A Global Efficiency Evaluation based on Contagion Control and Medical Treatment. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*. 2020; 7(2): 109-120. doi: 10.22105/jarie.2020.225087.1146
10. Aydin N, Yurdakul G. Assessing Countries' Performances Against COVID-19 via WSIDEA and Machine Learning Algorithms. *Appl Soft Comput*. 2020; 97: 106792. doi: 10.1016/j.asoc.2020.106792.
11. Aydin N, Yurdakul G. Analyzing the Efficiency Bank Branches via Novel Weighted Stochastic Imprecise Data Envelopment Analysis. *RAIRO Operations Research*. 2021; 55(3): 1559-1578. doi: 10.1051/ro/2021067
12. COVID-19 Coronavirus Pandemic. Worldometers Web Site; 2021.
13. Cook WD, Tone K, Zhu J. Data Envelopment Analysis: Prior to Choosing a Model. *Omega*. 2014; 44: 1-4. doi: 10.1016/j.omega.2013.09.004
14. Zanakis SH, Alvarez C, Li V. Socio-Economic Determinants of HIV/AIDS Pandemic and Nations Efficiencies. *Eur J Oper Res*. 2007; 176(3): 1811-1838. doi: 10.1016/j.ejor.2005.10.033
15. Farzipoor-Saen R, Memariani A, Hosseinzadeh-Lotfi F. The Effect of Correlation Coefficient among Multiple Input Vectors on the Efficiency Mean in Data Envelopment Analysis. *Appl Math Comput*. 2005; 162(2): 503-521. doi: 10.1016/j.amc.2003.12.117
16. Likas A, Vlassis N, Verbeek JJ. The Global k-Means Clustering Algorithm. *Pattern Recognit*. 2003; 36(2): 451-461. doi: 10.1016/S0031-3203(02)00060-2
17. Han J, Kamber M, Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques. 3rd ed. Elsevier; 2012.
18. Banker RD, Charnes A, Cooper WW. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Manage Sci*. 1984; 30(9): 1078-1092. doi: 10.1287/mnsc.30.9.1078
19. Sheffi Y. The Resilience Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Enterprise. Cambridge: MIT Press; 2005.
20. Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York: McGraw-Hill; 1980.
21. Haldane V, Foo CD, Abdalla SM, Jung AS, Tan M, Wu S, et al. Health Systems Resilience in Managing the COVID-19 Pandemic: Lessons from 28 Countries. *Nat Med*. 2021; 27: 964-980. doi: 10.1038/s41591-021-01381-y
22. Tabari P, Amini M, Moghadami M, Moosavi M. International Public Health Responses to COVID-19 Outbreak: A Rapid Review. *Iran J Med Sci*. 2020; 45(3): 157-169. doi: 10.30476/ijms.2020.85810.1537
23. Hale T, Yu S, Arnold M. China's Economy Springs Back from Pandemic Hit with Record Growth. Financial Times Web Site; 2021.