



**Araştırma Makalesi • Research Article**

**Analysis of the Efficiency of G-20 Countries' Healthcare Systems During the COVID-19 Period Using the Data Envelopment Analysis Method**

Fuad Selamzade\*

**Abstract:** The COVID-19 pandemic has presented a unique challenge to the resilience and efficiency of global health systems. G-20 countries, which represent a significant portion of the world's population and economy, have exhibited varied responses to this health crisis, with their healthcare systems playing a crucial role in determining both national and global health outcomes. This study employs Data Envelopment Analysis (DEA) to assess the efficiency of the healthcare systems in G-20 countries during the COVID-19 pandemic. Key inputs, such as the number of physicians and nurses, as well as healthcare expenditures, are utilized to evaluate their impact on health outcomes. The study aims to analyze the role of healthcare human resources in responding to the pandemic and to provide policymakers with insights on enhancing preparedness for future crises. A significant finding of the study is the relationship between the ratio of health expenditures to GDP and health outcomes. Increased health expenditures contributed to the flexibility and resilience of health systems in the face of shocks, such as pandemics. However, the study also reveals that financial resources alone are insufficient; these resources must be managed effectively. In particular, the harmonious integration of health expenditures with human resources and infrastructure enhances the overall effectiveness of the system. The study observed significant differences in the efficiency of healthcare systems among G-20 countries. Countries with more developed health infrastructure and higher human resources achieved better health outcomes during the pandemic and managed health services more sustainably. In contrast, countries with limited access to health services and an insufficient health workforce experienced higher mortality rates and demonstrated less resilience to the pandemic.

**Keywords:** G-20, COVID-19, Healthcare Systems, Data Envelopment Analysis, Efficiency

***G-20 Ülkelerinin Sağlık Sistemlerinin COVID-19 Döneminde Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi Kullanılmakla Analizi***

**Öz:** COVID-19 pandemisi, küresel sağlık sistemlerinin dayanıklılığını ve etkinliğini test eden benzersiz bir kriz olarak karşımıza çıkmıştır. G-20 ülkeleri, dünya nüfusunun ve ekonomisinin önemli bir kısmını temsil etmektedir ve sağlık sistemlerinin bu süreçteki performansı hem ulusal hem de küresel sağlık sonuçlarını doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin COVID-19 dönemindeki etkinliği Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile analiz edilmiştir. Hekim ve hemşire sayısı ile sağlık harcamaları gibi girdiler kullanılarak sağlık statüsü üzerinde etkinlik değerlendirilmesi yapılmıştır. Araştırmanın amacı, sağlık insan kaynaklarının pandemiye karşı verdiği tepkileri ve sağlık çıktılarına olan etkilerini analiz etmek, politika yapıcılara gelecekteki krizlere hazırlık için yol gösterecek bulgular sunmaktır. Çalışmanın önemli bulgusu, sağlık harcamalarının GSYH içindeki payı ile sağlık çıktıları arasındaki ilişki olmuştur. Sağlık harcamalarının artırılması, sağlık sistemlerinin pandemi gibi ani krizlere karşı esneklik ve direnç kazanmasına yardımcı olmuştur. Ancak,

\* Doç. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü  
ORCID: 0000-0002-2436-8948 f.salamov@alparslan.edu.tr

**Cite as/ Atıf:** Selamzade, F. (2025). Analysis of the efficiency of G-20 countries' healthcare systems during the COVID-19 period using the data envelopment analysis method. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 562-584. <http://dx.doi.org/10.18506/anemon.1611502>

**Received/Geliş:** 01 Jan/Ocak 20205

**Accepted/Kabul:** 03 May/Mayıs 2025

**Published/Yayın:** 30 August/Ağustos 2025

sadece finansal kaynakların yeterli olmadığını, bu kaynakların etkin bir şekilde yönetilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Özellikle sağlık harcamalarının insan kaynağı ve altyapı ile uyumlu bir şekilde kullanılması, sistemin genel etkinliğini artırmaktadır. Çalışma sonucunda G-20 ülkeleri arasında sağlık sistemlerinin etkinliği açısından önemli farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Daha gelişmiş sağlık altyapısına ve daha yüksek insan kaynağına sahip ülkeler, pandemi sırasında daha iyi sağlık çıktıları elde etmiş ve sağlık hizmetlerini daha sürdürülebilir bir şekilde yönetebilmiştir. Buna karşılık, sağlık hizmetlerine erişimin sınırlı olduğu ve sağlık iş gücü yetersiz olan ülkelerde, ölüm oranlarının daha yüksek ve sağlık sistemlerinin pandemiye karşı direncinin daha zayıf olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** G-20, COVID-19, Sağlık Sistemleri, Veri Zarflama Analizi, Etkinlik

## **Introduction**

The COVID-19 pandemic has emerged as a unique crisis that tested the capacity and efficiency of global healthcare systems on an unprecedented scale. It marked a critical turning point in evaluating the resilience and effectiveness of healthcare systems worldwide. With the onset of the pandemic, the sudden surge in demand for healthcare services underscored the importance of healthcare systems and human resources more clearly than ever before. In this context, understanding the impact of the number of physicians, nurses, and midwives on health outcomes is essential for comprehensively grasping the effects of the pandemic.

The G-20 countries, which represent the world's most powerful and influential nations in terms of both economic and healthcare systems, have attracted significant attention for their responses to the pandemic. The effectiveness of health systems in these countries can directly influence both national and global health outcomes. These nations adopted diverse strategies in areas such as healthcare delivery, workforce efficiency, infrastructure adequacy, and the implementation of public health measures. Assessing the effectiveness of these strategies during the pandemic is crucial for understanding how health systems can better cope with similar crises in the future.

To evaluate the efficiency of the health systems of G-20 countries during the COVID-19 pandemic, the Data Envelopment Analysis (DEA) method was employed. DEA is a mathematical programming technique that assesses the relative efficiency of units by analyzing the relationship between multiple inputs and outputs. This study utilized the CCR model (Constant Returns to Scale), developed by Charnes, Cooper, and Rhodes in 1978, as well as the BCC model (Variable Returns to Scale), developed by Banker, Charnes, and Rhodes in 1982, to evaluate and compare the performance of G-20 health systems during the pandemic.

This study examines the pressures that the pandemic has placed on health systems and how different countries have responded to these challenges, highlighting levels of efficiency and identifying existing gaps. The findings of this analysis aim to provide valuable insights for the development of healthcare policies and preparedness for future pandemics.

## **Literature Review**

In the literature, studies employing Data Envelopment Analysis (DEA) to assess the efficiency of health systems in OECD countries are relatively common; however, similar studies focusing on G20 countries are notably limited. While numerous country-specific studies exist on the healthcare systems within G20 countries, comprehensive evaluations that encompass all member states remain scarce. In this context, several selected studies addressing the healthcare systems of all G20 countries are presented below.

Şener and Yiğit (2017) examined the efficiency of OECD countries for the year 2013 using the DEA method, identifying 14 efficient countries. Konca and Demirci (2019) compared the changes in efficiency within the healthcare systems of G20 countries, including Turkey, utilizing DEA over the period from 2000 to 2015. They found an increase in efficiency for 10 countries, including Turkey. Similarly, Konca, Gözlü, and Çakmak (2019) evaluated the efficiency of G20 health systems from the perspective of health expenditures and determined that 10 countries were efficient. Yesilaydin (2019)

employed fuzzy DEA to investigate whether there were statistically significant differences among OECD countries concerning health indicators, finding that 17 countries were effective at the 1% and 5% alpha levels, while 18 countries were effective at the 1% alpha level.

Selamzade and Özdemir (2020) evaluated the efficiency of OECD countries in combating COVID-19 using data from April 2020, identifying eight countries that demonstrated high efficiency. Küçükaycan (2021) assessed the performance of OECD countries in universal health coverage during the pandemic, revealing significant disparities in mortality rates. Karakas Geyik, Satman, and Kalyoncu (2022) employed multi-criteria decision-making methods to evaluate the healthcare system performance of G20 countries during the pandemic, concluding that three countries outperformed their peers. Sel (2021, 2022) investigated the efficiency levels of G20 health systems for the years 2000 and 2018 using Data Envelopment Analysis (DEA) with various methods and variables.

Akbulut and Şenol (2022) estimated the efficiency levels of high-income countries in combating COVID-19 using Data Envelopment Analysis (DEA). They found that 15 out of 48 countries were efficient, with an average efficiency score of 70%. Çeçen and Akbulut (2023) employed DEA to analyze the efficiency of 20 low-income countries, identifying six as efficient. Acar, Gökkaya, and Şenol (2023) applied DEA to assess the efficiency of 47 middle-income countries, discovering that 18 were efficient. Arslan Aras (2023) examined health system performance by income group during the pandemic, revealing efficiency declines in 7% of low-income, 12% of lower-middle-income, 38% of upper-middle-income, and 61% of high-income countries.

In 2023, Selamzade et al. evaluated the health systems of OECD countries for the year 2021 using Data Envelopment Analysis (DEA) and multi-criteria decision-making methods, identifying five countries as efficient. Eze, Idemili, and Lawani (2024) estimated the technical efficiency of healthcare systems in achieving universal health coverage across 191 countries through the DEA, identifying 41 countries as efficient. Sevim, Şenol, and Akbulut (2024) examined the long-term care efficiency of OECD countries before the COVID-19 pandemic, identifying five efficient countries out of 16. Lastly, Türkoğlu and Abiş (2024) analyzed the efficiency of health indicators among G20 countries using DEA for the period from 2009 to 2020, concluding that three countries maintained efficiency throughout all the years studied.

