

PISA 2018 Araştırma Sonuçlarına Göre Ülkelerin Bileşik PISA Performans Sıralaması

Ranking The Composite PISA Performance of Countries According to PISA 2018 Research Results

Mehmet Yüksel¹

Makale Hakkında

Gönd. Tarihi:25.03.2022
Kabul Tarihi:21.10.2022
Yayın Tarihi:01.11.2022

Anahtar Kelimeler:

PISA,
Uluslararası sınavlar,
Entropi,
CRITIC,
TOPSIS

Özet

Ülkeler farklı düzeylerde verilen eğitimlerin ne düzeyde başarılı olduğuna ilişkin çeşitli ulusal ya da uluslararası alanda ölçme ve değerlendirme çalışmaları yapmaktadır. Bu çalışmalardan biri de PISA araştırmasıdır. PISA araştırması sonrasında yayınlanan raporlar, eğitimcilere ve karar vericilere ülkelerinin eğitim düzeyleri hakkında işlevsel ve faydalı bilgiler sağlamaktadır. Bu çalışmada, 2018 PISA araştırmasına katılan ülkelerin bileşik PISA performans sıralamalarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bileşik PISA performans sıralamalarının belirlenmesinde kullanılan okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanları; objektif yaklaşımla kriter ağırlıklandırmasına imkân veren CRITIC ve Entropi yöntemleri ile ağırlıklandırılmıştır. Çok ölçütlü karar verme metotlarından CRITIC ve Entropi tabanlı TOPSIS yöntemi uygulanarak ülkelerin iki farklı bileşik PISA performans sırası belirlenmiştir. CRITIC ve Entropi tabanlı TOPSIS yöntemiyle elde edilen sıralamaları karşılaştırmak için Spearman korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. CRITIC ve Entropi tabanlı TOPSIS yöntemiyle hesaplanan iki farklı bileşik PISA performans sıralamaları arasında mükemmel pozitif korelasyon saptanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre PISA 2018 araştırmasına katılan 78 ülkenin PISA başarı sıralamaları incelendiğinde ilk 5 ve son 5 ülkenin Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemi ile hesaplanan bileşik PISA performans (bileşik indeks) sıralamalarının ve 43 ülkenin her iki yöntem ile hesaplanan sıralamasının aynı kaldığı gözlemlenmiştir.

Abstract

Various measurement and evaluation studies at the national and international levels are conducted by countries to reveal the extent of success in different education levels. One such study is the Programme for International Student Assessment (PISA) survey. The PISA survey results provide educators and decision-makers with practical and relevant information about the education levels of their countries. To this end, this study aimed to determine the composite PISA 2018 performance rankings of the participating countries. The mean scores of reading skills, mathematics, and science literacies used in determining composite PISA performance rankings were weighted through CRITIC and Entropy methods allowing for objective criterion weighting. Two different composite PISA performance rankings of countries were determined by applying the CRITIC- and Entropy-based TOPSIS method, one of the multi-criteria decision-making (MCDM) methods. The Spearman correlation coefficient was calculated to compare the rankings determined through this method. A perfect positive correlation was found between the two different composite PISA performance rankings. According to the results of the study, when the PISA performance rankings of the 78 countries that were participated in the PISA 2018 survey were examined, it was determined that the composite PISA performance rankings of the first 5 and the last 5 countries, and the rankings of 43 countries calculated by both methods remained the same that calculated with the Entropy and CRITIC-based TOPSIS method.

Key Word:

PISA,
International exams,
Entropy,
CRITIC,
TOPSIS

Atıf için: For Citation

Yüksel, M. (2022). PISA 2018 araştırma sonuçlarına göre ülkelerin bileşik PISA performans sıralaması. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(2), 788-821. DOI: 10.21666/muefd.1093574

¹ Gazi Üniversitesi - [yükselmehmet@gazi.edu.tr](mailto:yukselmehmet@gazi.edu.tr) - <https://orcid.org/0000-0003-0124-1992>

Son yıllarda bilişsel başarı testlerine dayalı olarak öğrencilerin hem Türkiye’de hem de diğer ülkeler arasındaki başarı düzeyleri hakkında bilgi veren Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması (Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS), Uluslararası Okuma Becerilerinde Gelişim Projesi (Progress in International Reading and Literacy Study, PIRLS), Yetişkin Yeterliliklerinin Uluslararası Değerlendirilmesi Programı (Program for the International Assessment of Adult Competencies, PIAAC) ve Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (Program for International Student Assessment, PISA) gibi uluslararası araştırmaların sayısı artmıştır (Rutkowski, Gonzalez, Joncas ve von Davier, 2010; Hopfenbeck, Lenkeit, El Masri, Cantrell, Ryan & Baird, 2018; Ishizaka ve Resce, 2021).

Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA), Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından zorunlu eğitimlerinin sonuna yaklaşan 15 yaş grubundaki öğrencilerin fen, matematik ve okuma alanlarındaki bilgi ve becerilerini değerlendiren uluslararası bir sınavdır (Dohn, 2007; Akt. Aydoğdu İskenderoğlu ve Baki, 2011; Prais, 2004). PISA sınavları 2000 yılından itibaren üçer yıllık döngülerle yapılmaktadır. PISA sınavlarında okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı alanlarından biri ağırlıklı alan olarak belirlenmiştir. Nitekim 2000, 2009 ve 2018 yıllarında okuma, 2003 ve 2012 yıllarında matematik, 2006 ve 2015 yıllarında fen ağırlıklı alan olarak belirlenmiştir. OECD tarafından sonuçları yayımlanmış olan 2018 PISA sınavında ise 79 katılımcı ülke ve ekonomideki okullarda öğrenim gören yaklaşık 32 milyon 15 yaşındaki çocuğu temsil eden yaklaşık 600.000 öğrenciye okuduğunu anlama, matematiksel yetenek ve bilim anlayışı testleri uygulanmıştır (OECD, 2019).

1990’lardan bu yana, özellikle derecelendirme ve sıralama (rating and ranking) şeklindeki karşılaştırmalar modern toplumlarda giderek önem kazanmaktadır. Derecelendirme ve sıralama şeklindeki karşılaştırmaların sonuçları ilgili oldukları kurum veya kuruluşların performanslarını belirlemekle birlikte devletlerin, piyasa aktörlerinin gelecek ile ilgili politikalarını, benzer şekilde bireylerin gelecekteki kararlarını etkiler hale gelmiştir (Martens ve Niemann, 2010). PISA araştırması sonrasında yayınlanan verilere dayalı raporlar, eğitimcilere ve politika yapıcılara ülkelerinin eğitim sisteminin güçlü ve zayıf yönlerini, zaman içinde kaydedilen ilerleme ve iyileştirme fırsatları hakkında faydalı bilgiler sağlamaktadır (OECD, 2019). PISA araştırmasına ilişkin sonuçlar da ülkelerin eğitim performanslarını etkileyen faktörleri ölçerek modern toplumların beklentilerine ve çabalarına katkıda bulunmaktadır (Uçar ve Karsak, 2021).

PISA verileri temelinde öğrencilerin hem ülke çapındaki hem de diğer ülkeler arasındaki başarı düzeylerini belirlemek amacı ile yapılan çalışmalar incelendiğinde PISA’ya katılan OECD ve diğer ülkeler ve ekonomilerin okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı performansları için çok sayıda karşılaştırmaların yapılmış olduğu görülmektedir (Akbaşlı, Şahin, ve Yaykiran, 2016; Hu, Gong, Lai ve Leung, 2018; Keleş, 2020; Kotte, Lietz ve Lopez, 2005; Lynn ve Mikk, 2009; She, Stacey ve Schmidt, 2018). Hazırlanmış olan PISA raporları son derece uzun tablolar ve grafikleri kapsamaktadır. Örneğin 2012 PISA raporunda 282 tablo ve 75 grafik bulunmaktadır. Bu şekilde hazırlanmış olan PISA raporları eğitim alanındaki uzman okuyucular için dahi güçlük oluşturabilmektedir. Ayrıca raporlardaki kolaylıkla anlaşılır olmayan sıralamalar, raporlardaki sayısal veri ve istatistiklerin tartışmalı olarak aşırı bir şekilde kullanılmış olması bulguların yanlış yorumlamasına neden olabilecek başlıca hususlar olduğu görülmektedir (Fernandez-Cano, 2016). Soh (2014) tarafından PISA 2009 ve 2012 verileri ile yapılan çalışmada, ülkelerin PISA puanlarının artmasına karşın sıralamaların düştüğü, puan ile sıralama arasında tutarsızlıkların olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Soh (2014) daha iyi sıralamanın daha iyi performansı gösterdiği varsayımı tartışmalı bulmuştur. Soh (2014) ülkelerin kendi eğitim sistemlerinin performanslarını değerlendirirken diğer ülkelerin performanslarından bağımsız olarak ülkelerinin yıllara göre puanlardaki değişiklikleri dikkate almaları gerektiğini ifade etmiştir.