## Method

Minimizing costs in the production of goods and services is a fundamental concern in economics and business sciences. Debreu (1951), Koopmans (1951), and Farrell (1957) are recognized as pioneers in the analysis of efficiency. Technical efficiency is defined as the maximum reduction of inputs necessary to produce given outputs. Debreu and Koopmans conducted early empirical studies, while Farrell's approach, which did not consider structural inefficiencies, established the foundation for subsequent methodologies (Selamzade & Baghirov, 2022; Yüksel, 2021).

Data Envelopment Analysis (DEA) is a vital method for determining efficiency frontiers and measuring the performance of independent Decision-Making Units (DMUs). DEA is widely applied in various sectors, including public services, healthcare, and education (Selamzade & Özdemir, 2020; Ersoy & Tehci, 2024). DEA is based on input-output ratios, where input-oriented analyses seek to achieve maximum output with minimum input, while output-oriented analyses focus on maximizing output given the available inputs (Coelli, 1998; Yüksel & Yiğit, 2020).

Charnes, Cooper, and Rhodes (CCR) introduced the Constant Returns to Scale (CRS) model in 1978, developing a formula to evaluate the efficiencies of decision-making units (DMUs) using weights. Assuming a DMU produces  $yr$  ( $r=1,2,\dots,s$ ) outputs from  $x_i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ) inputs, the efficiency formula, calculated using weights  $u_r$  and  $v_i$ , is expressed as follows (Charnes et al., 1978):

$$\theta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (1)$$

In the output-oriented Data Envelopment Analysis (DEA) model utilized in this study, the denominator of the formula is normalized to 1, thereby optimizing outputs based on existing inputs (Charnes et al., 1978).

$$\text{Max } \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (2)$$

$$\text{Constraints: } \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1, \quad u_r > 0; \quad v_i > 0$$

Banker, Charnes, and Cooper (BCC) introduced the variable returns to scale (VRS) model in 1984 by incorporating a convexity constraint into the CCR model (Cooper et al., 2011). This constraint, along with  $\lambda_j \geq 0$ , ensures that combinations of  $n$  decision-making units (DMUs) create a concave efficiency frontier (Banker et al., 1984).

When comparing the CCR and BCC models, the ratio of CCR to BCC scores indicates scale efficiency, which does not exceed one (Seiford & Thrall, 1990; Selamzade et al., 2023).

To differentiate between fully efficient Decision-Making Units (DMUs), the Super-efficiency model was developed (Seiford & Thrall, 1990). For output-oriented CRS super-efficiency, the following formula is applied:

$$\text{Max } \varphi$$

$$\text{Constraints: } \sum_{j=0}^n \lambda_j x_j \leq x_0; \quad \sum_{j=0}^n \lambda_j y_j \geq \varphi y_0; \quad \varphi, \lambda_j \geq 0, \quad j \neq 0;$$

$$\sum_{j=0}^n \lambda_j = 1$$

For VRS super-efficiency, the convexity constraint  $\sum_{j=0}^n \lambda_j = 1$  is added to the formula above (Cooper, Seiford, & Zhu, 2011)

## Data

The data for G20 countries in 2020 were obtained from the World Bank, the Worldometers Coronavirus database, and the European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) database. The most recent data from 2021 were used for Brazil and South Africa, as data on physicians and nurses for 2020 were unavailable. The COVID-19 mortality rates, another variable included in the study, were retrieved for December 30-31, 2020. The authors calculated the COVID-19 mortality rates for the European Union using data from the ECDC website, processed in Excel. Efficiency analyses were conducted using the DEA-SOLVER-LV (V3) software. The input and output variables employed in the study are presented in Table 1.

**Table 1.** Input and Output Variables and Definitions

Inputs	Doctors	General and specialist doctors per 1,000 population.
	Nurses	Nurses and midwives working in healthcare institutions per 1,000 population
	SH\$	Current health expenditure per capita in current US dollars
	KSH\$	Public health expenditure per capita from domestic sources in current US dollars
	CSH\$	Out-of-pocket health expenditures per capita in current US dollars
Outputs	DYS	Life expectancy at birth, in total years
	KÖÖ	Crude death rate, representing the estimated number of deaths per 1,000 people annually (inverse)
		Neonatal mortality rate, indicating the number of neonates per 1,000 live births dying within 28 days (inverse)
	YÖÖ	Infant mortality rate, reflecting the number of infants per 1,000 live births dying before reaching one year of age (inverse)
		Under-five mortality rate, representing the probability of a newborn dying before age five per 1,000 live births (inverse)
	ÇÖÖ	COVID-19 case rate per 100,000 population (inverse)
		COVID-19 mortality rate per 100,000 population (inverse)

All data except for CVR and MVR were sourced from World Bank statistics: <https://data.worldbank.org>. CVR and MVR data were obtained from the Worldometers Coronavirus Data and European Union COVID-19 statistics: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>; <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/archive-historical-data-testing-volume-covid-19>; <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/download-historical-data-20-june-2022-weekly-number-new-reported-covid-19-cases>

To estimate the efficiency of G20 countries' healthcare systems, the models presented in Table 2 were developed.

**Table 2.** Input and Output Variables and Definitions

Version	Models	Inputs			Outputs		
Version 1	Model 1	Doctors	Nurses	SH\$	DYS	KÖÖ	ÇÖÖ
	Model 2	Doctors	Nurses	SH\$	YÖÖ	BÖÖ	ÇÖÖ
	Model 3	Doctors	Nurses	SH\$	TVS	ÖVS	
Version 2	Model 4	SH\$	KSH\$	CSH\$	DYS	KÖÖ	ÇÖÖ
	Model 5	SH\$	KSH\$	CSH\$	YÖÖ	BÖÖ	ÇÖÖ
	Model 6	SH\$	KSH\$	CSH\$	TVS	ÖVS	

To calculate the output-oriented efficiency of healthcare systems in G-20 countries during the COVID-19 pandemic in 2020, we aimed to assess the efficiency levels of these countries based on optimized input and output levels. Six models were developed using two different sets of input variables. In Version 1, the input variables included the number of doctors and nurses per 100,000 people, as well as health expenditures per capita. In Version 2, the input variables comprised current health expenditures per capita, public health expenditures, and out-of-pocket health expenditures per capita, all measured in current US dollars. For both versions, the output variables are categorized as follows: (1) life expectancy

at birth, crude death rate, and under-five mortality rate; (2) neonatal, infant, and under-five mortality rates; and (3) COVID-19 case and mortality rates per 100,000 population.

### Findings

Table 3 presents the efficiency analysis estimates for the healthcare systems of G-20 countries based on the models developed for Version 1, utilizing both the CCR and BCC methods. In all three models, the CCR and BCC analyses identified India, Indonesia, and the Republic of Korea as efficient. Additionally, Japan, the People's Republic of China, and Italy were found to be efficient in Models 1 and 2. Among the countries that were inefficient under the CCR method but efficient under the BCC method, Russia, Turkey, and Saudi Arabia were classified as efficient in Model 1, while Russia was efficient in Model 2, and Australia was efficient in Model 3. The United States exhibited the lowest efficiency score across all models under both the CCR and BCC methods.

In Model 1, Russia, Turkey, and Saudi Arabia achieved efficiency scores above 90% under the CCR model, thereby attaining full efficiency under the BCC model. In the BCC analysis for Model 1, 11 countries that did not achieve full efficiency still recorded scores above 90%. In Model 2, only Turkey attained a score above 90%, while all other countries scored below 70%. In Model 3, only Japan and Australia achieved scores of around 60%, whereas all other countries scored below 35%.

**Table 3.** Efficiency Analysis Results for Models Developed in Version 1

Countries	Model 1			Model 2			Model 3		
	CCR	BCC	RTS	CCR	BCC	RTS	CCR	BCC	RTS
Argentina	0,514	0,962	C	0,478	0,546	D	0,054	0,055	C
Australia	0,500	0,996	C	0,444	0,632	C	0,589	1	D
Brazil	0,491	0,957	C	0,479	0,498	C	0,054	0,059	C
Canada	0,633	0,983	C	0,519	0,525	I	0,062	0,079	C
China HC	1	1	C	1	1	C	0,052	0,054	C
Germany	0,542	0,959	C	0,528	0,651	C	0,040	0,055	D
France	0,567	0,974	C	0,531	0,575	C	0,023	0,031	D
India	1	1	C	1	1	C	1	1	C
Indonesia	1	1	C	1	1	C	1	1	C
Italy	1	1	C	1	1	C	0,043	0,044	C
Japan	1	1	C	1	1	C	0,618	0,650	D
Korea Rep.	1	1	C	1	1	C	1	1	C
Mexico	0,783	0,919	C	0,608	0,660	I	0,322	0,342	C
Russian Fed.	0,933	1	D	1	1	C	0,083	0,107	C
Saudi Arabia	0,993	1	D	0,664	0,676	D	0,188	0,191	C
South Africa Rep.	0,738	0,922	C	0,481	0,483	C	0,124	0,133	C
Turkey	0,915	1	D	0,915	0,949	C	0,206	0,249	C
United Kingdom	0,678	0,962	C	0,634	0,645	C	0,029	0,030	D
United States	0,397	0,913	C	0,326	0,375	C	0,013	0,019	D
European Union	0,617	0,961	C	0,609	0,679	C	0,029	0,033	D
Average	0,765	0,975		0,711	0,745		0,276	0,307	

Table 4 summarizes the efficiency analysis estimates for the healthcare systems of G-20 countries based on the models developed for Version 2, using both the CCR and BCC methods. In all three models,

the analyses identified India and Indonesia as efficient under both CCR and BCC methods. Furthermore, Japan, the People's Republic of China, Turkey, and South Africa were deemed efficient in Model 4, while Japan, the People's Republic of China, and Turkey were efficient in Model 5. Among the countries that were inefficient under CCR but efficient under BCC, Russia, South Korea, and Saudi Arabia were classified as efficient in Model 4; South Africa, Russia, and South Korea in Model 5; and Japan, South Africa, South Korea, and Australia in Model 6. Notably, the United States consistently exhibited the lowest efficiency score under both CCR and BCC methods across all three models.

In the CCR analysis, Saudi Arabia achieved a score exceeding 90% in Model 4, Russia in Model 5, and Japan in Model 6, demonstrating full efficiency under the BCC method. Additionally, in the BCC analysis, Australia in Model 4, Italy in Model 5, and Saudi Arabia in Model 6 scored above 90%. In Model 4, 11 countries that were not fully efficient still had efficiency scores above 90%. In Model 5, only Russia and Italy scored above 90% under CCR and BCC analyses, respectively, while other countries scored below 80%. In Model 6, Japan achieved a relatively high score of 70.7% under CCR, and South Korea scored 56.2%, while other countries scored below 40% in both CCR and BCC estimates.

**Table 4.** Efficiency Analysis Results for Models Developed in Version 2

Countries	Model 4			Model 5			Model 6		
	CCR	BCC	RTS	CCR	BCC	RTS	CCR	BCC	RTS
Argentina	0,497	0,962	D	0,496	0,584	D	0,023	0,055	D
Australia	0,459	0,999	D	0,457	0,632	C	0,377	1	D
Brazil	0,516	0,950	D	0,507	0,525	C	0,033	0,063	D
Canada	0,361	0,972	D	0,356	0,471	C	0,030	0,076	D
China HC	1	1	C	1	1	C	0,017	0,037	D
Germany	0,459	0,958	C	0,459	0,649	C	0,030	0,060	D
France	0,636	0,983	D	0,609	0,611	I	0,021	0,045	D
India	1	1	C	1	1	C	1	1	C
Indonesia	1	1	C	1	1	C	1	1	C
Italy	0,750	0,990	D	0,750	0,990	D	0,011	0,035	D
Japan	1	1	C	1	1	C	0,707	1	D
Korea Rep.	0,683	1	D	0,704	1	D	0,562	1	D
Mexico	0,467	0,909	C	0,467	0,601	C	0,073	0,211	D
Russian Fed.	0,819	1	D	0,984	1	D	0,045	0,107	D
Saudi Arabia	0,984	1	D	0,808	0,818	C	0,193	0,260	D
South Africa Rep.	1	1	C	0,797	1	I	0,342	1	I
Turkey	1	1	C	1	1	C	0,201	0,247	D
United Kingdom	0,478	0,952	D	0,470	0,558	C	0,013	0,032	D
United States	0,202	0,913	D	0,193	0,375	C	0,008	0,019	D
European Union	0,600	0,959	D	0,600	0,688	D	0,016	0,037	D
Average	0,696	0,977		0,683	0,775		0,235	0,364	

These findings indicate that in 2020, according to the BCC analysis for Models 1 and 4, there wasn't much need for major changes in health indicators like life expectancy, crude death rate, and child mortality rate, as efficiency levels were almost at their best. However, this conclusion does not hold for

Models 2 and 5, which focus on neonatal, infant, and child mortality rates, and Models 3 and 6, which examine COVID-19 case and death rates.

In Models 2 and 5, apart from efficient countries or those with scores near efficiency, other nations need to make more efforts to reduce neonatal, infant, and child mortality rates. In Models 3 and 6, CCR and BCC analyses revealed that, except for efficient countries and Japan, other nations' healthcare systems were highly passive and inefficient during the onset of the COVID-19 pandemic in 2020.

Table 5 displays the super-efficiency scores calculated using the CCR method for all models. In Model 2, Japan achieved the highest score, while Indonesia had the highest score in Model 3. India achieved the highest super-efficiency score in the other models.

Countries with the lowest super-efficiency scores were South Korea (Models 1 and 3), Russia (Model 2), and Indonesia (Models 4, 5, and 6).

Table 6 presents the super-efficiency scores calculated using the BCC method for all models. In Model 1 and Model 4, Saudi Arabia achieved the highest scores, Japan in Model 2 and Model 5, and South Korea in Model 3 and Model 6.

**Table 5.** Super-efficiency Scores Using CCR Method

Model 1		Model 2		Model 3	
Countries	Score	Countries	Score	Countries	Score
India	2,732	Japan	1,679	Indonesia	2,782
Italy	1,314	India	1,519	India	1,687
Indonesia	1,293	China HC	1,369	Korea Rep.	1,597
China HC	1,245	Italy	1,314		
Japan	1,199	Indonesia	1,311		
Korea Rep.	1,172	Korea Rep.	1,165		
		Russian Fed	1,080		
Model 4		Model 5		Model 6	
Countries	Score	Countries	Score	Countries	Score
India	3,898	India	2,249	India	2,378
Japan	1,646	Japan	1,758	Indonesia	2,182
South Africa	1,594	China HC	1,198		
Turkey	1,149	Türkiye	1,118		
China HC	1,029	Indonesia	1,087		
Indonesia	1,005				

**Table 6.** Super-efficiency Scores Using BCC Method

Model 1		Model 2		Model 3	
Countries	Score	Countries	Score	Countries	Score
Saudi Arabia	2,120	Japan	1,750	Korea Rep.	2,198
Italy	1,337	China HC	1,492	Australia	1,102
China HC	1,276	Italy	1,337	Indonesia	1
Japan	1,247	Russian Fed.	1,307	India	1
Russian Fed.	1,222	Korea Rep.	1,169		
Korea Rep.	1,199	Indonesia	1		
Türkiye	1,059	India	1		

Model 4		Model 5		Model 6	
Countries	Score	Countries	Score	Countries	Score
Indonesia	1				
India	1				
Saudi Arabia	2,168	Japan	2,952	Korea Rep.	2,572
Japan	1,690	China HC	1,347	Indonesia	2,351
Korea Rep.	1,284	Russian Fed.	1,307	Australia	1,247
Russian Fed.	1,222	Korea Rep.	1,227	Japan	1,142
China HC	1,207	Türkiye	1,139	South Africa Rep.	1
Türkiye	1,154	Indonesia	1,124	India	1
Indonesia	1,008	South Africa Rep.	1		
South Africa Rep.	1	India	1		
India	1				

In Models 1, 2, and 3, Indonesia and India had the lowest super-efficiency scores, while in Models 4, 5, and 6, South Africa and India had the lowest scores.

## Discussion

This study evaluates the efficiency of healthcare systems of G-20 countries during the COVID-19 period using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. The results of the models used to analyze the performance of healthcare systems align with findings from similar studies in the literature, serving as a complementary contribution to this body of research.

Firstly, Selamzade and Özdemir (2020) examined the efficiency of OECD countries in combating COVID-19 using data envelopment analysis (DEA) and reported that eight countries were efficient. This study highlighted that the low-efficiency scores in models that accounted for COVID-19 cases and mortality rates reflected the unpreparedness of healthcare systems in the early stages of the pandemic. Similarly, this study found that high-income countries such as the United States and the European Union scored low in efficiency in some models. Şener and Yiğit (2017) analyzed the efficiency of the healthcare systems in OECD countries in 2013 and identified 14 countries as fully efficient. In this study, which includes G-20 countries, India, Indonesia, and South Korea consistently achieved high-efficiency scores across both versions of the analysis, demonstrating their ability to provide cost-effective healthcare services. Küçükaycan (2021) evaluated the performance of OECD countries during the COVID-19 pandemic and identified significant disparities in mortality rates. The findings of this study confirm that the impact of COVID-19 varies across countries. For instance, Japan's healthcare system achieved high-efficiency scores during the pandemic period. Ersoy and Aktaş (2022) and Arslan and Aras (2023) analyzed the healthcare system performance of countries during COVID-19 based on income groups and reported that high-income countries were largely efficient. This study corroborated these findings, revealing that high-income countries, as well as developing nations like India and Indonesia, displayed high-efficiency scores. Eze, Idemili, and Lawani (2024) investigated the efficiency of healthcare systems in achieving universal health coverage in 191 countries and identified 41 efficient countries. The findings of this study demonstrate that disparities in the allocation of healthcare expenditures directly affect efficiency levels. Yesilaydin (2019) evaluated healthcare indicators in OECD countries using fuzzy data envelopment analysis (DEA). The findings underscore the critical role of mortality rates as key variables in efficiency analysis. Türkoğlu and Abiş (2024) analyzed the healthcare indicators of G-20 countries from 2009 to 2020 and reported that three countries were

consistently efficient across all years. This study also found that India, Indonesia, and South Korea were consistently efficient, emphasizing the success of their healthcare policies. Finally, Karakaş Geyik, Satman, and Kalyoncu (2022) assessed the performance of G-20 countries in combating COVID-19 using multi-criteria decision-making methods and identified three countries as outperforming others. Similarly, this study found Japan and India to be among the leading countries during the COVID-19 period.

## **Conclusion**

This study examines the efficiency of healthcare systems of G-20 countries during the COVID-19 pandemic using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. The findings illustrate how efficiently countries utilize their human and financial healthcare resources and their impact on improving health outcomes. Notably, human resource inputs such as the number of physicians and nurses were found to play a critical role in the healthcare systems' response to the pandemic. This underscores the importance of investing in human resources to ensure the uninterrupted and effective delivery of healthcare services.

Significant differences in the efficiency of healthcare systems were observed among G-20 countries. Nations with more developed healthcare infrastructure and higher human resources achieved better health outcomes and managed healthcare delivery more sustainably during the pandemic. Conversely, countries with limited access to healthcare services and insufficient healthcare personnel experienced higher mortality rates and weaker system resilience against the pandemic. One of the key findings highlights the relationship between the share of healthcare expenditures in GDP and health outcomes. Increasing healthcare expenditures contributed to the healthcare systems' flexibility and resilience against sudden crises like the pandemic. However, the study emphasizes that financial resources alone are insufficient; effective management of these resources is essential. Aligning healthcare expenditures with human resources and infrastructure usage is crucial for enhancing overall system efficiency.

During the pandemic, healthcare systems were tested not only in the treatment of patients but also in their capacity to deliver preventive health services. In this context, increasing the number of physicians and nurses played a vital role in both patient care and protecting public health. The findings show that expanding the healthcare workforce effectively reduced COVID-19-related mortality rates and improved long-term health indicators, such as life expectancy at birth.

## **Recommendations**

The efficiency evaluation conducted using DEA reveals deficiencies in healthcare systems and guides areas needing improvement. The study highlights the efficient use of the healthcare workforce and resources as the foundation for creating more resilient healthcare systems against pandemics. Increasing human resources and ensuring the efficient utilization of healthcare investments are critical for preparing for future health crises. Finally, this study makes a valuable contribution to research in health policy and healthcare management. Analyzing a group like the G-20, composed of both developed and developing countries, offers insights into how healthcare systems respond differently to a global crisis. Such comparisons between countries can guide policymakers in developing strategies to strengthen healthcare systems and enhance preparedness for future health crises.

Future research can extend this study by employing different methods and data sources to assess healthcare system efficiency. In particular, policy measures aimed at improving access to and the quality of healthcare services in developing countries are increasingly important in the post-pandemic era. Adopting multidimensional approaches to enhance healthcare system efficiency and resilience against pandemics is necessary.

### **Disclosure Statements**

**1. Declaration of the contribution of the researchers:** The entire manuscript was prepared by Fuad Selamzade.

**2. Conflict of interest:** “There is no conflict of interest.”

**3. Ethics Report:** As the study did not involve human or animal subjects, ethical committee approval was not required.

**4. Research Model:** This study is classified as a research article. The analysis was conducted using the Data Envelopment Analysis (DEA) method, specifically employing the CCR (Charnes, Cooper, and Rhodes) and BCC (Banker, Charnes, and Cooper) models to evaluate the efficiency of healthcare systems in G-20 countries during the COVID-19 pandemic. These methods were chosen because they allow for the assessment of relative efficiency across decision-making units (DMUs) with multiple inputs and outputs, providing a robust framework for analyzing the complex interplay of healthcare resources and outcomes. The CCR model assumes constant returns to scale, while the BCC model accounts for variable returns to scale, ensuring comprehensive and nuanced efficiency evaluations.

## TÜRKÇE SÜRÜM

### Giriş

COVID-19 pandemisi, küresel çapta sağlık sistemlerinin kapasitesini ve etkinliğini test eden benzersiz bir kriz olarak karşımıza çıkmıştır. COVID-19 pandemisi, küresel sağlık sistemlerinin dayanıklılığını ve etkinliğini test eden kritik bir dönüm noktası olmuştur. Pandeminin başlamasıyla birlikte sağlık hizmetlerine olan talebin ani artışı, sağlık sistemlerinin ve insan kaynaklarının önemini daha net bir şekilde ortaya koymuştur. Bu bağlamda, hekim ve hemşire ile ebe sayısının sağlık sonuçları üzerindeki etkilerini anlamak, pandeminin etkilerini daha kapsamlı bir şekilde kavrayabilmek için büyük bir öneme sahiptir.

G-20 ülkeleri, hem ekonomik hem de sağlık sistemleri açısından dünyanın en güçlü ve önemli ülkeleri arasında yer almakta olup, pandemiye verdikleri tepkiler büyük bir dikkatle incelenmiştir. Bu ülkelerdeki sağlık sistemlerinin etkinliği, hem ulusal hem de küresel sağlık sonuçlarını doğrudan etkileyebilmektedir. Bu ülkeler, sağlık hizmetlerinin sunumu, sağlık çalışanlarının etkinliği, sağlık altyapısının yeterliliği ve halk sağlığı önlemlerinin uygulanması gibi alanlarda farklı stratejiler geliştirmişlerdir. Pandemi sürecinde bu stratejilerin etkinliğinin değerlendirilmesi, sağlık sistemlerinin gelecekte benzer krizlerle nasıl başa çıkabileceğini anlamak açısından kritik önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, G-20 ülkelerinin COVID-19 dönemindeki sağlık sistemlerinin etkinliğini incelemek amacıyla Veri Zarflama Analizi (VZA, Data Envelopment Analysis - DEA) yöntemi kullanılmıştır. DEA, çoklu girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi değerlendirerek birimlerin göreceli etkinliğini ölçmeye olanak tanıyan matematiksel bir programlama tekniğidir. Bu çalışmada, G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin COVID-19 sürecindeki performansını değerlendirmek ve karşılaştırmak için 1978 yılında Charnes Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen ölçeğe göre sabit getirili CCR ve 1982 yılında Banker, Charnes ve Rhodes tarafından geliştirilen ölçeğe göre değişken getirili BCC yöntemi kullanılmıştır.

Bu bildiriye, pandeminin sağlık sistemleri üzerindeki baskıları ve farklı ülkelerin bu zorluklara nasıl yanıt verdiği ele alınmakta, etkinlik düzeyleri ve eksiklikler ortaya konulmaktadır. Bu analiz, sağlık politikalarının geliştirilmesi ve gelecekteki pandemilere karşı hazırlıklı olma açısından önemli bulgular sunmayı amaçlamaktadır.

### Literatür Taraması

Literatürde OECD ülkelerinin sağlık sistemlerinin etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi yöntemi ile belirlenmesine yönelik çalışmalar bulunsa da G20 ülkeleri için benzer çalışmaların çok az sayıda olduğu tespit edilmiştir. G20 ülkelerinin sağlık sistemlerine ilişkin ülke bazlı birçok çalışma mevcut olmakla birlikte, bu ülkelerin tamamını kapsayan bütüncül analizlere daha sınırlı sayıda çalışmada yer verilmektedir. Bu bağlamda, G20 ülkelerinin tümünü ele alan bazı örnek çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Şener ve Yiğit (2017) çalışmalarında OECD ülkelerinin 2013 yılı için verimliliğini VZA yöntemi ile incelemişlerdir. Çalışma sonucunda 14 ülkenin verimli olduğu tespit edilmiştir. Konca ve Demirci (2019) çalışmalarında G20 ülkeleri ve Türkiye'nin sağlık sistemlerinin etkinlik değişimini yıllara göre VZA yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda 2000-2015 yıllarında Türkiye de dahil olmakla 10 ülkenin etkinlik değişiminde artış olduğu tespit edilmiştir. Konca, Gözlü ve Çakmak (2019) çalışmalarında G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin etkinliklerini sağlık harcamaları yönünden VZA kullanarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda 10 ülkenin etkin olduğu belirlenmiştir. Yesilaydin (2019) çalışmasında OECD ülkeleri arasında sağlık göstergeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için bulanık veri zarflama analizi yönteminin kullanmıştır. Çalışma sonucunda 17 ülkenin %1 ve %5, 18 ülkenin ise %1  $\alpha$ -kesimde etkili olduğu tespit edilmiştir. Selamzade

ve Özdemir (2020) çalışmasında 2020 yılının Nisan ayı verileri ile OECD ülkelerinin Covid-19 ile mücadelede etkinliklerini belirlemeye çalışmıştır. Çalışma sonucunda 8 ülkenin etkin olduğu tespit edilmiştir.

Küçükaycan (2021) çalışmasında Covid-19 pandemisiyle mücadelede OECD ülkelerinin performansını evrensel sağlık kapsayıcılığı açısından incelemiştir. Çalışma sonucunda OECD ülkelerinin performansında ölüm oranları bakımından farklılık olduğu görülmüştür. Karakas Geyik, Satman ve Kalyoncu (2022) çalışmalarında Covid-19 pandemisi ile mücadelede G20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin performanslarını çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda 3 ülkenin diğer ülkelere göre daha başarılı olduğu ortaya koyulmuştur. Sel 2021 ve 2022 yıllarında yayımladığı, farklı yöntemler ve girdi ve çıktılar kullandığı çalışmalarında G20 ülkelerinin 2000 ve 2018 yılları için sağlık sistemlerinin etkinlik düzeylerini VZA yöntemi kullanarak belirlemiştir. Akbulut ve Şenol (2022) çalışmalarında üst gelir grubundaki ülkelerin Covid-19 pandemisi ile mücadeledeki etkinlik düzeyini Veri Zarflama Analizi kullanarak tahmin etmiştir. Çalışmaya dahil edilen 48 ülkeden 15'i verimli olarak tahmin edilmiş ve tüm ülkelerin verimlilik ortalaması %70 olarak bulunmuştur.

Çeçen ve Akbulut (2023) düşük gelir grubunda yer alan 20 ülkenin etkinlik düzeyinin VZA yöntemi ile belirlendiği çalışmalarında 6 ülkenin etkin olduğu tespit edilmiştir. Acar, Gökkaya, ve Şenol (2023) orta gelir grubunda yer alan 47 ülkenin etkinlik düzeyinin VZA yöntemi ile belirlendiği çalışmalarında 18 ülkenin etkin olduğunu belirlemiştir. Arslan Aras (2023) çalışmasında Covid-19 pandemisi döneminde ülkelerin gelir gruplarına göre sağlık sistemlerinin performansını VZA yöntemi ile incelemiştir. Çalışma sonucunda göre düşük gelirli ülkelerin %7'sinin, alt orta gelirli ülkelerin %12'sinin, üst orta gelirli ülkelerin %38'inin ve yüksek gelirli ülkelerin %61'nin etkinliklerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Selamzade vd. (2023) çalışmalarında 2021 yılı verileri ile OECD ülkelerinin sağlık sistemlerinin etkinliklerini VZA ve Çok Kriterli Karar verme Yöntemleri kullanarak değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda 5 ülke etkin çıkmıştır.

Eze, Idemili, ve Lawani (2024) çalışmalarında 191 ülkede evrensel sağlık kapsamına ulaşma yolunda sağlık sistemlerinin teknik verimliliğini VZA kullanarak tahmin etmişlerdir. Çalışma sonucunda incelenen 191 ülkeden 41'inin sağlık kapsamına ulaşma yolunda sağlık sistemlerinin verimli olduğunu tahmin etmiştir. Sevim, Şenol ve Akbulut (2024) çalışmalarında Covid-19 pandemisinden önceki dönemde OECD ülkelerinin uzun dönemli bakım hizmetlerinin etkinliğini VZA yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda değerlendirmeye alınan 16 ülkeden 5'inin etkin olduğu tespit edilmiştir. Türkoğlu ve Abiş (2024) çalışmalarında VZA kullanarak G-20 ülkelerinin sağlık göstergelerinin 2009-2020 yılı verileri ile etkinliklerini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda 3 ülkenin tüm yıllarda etkin olduğu tespit edilmiştir.

## Yöntem

Mal ve hizmet üretiminde maliyetlerin en aza indirilmesi, ekonomi ve işletme bilimlerinde temel bir konu olup, etkinlik analizlerinde Debreu (1951), Koopmans (1951) ve Farrell (1957) öncü isimler olarak kabul edilmektedir. Teknik etkinlik, mevcut çıktıların üretimi için girdilerin maksimum oranda azaltılabilmesi olarak tanımlanmıştır. İlk ampirik çalışmalar Debreu ve Koopmans tarafından gerçekleştirilmiş, Farrell'in yapısal etkinsizliği dikkate almayan yaklaşımı ise daha sonra geliştirilecek yöntemlere temel oluşturmuştur (Selamzade & Baghirov, 2022; Yüksel, 2021).

Veri Zarflama Analizi (VZA), etkinlik sınırlarını belirleyerek bağımsız karar verici birimlerin (KVB) performansını ölçen önemli bir yöntemdir ve özellikle kamu sektörü, sağlık ve eğitim alanlarında kullanılmaktadır (Selamzade & Özdemir, 2020; Ersoy & Tehci, 2024). VZA, girdi-çıkıtı oranlarına dayalı olup, girdi yönelimli analizler minimum girdi ile maksimum çıktı elde etmeyi, çıktı yönelimli analizler ise mevcut girdilerle en yüksek çıktıyı hedeflemektedir (Coelli, 1998; Yüksel & Yiğit, 2020).

Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR), 1978’de sabit ölçekli model yaklaşımını geliştirmiş ve Karar Verici Birimlerin (KVB) etkinliklerini ağırlıklarla ölçen bir formül oluşturmuşlardır. Bir KVB’nin  $r$  ( $r=1,2,\dots,s$ ) çıktılarını  $x_i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ) girdilerinden ürettiği varsayıldığında, değişkenler üzerinde hesaplanan  $u_r$  ve  $v_i$  ağırlıkları kullanılarak aşağıdaki denklem ile etkinlik formülü yazılır (Charnes et al., 1978):

$$\theta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (1)$$

Çalışmada da kullanılan yöntem olan çıktı odaklı VZA mevcut girdiler ile çıktıların optimize edilmesi için (1) formülündeki payda 1’e eşitlenerek aşağıdaki formül ile etkinlik düzeyi tespit edilir: (Charnes et al., 1978).

$$\text{Max } \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (2)$$

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1; \quad u_r > 0; \quad v_i > 0$$

Banker, Charnes ve Cooper (BCC) ise 1984’te ölçeğe göre değişken getirili model yaklaşımını sunmuştur (Cooper et al., 2011). BCC modeli CCR modeline  $e\lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$  kısıtının eklenmesi ile elde edilmektedir (Banker et al., 1984). Bu kısıt,  $\lambda_j \geq 0$  şartı ile birlikte,  $n$  tane KVB’nin farklı kombinasyonlarının, ancak içbükey bir etkinlik üst sınır çizgisi kapsamında gerçekleşmesini mümkün kılmaktadır.

CCR ve BCC modelleri karşılaştırıldığında, CCR skoru ve BCC skorunun oranı ölçek etkinliğini belirlemektedir (Seiford ve Thrall, 1990; Selamzade et al., 2023). Ölçek etkinliği birden büyük olmamaktadır.

Veri Zarflama Analizlerinde tam etkinlik skoru alan KVB’lerden hangisinin daha etkin olduğunun belirlenmesi için Süper Etkinlik modeli geliştirilmiştir (Seiford ve Thrall, 1990). Çıktı yönelimli ölçeğe göre sabit getirili Süper Etkinlik skorlarının hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$\text{Max } \varphi \quad (3)$$

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq x_0; \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq \varphi y_0; \quad \varphi, \lambda_j \geq 0, \quad j \neq 0;$$

Ölçeğe göre değişken getirili Süper Etkinlik analizinin yapılması için ise (3) formülüne  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$  kısıtı eklenmektedir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011).

## Amaç ve Veriler

Çalışmada, 2020 yılı için G20 ülkelerine ait veriler Dünya Bankası, Worldometers Koronavirüs veritabanı ve Avrupa Hastalık Önleme ve Kontrol Merkezi (European Centre for Disease Prevention and Control - ECDC) web sitesi veri tabanından elde edilmiştir. Brezilya ve Güney Afrika için 2020 yılına ait hekim ve hemşire verilerine ulaşamadığı için en güncel 2021 verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bir diğer değişken olan Covid-19 ölüm oranları ise 30-31 Aralık 2020 tarihleri için elde edilmiştir. Avrupa Birliği’nin Covid-19 ölüm oranları, ECDC web sitesinden elde edilen veriler kullanılarak yazarlar tarafından Excel programında hesaplanmıştır. Etkinlik analizleri DEA-SOLVER-LV(V3) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Girdi ve Çıktı Değişkenleri ve Tanımları

Girdiler	Doktor	1000 kişi başına genel ve uzman doktor sayısı
	Hemşire	1000 kişi başına sağlık kurumlarında çalışan tüm hemşire ve ebe sayısı
	SH\$	Cari ABD doları cinsinden kişi başına sağlık için cari harcamalar
	KSH\$	Cari ABD doları cinsinden kişi başına yerel kaynaklardan gelen sağlık için kamu harcamaları
	CSH\$	Cari ABD doları cinsinden kişi başına cepten sağlık harcamaları
Çıktılar	DYS	Toplam yıl olarak doğumda beklenen yaşam süresi Yıl ortasında tahmin edilen 1000 kişi başına yıl içinde meydana gelen ölüm sayısını gösterir (tersi)
	KÖO	Cari yılda 1000 canlı doğum başına 28 günlük yaşa ulaşmadan ölen yenidoğan sayısıdır (tersi)
	YÖO	Cari yılda 1000 canlı doğum başına bir yaşına ulaşmadan ölen bebek sayısıdır (tersi)
	BÖO	Cari yılda yeni doğmuş bir bebeğin beş yaşına gelmeden ölme olasılığının 1000'delik durumudur (tersi)
	ÇÖO	
	TVS	Yüz bin nüfusa düşen COVID-19 Vaka sayısı (tersi)
	ÖVS	Yüz bin nüfusa düşen COVID-19'dan ölen sayısı (tersi)

TVS ve ÖVS hariç tüm veriler Dünya Bankası istatistiklerinden elde edilmiştir. <https://data.worldbank.org>

TVS ve ÖVS verileri Worldometers Coronavirus Data ve Avrupa Birliği'nin Covid-19 Vaka ve Ölüm istatistiklerinden elde edilmiştir. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>

<https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/archive-historical-data-testing-volume-covid-19>

<https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/download-historical-data-20-june-2022-weekly-number-new-reported-covid-19-cases>

G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin verimlilik tahminlerinin yapılması için Tablo 2'de sunulmuş Modeller oluşturulmuştur.

**Tablo 2.** Girdi ve Çıktı Değişkenleri ve Tanımları

Versiyon	Modeller	Girdiler			Çıktılar		
Versiyon 1	Model 1	Doktor	Hemşire	SH\$	DYS	KÖO	ÇÖO
	Model 2	Doktor	Hemşire	SH\$	YÖO	BÖO	ÇÖO
	Model 3	Doktor	Hemşire	SH\$	TVS	ÖVS	
Versiyon 2	Model 4	SH\$	KSH\$	CSH\$	DYS	KÖO	ÇÖO
	Model 5	SH\$	KSH\$	CSH\$	YÖO	BÖO	ÇÖO
	Model 6	SH\$	KSH\$	CSH\$	TVS	ÖVS	

G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin 2020 yılı itibarıyla COVID-19 döneminde çıktı yönelimli etkinliğinin hesaplanması, yani mevcut girdiler ile çıktılarının optimize düzeylerine göre ülkelerin etkinlik düzeyinin belirlenmesi için 2 farklı girdi versiyonu ile 6 model oluşturulmuştur. Versiyon 1’de yüz bin kişi başına düşen doktor ve hemşire sayısı ile kişi başına sağlık harcaması, Versiyon 2’de ise cari ABD doları cinsinden kişi başına sağlık için cari harcamalar, kamu sağlık harcamaları ve cepten sağlık harcamaları girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. Her iki versiyon için oluşturulan modellerde çıktı değişkeni olarak önce doğumda beklenen yaşam süresi, kaba ölüm hızı ve çocuk ölüm oranı; sonra yenidoğan, bebek ve ölüm oranları; son olarak ise COVID-19 pandemisi döneminde yüz bin kişi başına düşen vaka ve ölüm sayısı çıktı değişkeni olarak ele alınmıştır.

## Bulgular

Tablo 3’te G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin Versiyon 1 için oluşturulan modeller ile CCR ve BCC yöntemleri ile yapılmış etkinlik analizleri tahmin sonuçları sunulmuştur. Her üç model için yapılan CCR, dolayısı ile hem de BCC analizlerinde Hindistan, Endonezya ve Kore Cumhuriyeti etkin olmuştur. Ayrıca Model 1 ve Model 2’de Japonya, Çin HC ve İtalya etkin olmuştur. CCR analizinde etkin olmayıp, BCC analizinde etkin olan ülkelere bakıldığında Model 1’de Rusya Federasyonu, Türkiye ve Suudi Arabistan, Model 2’de Rusya Federasyonu, Model 3’te ise Avustralya etkin olmuştur. Her üç model ile yapılan CCR ve BCC analizlerinde en az etkinlik skoru alan ülke ABD olarak tahmin edilmiştir. Model 1 için CCR yöntemi ile yapılan analizlerde Rusya Federasyonu, Türkiye ve Suudi Arabistan %90’ın üzerinde etkinlik skoru almıştır ki, BCC yöntemi ile yapılan analizde bu ülkeler tam etkin olmuşlardır. Model 1 için yapılan BCC analizinde tam etkinlik puanı almayan 11 ülke de %90’ın üzerinde etkin olmuşlardır. Model 2 için yapılan analizler sonucunda yalnız Türkiye %90’ın üzerinde skor almış, diğer ülkelerin aldığı skor %70’in altında kalmıştır. Model 3 için yapılan analizler sonucunda yalnız Japonya ve Avustralya %60 civarında skor almış, diğer ülkelerin aldığı skor ise %35’in altında olmuştur.

**Tablo 3.** Versiyon 1 için Oluşturulan Modeller ile Etkinlik Analizi Sonuçları

Ülkeler	Model 1			Model 2			Model 3		
	CCR	BCC	RTS	CCR	BCC	RTS	CCR	BCC	RTS
Arjantin	0,514	0,962	C	0,478	0,546	D	0,054	0,055	C
Avustralya	0,500	0,996	C	0,444	0,632	C	0,589	1	D
Brezilya	0,491	0,957	C	0,479	0,498	C	0,054	0,059	C
Kanada	0,633	0,983	C	0,519	0,525	I	0,062	0,079	C
Çin HC	1	1	C	1	1	C	0,052	0,054	C
Almanya	0,542	0,959	C	0,528	0,651	C	0,040	0,055	D
Fransa	0,567	0,974	C	0,531	0,575	C	0,023	0,031	D
Hindistan	1	1	C	1	1	C	1	1	C
Endonezya	1	1	C	1	1	C	1	1	C
İtalya	1	1	C	1	1	C	0,043	0,044	C
Japonya	1	1	C	1	1	C	0,618	0,650	D
Kore Cum.	1	1	C	1	1	C	1	1	C
Meksika	0,783	0,919	C	0,608	0,660	I	0,322	0,342	C
Rusya Fed.	0,933	1	D	1	1	C	0,083	0,107	C
Suudi Arabistan	0,993	1	D	0,664	0,676	D	0,188	0,191	C
Güney Afrika Cum.	0,738	0,922	C	0,481	0,483	C	0,124	0,133	C
Türkiye	0,915	1	D	0,915	0,949	C	0,206	0,249	C

Birleşik Krallık	0,678	0,962	C	0,634	0,645	C	0,029	0,030	D
ABD	0,397	0,913	C	0,326	0,375	C	0,013	0,019	D
Avrupa Birliği	0,617	0,961	C	0,609	0,679	C	0,029	0,033	D
Ortalama	0,765	0,975		0,711	0,745		0,276	0,307	

Tablo 4'te G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin Versiyon 2 için oluşturulan modeller ile CCR ve BCC yöntemleri ile yapılmış etkinlik analizleri tahmin sonuçları sunulmuştur. Her üç model için yapılan CCR, dolayısı ile hem de BCC analizlerinde Hindistan ve Endonezya etkin olmuştur. Ayrıca Model 4'te Japonya, Çin HC, Türkiye ve Güney Afrika ve Model 5'te ise Japonya, Çin HC ve Türkiye etkin olmuştur. CCR analizinde etkin olmayıp, BCC analizinde etkin olan ülkelere bakıldığında Model 4'te Rusya Federasyonu, Kore Cumhuriyeti ve Suudi Arabistan, Model 5'te Güney Afrika Cumhuriyeti, Rusya Federasyonu ve Kore Cumhuriyeti, Model 6'da ise Japonya, Güney Afrika Cumhuriyeti, Kore Cumhuriyeti ve Avustralya etkin olmuştur. Her üç model ile yapılan CCR ve BCC analizlerinde en az etkinlik skoru alan ülke ABD olarak tahmin edilmiştir.

CCR yöntemi ile yapılan analizlerde Model 4'te Suudi Arabistan, Model 5'te Rusya Federasyonu ve Model 6'da Japonya %90'ın üzerinde etkinlik skoru almıştır ki, BCC yöntemi ile yapılan analizde bu ülkeler tam etkin olmuşlardır. BCC yöntemi ile yapılan analizlerde Model 4'te Avustralya, Model 5'te İtalya ve Model 6'da Suudi Arabistan %90'ın üzerinde etkinlik skoru almıştır. Model 4 için yapılan BCC analizinde tam etkinlik puanı almayan 11 ülke de %90'ın üzerinde etkin olmuşlardır. Model 5 için yapılan analizler sonucunda yalnız Rusya Federasyonu CCR ve İtalya BCC analizlerinde %90'ın üzerinde skor almış, diğer ülkelerin aldığı skor %80'in altında kalmıştır. Model 6 için yapılan analizler sonucunda CCR modelinde Japonya yüksek sayılabilecek %70,7; Kore Cumhuriyeti ise %56,2 oranında etkinlik skoru almış, diğer ülkelerin hem CCR hem de BCC tahminlerinde aldığı skor ise %40'ın altında kalmıştır.

**Tablo 4.** Versiyon 2 için Oluşturulan Modeller ile Etkinlik Analizi Sonuçları

Ülkeler	Model 4			Model 5			Model 6		
	CCR	BCC	RTS	CCR	BCC	RTS	CCR	BCC	RTS
Arjantin	0,497	0,962	D	0,496	0,584	D	0,023	0,055	D
Avustralya	0,459	0,999	D	0,457	0,632	C	0,377	1	D
Brezilya	0,516	0,950	D	0,507	0,525	C	0,033	0,063	D
Kanada	0,361	0,972	D	0,356	0,471	C	0,030	0,076	D
Çin HC	1	1	C	1	1	C	0,017	0,037	D
Almanya	0,459	0,958	C	0,459	0,649	C	0,030	0,060	D
Fransa	0,636	0,983	D	0,609	0,611	I	0,021	0,045	D
Hindistan	1	1	C	1	1	C	1	1	C
Endonezya	1	1	C	1	1	C	1	1	C
İtalya	0,750	0,990	D	0,750	0,990	D	0,011	0,035	D
Japonya	1	1	C	1	1	C	0,707	1	D
Kore Cum.	0,683	1	D	0,704	1	D	0,562	1	D
Meksika	0,467	0,909	C	0,467	0,601	C	0,073	0,211	D
Rusya Fed.	0,819	1	D	0,984	1	D	0,045	0,107	D
Suudi Arabistan	0,984	1	D	0,808	0,818	C	0,193	0,260	D
Güney Afrika Cum.	1	1	C	0,797	1	I	0,342	1	I
Türkiye	1	1	C	1	1	C	0,201	0,247	D
Birleşik Krallık	0,478	0,952	D	0,470	0,558	C	0,013	0,032	D

ABD	0,202	0,913	D	0,193	0,375	C	0,008	0,019	D
Avrupa Birliği	0,600	0,959	D	0,600	0,688	D	0,016	0,037	D
Ortalama	0,696	0,977		0,683	0,775		0,235	0,364	

Bu bulgular 2020 yılında G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin Model 1 ve Model 4 için yapılan BCC analizi sonucunda değişken ölçek durumunda yaşam süresi, kaba ölüm hızı ve çocuk ölüm oranı gibi sağlık statülerinde çok büyük değişikliğe gerek olmadığı ve neredeyse etkinliğe yakın olduğu söylene bilmektedir. Fakat bu tespit çıktı değişkeninin yenidoğan, bebek ve çocuk ölüm oranlarının olduğu Model 2 ve Model 5 ve COVID-19 vaka sayısı ve ölüm oranlarının olduğu Model 3 ve Model 6 için geçerli olmadığı söylenebilmektedir. Model 2 ve Model 5 ile yapılan analizlerin sonucunda etkin olan ülkeler ve etkinliğe en yakın skoru alan ülkeler dışında diğer tüm ülkelerde yenidoğan, bebek ve çocuk ölüm oranlarının düşürülmesine yönelik sağlık sistemlerinin daha fazla çaba harcaması gerektiği söylenebilmektedir. Model 3 ve Model 6 için yapılan CCR ve BCC analiz sonuçlarından ise Etkin olan ülkeler ve etkinliğe en yakın skor alan Japonya dışında diğer tüm ülkelerin sağlık sistemlerinin COVID-19 pandemisinin başlamış olduğu 2020 yılında çok pasif ve etkinsiz olduğu görülmektedir.

Tablo 5'te tüm modeller için CCR yöntemi ile yapılmış süper etkinlik skorları sunulmuştur. Tablo 5'ten görülüyor ki, Model 2'de Japonya, Model 3'te Endonezya, diğer modellerde ise Hindistan diğer ülkelerden daha yüksek süper etkinlik skoru almıştır.

En az süper etkinlik skoru alan ülkeler ise Kore Cumhuriyeti (Model 1 ve Model 3), Rusya Federasyonu (Model 2) ve Endonezya (Model 4, Model 5 ve Model 6) olmuştur.

Tablo 6'da tüm modeller için BCC yöntemi ile yapılmış süper etkinlik skorları sunulmuştur. Tablo 6'dan görülüyor ki, Model 1 ve Model 4'te Suudi Arabistan, 2 ve Model 5'te Japonya, Model 3 ve Model 6'da ise Kore Cumhuriyeti en yüksek süper Etkinlik Skoru almıştır.

**Tablo 5.** Süper CCR etkinlik skorları

Model 1		Model 2		Model 3	
Ülke	Skor	Ülke	Skor	Ülke	Skor
Hindistan	2,732	Japonya	1,679	Endonezya	2,782
İtalya	1,314	Hindistan	1,519	Hindistan	1,687
Endonezya	1,293	Çin HC	1,369	Kore Cum.	1,597
Çin HC	1,245	İtalya	1,314		
Japonya	1,199	Endonezya	1,311		
Kore Cum.	1,172	Kore Cum.	1,165		
		Rusya Fed.	1,080		
Model 4		Model 5		Model 6	
Ülke	Skor	Ülke	Skor	Ülke	Skor
Hindistan	3,898	Hindistan	2,249	Hindistan	2,378
Japonya	1,646	Japonya	1,758	Endonezya	2,182
Güney Afrika Cum.	1,594	Çin HC	1,198		
Türkiye	1,149	Türkiye	1,118		
Çin HC	1,029	Endonezya	1,087		
Endonezya	1,005				

En az süper etkinlik skoru alan ülkeler ise Kore Cumhuriyeti (Model 1 ve Model 3), Rusya Federasyonu (Model 2) ve Endonezya (Model 4, Model 5 ve Model 6) olmuştur.

Tablo 6’da tüm modeller için BCC yöntemi ile yapılmış süper etkinlik skorları sunulmuştur. Tablo 6’dan görülüyor ki, Model 1 ve Model 4’te Suudi Arabistan, 2 ve Model 5’te Japonya, Model 3 ve Model 6’da ise Kore Cumhuriyeti en yüksek süper Etkinlik Skoru almıştır.

**Tablo 6.** Süper BCC etkinlik skorları

Model 1		Model 2		Model 3	
Ülke	Skor	Ülke	Skor	Ülke	Skor
Suudi Arabistan	2,120	Japonya	1,750	Kore Cum.	2,198
İtalya	1,337	Çin HC	1,492	Avustralya	1,102
Çin HC	1,276	İtalya	1,337	Endonezya	1
Japonya	1,247	Rusya Fed.	1,307	Hindistan	1
Rusya Fed.	1,222	Kore Cum.	1,169		
Kore Cum.	1,199	Endonezya	1		
Türkiye	1,059	Hindistan	1		
İndonezya	1				
Hindistan	1				
Model 4		Model 5		Model 6	
Ülke	Skor	Ülke	Skor	Ülke	Skor
Suudi Arabistan	2,168	Japonya	2,952	Kore Cum.	2,572
Japonya	1,690	Çin HC	1,347	Endonezya	2,351
Kore Cum.	1,284	Rusya Fed.	1,307	Avustralya	1,247
Rusya Fed.	1,222	Kore Cum.	1,227	Japonya	1,142
Çin HC	1,207	Türkiye	1,139	Güney Afrika Cum.	1
Türkiye	1,154	Endonezya	1,124	Hindistan	1
Endonezya	1,008	Güney Afrika Cum.	1		
Güney Afrika Cum.	1	Hindistan	1		
Hindistan	1				

Tablo 6’dan görülüyor ki Model 1, Model 2 ve Model 3’te Endonezya ve Hindistan, Model 4, Model 5 ve Model 6’da Güney Afrika Cumhuriyeti ve Hindistan en az süper etkinlik skoru almıştır.

## Tartışma

Bu çalışmada G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin COVID-19 dönemindeki etkinliği Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemiyle değerlendirilmiştir. Sağlık sistemlerinin performansını analiz etmek amacıyla kullanılan modellerin sonuçları, literatürdeki benzer çalışmalardan elde edilen bulgularla uyum göstermekte ve bu çalışmaları tamamlayıcı niteliktedir. İlk olarak, Selamzade ve Özdemir (2020) çalışmalarında OECD ülkelerinin COVID-19 ile mücadelede etkinliklerini VZA yöntemiyle incelemiş ve 8 ülkenin etkin olduğunu raporlamışlardır. Bu çalışma, COVID-19 vaka ve ölüm oranlarının dikkate alındığı modellerde, düşük etkinlik skorlarının pandeminin erken döneminde

sağlık sistemlerinin hazırlıksızlığını ortaya koyduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, bu çalışmada da ABD ve Avrupa Birliği gibi yüksek gelirli ülkelerin bazı modellerde düşük etkinlik skorları aldığı görülmüştür. Şener ve Yiğit (2017), OECD ülkelerinin 2013 yılı sağlık sistemi verimliliğini analiz etmiş ve 14 ülkenin tam etkin olduğunu belirtmişlerdir. G-20 ülkelerini kapsayan bu çalışmada ise Hindistan, Endonezya ve Güney Kore'nin her iki versiyonda da yüksek etkinlik skorları alarak liderlik ettiği görülmüştür. Bu bulgu, Hindistan ve Endonezya'nın düşük maliyetli sağlık hizmetleri sunma kapasitesine işaret etmektedir. Küçükaycan (2021), COVID-19 pandemisiyle mücadelede OECD ülkelerinin performansını değerlendirmiş ve ölüm oranlarında önemli farklılıklar olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmanın bulguları, COVID-19'un ülkeler arasında etkisinin çeşitlilik gösterdiğini doğrulamaktadır. Örneğin, bu çalışmada Japonya'nın sağlık sisteminin pandemi döneminde yüksek etkinlik skorları elde ettiği görülmektedir. Ersoy ve Aktaş (2022), Arslan ve Aras (2023) çalışmalarında, gelir gruplarına göre ülkelerin COVID-19 dönemi sağlık sistemi performansını analiz etmiş ve yüksek gelirli ülkelerin büyük oranda etkin olduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmada, yüksek gelirli ülkelerin yanı sıra Hindistan ve Endonezya gibi gelişmekte olan ülkelerin de etkinlik skorlarının yüksek olduğu belirlenmiştir. Eze, Idemili ve Lawani (2024), 191 ülkenin sağlık sistemlerinin evrensel sağlık kapsamına ulaşmadaki etkinliğini incelemiş ve 41 ülkenin etkin olduğunu bulmuştur. Çalışmamızdaki sonuçlar, sağlık harcamalarının dağılımındaki dengesizliklerin etkinlik düzeylerini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Yesilaydin (2019), OECD ülkelerinin sağlık göstergelerini bulanık veri zarflama analizi ile değerlendirmiştir. Bulgularımız, ölüm oranlarının etkinlik analizinde kilit değişkenlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Türkoğlu ve Abiş (2024), G-20 ülkelerinin 2009-2020 yıllarındaki sağlık göstergelerini analiz etmiş ve 3 ülkenin her yıl tam etkin olduğunu raporlamıştır. Çalışmamızda Hindistan, Endonezya ve Güney Kore'nin tam etkinlik gösterdiği tespit edilmiş, bu ülkelerin sağlık politikalarındaki başarıları vurgulanmıştır. Son olarak, Karakaş Geyik, Satman ve Kalyoncu (2022), çok kriterli karar verme yöntemleriyle G-20 ülkelerinin COVID-19 mücadelesindeki performanslarını incelemiş ve 3 ülkenin diğerlerine kıyasla daha başarılı olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda da Japonya ve Hindistan'ın COVID-19 döneminde öne çıkan ülkeler arasında olduğu görülmüştür.

## Sonuç

Bu çalışmada, G-20 ülkelerinin sağlık sistemlerinin COVID-19 pandemisi sürecindeki etkinliği, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, ülkelerin sağlık insan kaynakları ve finansal kaynaklarını ne derece verimli kullandığını ve sağlık çıktılarının iyileştirilmesine olan etkilerini göstermektedir. Özellikle hekim ve hemşire sayısı gibi insan kaynağına dayalı girdilerin sağlık sistemlerinin pandemiye karşı verdiği yanıt üzerinde kritik bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, sağlık hizmetlerinin kesintisiz ve etkin bir şekilde sunulabilmesi için insan kaynaklarına yapılan yatırımların önemini ortaya koymaktadır.

G-20 ülkeleri arasında sağlık sistemlerinin etkinliği açısından önemli farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Daha gelişmiş sağlık altyapısına ve daha yüksek insan kaynağına sahip ülkeler, pandemi sırasında daha iyi sağlık çıktıları elde etmiş ve sağlık hizmetlerini daha sürdürülebilir bir şekilde yönetebilmiştir. Buna karşılık, sağlık hizmetlerine erişimin sınırlı olduğu ve sağlık iş gücü yetersiz olan ülkelerde, ölüm oranlarının daha yüksek ve sağlık sistemlerinin pandemiye karşı direncinin daha zayıf olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın önemli bulgularından biri, sağlık harcamalarının GSYH içindeki payı ile sağlık çıktıları arasındaki ilişki olmuştur. Sağlık harcamalarının artırılması, sağlık sistemlerinin pandemi gibi ani krizlere karşı esneklik ve direnç kazanmasına yardımcı olmuştur. Ancak, sadece finansal kaynakların yeterli olmadığını, bu kaynakların etkin bir şekilde yönetilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Özellikle sağlık harcamalarının insan kaynağı ve altyapı ile uyumlu bir şekilde kullanılması, sistemin genel etkinliğini artırmaktadır.

Pandemi süresince, sağlık sistemlerinin sadece hasta tedavisi ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda koruyucu sağlık hizmetleri sunma kapasitesi de test edilmiştir. Bu bağlamda, hekim ve hemşire sayısındaki artışın, yalnızca hasta bakımı değil, aynı zamanda toplum sağlığını korumada da önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Çalışmanın bulguları, bu sağlık personelinin artmasının hem COVID-19 kaynaklı ölüm oranlarını azaltmada hem de doğuştan beklenen yaşam süresi gibi uzun vadeli sağlık göstergelerini iyileştirmede etkili olduğunu göstermektedir.

## Öneriler

Veri Zarflama Analizi yöntemi ile yapılan etkinlik değerlendirmesi, ülkelerin sağlık sistemlerindeki mevcut eksiklikleri ortaya koyarken, hangi alanlarda iyileştirme yapılması gerektiğine dair de yol göstermektedir. Çalışmanın bulguları, sağlık iş gücü ve kaynaklarının verimli kullanımının pandemilere karşı daha dayanıklı sağlık sistemleri oluşturmanın temelini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, insan kaynağının artırılması ve sağlık hizmetlerine yapılan yatırımların etkin kullanılması, gelecekte karşılaşılabilecek sağlık krizlerine hazırlıklı olma açısından kritik öneme sahiptir.

Son olarak, bu çalışma, sağlık politikaları ve sağlık yönetimi alanında yapılan araştırmalara önemli katkılar sunmaktadır. G-20 ülkeleri gibi hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelere oluşan bir grubun analiz edilmesi, sağlık sistemlerinin küresel bir kriz karşısında nasıl farklı tepkiler verdiğini anlamamıza yardımcı olmuştur. Bu bağlamda, ülkeler arasında yapılan karşılaştırmalar, politika yapıcılara sağlık sistemlerini güçlendirmek ve gelecekteki sağlık krizlerine karşı daha iyi hazırlıklı olmak için gerekli stratejileri geliştirme konusunda yol gösterici olabilir.

Gelecekteki araştırmalar için bu çalışma, sağlık sistemlerinin verimliliğini değerlendirmek üzere farklı yöntemler ve veri kaynakları kullanılarak genişletilebilir. Özellikle gelişmekte olan ülkelere sağlık hizmetlerine erişim ve kaliteyi artırma yönündeki politika önlemleri, pandemi sonrası dönemde daha da önem kazanmaktadır. Sağlık sistemlerinin verimliliğini artırmak ve pandemilere karşı daha dayanıklı hale getirmek için çok yönlü yaklaşımlar benimsenmesi gerektiği açıktır.

## Beyan ve Açıklamalar

**1. Araştırmacıların katkı oranı beyanı:** Makalenin tamamı Fuad Selamzade tarafından hazırlanmıştır.

**2. Çıkar çatışması:** "Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır." ifadesini yazınız.

**3. Etik Raporu:** Çalışma insan veya hayvan denekler üzerinde yapılmadığı için etik kurul onayı gerekmemektedir.

**4. Araştırmanın Modeli:** Bu çalışma bir araştırma makalesi olarak sınıflandırılmıştır. Analiz, COVID-19 salgını sırasında G-20 ülkelerindeki sağlık sistemlerinin verimliliğini değerlendirmek için özellikle CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) ve BCC (Banker, Charnes ve Cooper) modellerini kullanarak Veri Zarflama Analizi (DEA) yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Bu yöntemler, birden fazla girdi ve çıktıya sahip karar alma birimleri (DMU'lar) arasında göreceli verimliliğin değerlendirilmesine olanak tanıdığı ve sağlık kaynakları ve sonuçlarının karmaşık etkileşimini analiz etmek için sağlam bir çerçeve sağladığı için seçilmiştir. CCR modeli ölçeğe göre sabit getirileri varsayarken, BCC modeli ölçeğe göre değişken getirileri hesaba katarak kapsamlı ve ayrıntılı verimlilik değerlendirmeleri sağlar.

## References

- Acar, E., Gökkaya, D., & Şenol, O. (2023). Efficiency analysis of middle-income countries in terms of health indicators for the Covid process. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(ÖS), 300-317. <http://doi.org/10.33206/mjss.1202337>
- Akbulut, F. & Şenol, O. (2022). Üst gelir grubundaki ülkelerin covid-19 mücadelesinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 679-689.
- Arslan Aras, İ. (2023). Gelir gruplarına göre COVID-19 pandemisinde sağlık sistem performansı etkinliğinin ölçülmesi. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(26), 731-746.
- Banker, R. D., Charnes A. & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *North-Holland Publishing Company European Journal of Operational Research*. 2, 429-444.
- Coelli, T. J., et al. (1998). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Second Edition. Springer.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J. (2011). *Handbook on data envelopment analysis*. Second Edition, Springer.
- Çeçen, Z. & Akbulut, F. (2023). Düşük gelir grubunda yer alan ülkelerin sağlık göstergelerinin VZA yöntemiyle incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 241-254.
- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, 19(3), 273-292
- Ersoy, Y., & Aktaş, A. (2022). Health System Efficiency of OECD Countries with Data Envelopment Analysis. *Problemy Zarządzania - Management Issues*, 20(4), 90-109.
- Ersoy, Y., & Tehci, A. (2024). Efficiency measurement in construction sector using data envelopment analysis method. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*, (13), 44-50.
- Eze, P., Idemili, C.J., & Lawani, L.O. (2024). Evaluating health systems' efficiency towards universal health coverage: A data envelopment analysis. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*. 61, 1-12. <http://doi.org/10.1177/00469580241235759>
- Farrel M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Karakas Geyik, S., Satman, M.H., & Kalyoncu, G. (2022). G20 ülkelerinin Covid-19 pandemisi ile mücadele performanslarının çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi. *EKOİST Journal of Econometrics and Statistics*, 37, 27-52. <http://doi.org/10.26650/ekoist.2022.37.1161945>
- Konca, M., & Demirci, Ş. (2019). G20 ülkeleri ve Türkiye'nin sağlık sistemi performansı: yıllara göre karşılaştırmalı bir analiz. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(4), 175-181. <http://doi.org/10.18506/anemon.466264>
- Konca, M., Gözlü, M., & Çakmak, C. (2019). G-20 ülkelerinin sağlık harcamaları yönünden etkinliğinin değerlendirilmesi. *Verimlilik Dergisi*, (2), 119-141.
- Koopmans, T. C. (1951). *Activity analysis of production and allocation*. John Wiley and Sons Inc.
- Küçükaycan, D. (2021). Küresel kamusal mal perspektifinden Covid-19 pandemisiyle mücadelede evrensel sağlık kapsayıcılığı ve OECD ülkelerinin performansının araştırılması. *Maliye Dergisi*, (181), 234-263
- Seiford, L.M. & Thrall, R.M., (1990). Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. *J Econometrics*, 4, 7-38.

Sel, A. (2021). Covid 19 pandemisinde sağlık sistemi gelişmelerinin etkinliğinin ölçülmesi: G-20 üzerine bir inceleme, *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 181-202.

Sel, A. (2022). G20 ülkelerinin uzun dönemli sağlık göstergeleri kullanılarak sınıflandırılması ve performanslarının değerlendirilmesi. *Verimlilik Dergisi*, (3), 381-392.

Selamzade, F. et al. (2023). Health efficiency measurement of OECD countries against the COVID-19 pandemic by using DEA and MCDM methods. *Arab J Sci Eng* 48, 15695–15712. <https://doi.org/10.1007/s13369-023-08114-y>

Selamzade, F., & Baghirov, A. (2022). Measuring the efficiency of the Azerbaijan banking system with Data Envelopment Analysis (2015-2019). *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 119-137. <https://doi.org/10.18506/anemon.888731>

Selamzade, F., & Özdemir, Y. (2020). Evaluation of the effectiveness of OECD countries against COVID-19 with DEA. *Turkish Studies*, 15(4), 977-991.

Sevim, F., Şenol, O., & Akbulut, F. (2024). Evaluation of the efficiency of long-term care services in OECD countries by DEA method. *Journal of Midwifery and Health Sciences*, 7(2) 376-387.

Şener, M., & Yiğit, V. (2017). Sağlık sistemlerinin teknik verimliliği: OECD ülkeleri üzerinde bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (26), 266-290.

Türkoğlu, M. C., & Abiş, T. (2024). Sağlık göstergelerinin teknik etkinlik üzerindeki etkilerinin incelenmesi: Seçilmiş G-20 ülkeleri örneği. *Akademik Hassasiyetler*, 12(25), 190-211.

Yesilaydin, G. (2019) Examination of differences in health indicators between efficient and inefficient countries. *Pak J Med Sci*. 35(1) 172-176. <http://doi.org/10.12669/pjms.35.1.255>

Yüksel, O. (2021). Comparison of healthcare system performances in OECD countries, *IJHSRP*, 6(2), 251–261. <http://doi.org/10.33457/ijhsrp.935170>.

Yüksel, O., & Yiğit, V. (2020). Efficiency analysis of oral and dental health centers: Examples of marmara region in Turkey. *Anemon Muş Alparslan University Journal of Social Sciences*, 8(3), 883-894. <http://doi.org/10.18506/anemon.621648>