Cordero, Polo ve Simancas (2020) ülkelerin farklı eğitim sistemine ve kaynaklarına sahip olduğunun dikkate alınmadan ülkelerin PISA başarılarının sınıflandırıldığını ve sıralandığını belirtmektedir. Tienken (2017; 2020) çalışmasında PISA puanlarının ve sıralamalarının bir ülkenin eğitim sisteminin kalitesi hakkında anlamlı bilgiler sağlamadığını ifade etmiştir. Bununla birlikte, yoksulluğun etkisi hesaba katılarak PISA puanları yeniden hesaplandığında sıralamaların önemli ölçüde farklılaştığı ifade edilmektedir (Tienken, 2020). Cordero, Polo ve Simancas’ın (2020) yaptığı çalışmanın bulguları, hem okul kaynaklarının hem de çevresel faktörlerin dikkate alınmasının yalnızca öğrenci sonuçlarına dayalı olarak ülke sıralamasını önemli ölçüde değiştirdiğini göstermektedir.

Alanyazında PISA sonuçlarını çeşitli açılardan araştırma konusu yapan çalışmalar bulunmaktadır (Bloem, 2015; Fernandez-Cano,2016; Grey ve Morris, 2018; Jerrim, 2016; 2021; Kasap, Doğan ve Koçak, 2021; Kreiner, ve Christensen, 2014; Navarro-Martinez ve Peña-Acuña, 2022; Polat, Toraman ve Turhan, 2022; Uğuz, Şahin ve Yılmaz, 2021; Yıldız, 2021). Saatçioğlu ve Gülleroğlu (2017) PISA 2009 verilerini kullanarak PISA 2009 uygulamasına katılan ülkelerdeki öğrencilerin, okuma becerileri alt testindeki genel ortalama puanları çerçevesindeki performansları profil analizi tekniği ile karşılaştırmıştır. Saatçioğlu ve Gülleroğlu (2017)'nin çalışmasının sonuçları, PISA uygulamalarına katılan ülkelerin ortalama puanlarına göre değerlendirilmesinin, madde kategoriler düzeyinde ülkelere özgü bazı önemli bilgilerin dikkate alınmadığını göstermiştir. Bir başka çalışmada (Dolu ve Ekinci, 2020) 2015 yılı PISA verileri kullanılarak Türk eğitim sisteminin performansını değerlendirmek amacıyla, eğitim etkinlik skorlarını etkileyen öğrenci ve okul düzeyindeki değişkenleri belirlemek için Bootstrap Veri Zarflama Analizi ile Türkiye'deki her bir okul için etkinlik skorları hesaplanmıştır. Çalışmada parçalı Probit modelleri ile okulların etkinliğine etki eden faktörler tespit edilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, eğitim sürecinde kullanılan girdiler (öğrenci / öğretmen oranı, öğrenci başına düşen bilgisayar sayısı ve öğrencilerin ortalama ekonomik, sosyal ve kültürel durum indeksi - ESCS) indeksi sabit kalmak koşuluyla, sertifikalı öğretmen sayısının başarı puanlarında %22 düzeyinde potansiyel bir iyileşme yapılabileceği ancak okullardaki öğretmen açığının ise başarıyı azalttığı görülmüştür.

Yore ve Van der Flier-Keller (2011) Hiyerarşik Lineer Model (HLM) analiz yöntemi ile 2000, 2003 ve 2006 PISA verilerini analiz etmiştir. HLM analiz sonuçlarına göre okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı arasında güçlü ve pozitif bir ilişki bulunmuştur. Bu bulgu ülkelerin eğitim performanslarını belirleyen okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı performanslarını tek bir sonuçta toplanmasının ya da değerlendirilmesinin ve böylece PISA sonuçlarının bütünsel bir şekilde tespit edilmesinin daha anlamlı olacağını göstermektedir. Ishizaka ve Resce'in (2021) araştırmalarında ifade edildiği gibi, PISA araştırması, öğrencilerin bilgi ve becerilerini matematik, okuma ve bilimsel okuryazarlık olmak üzere üç farklı konuda değerlendirdiğinden, üç farklı performans sonucunun tek bir performans skoru ile nasıl verileceği problemine işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle ülkelerin PISA performanslarını değerlendirmek için okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanlarının ayrı ayrı değil bütüncül ve çok boyutlu bir yaklaşımla değerlendirilmesinin daha uygun olacağı söylenebilir. Ishizaka ve Resce (2021) ifade ettiği gibi çok boyutlu sonuçlar tek bir indekste (Bileşik İndeks) bileşik PISA performansı verilebilir.

OECD ve diğer katılımcı ülkelerin eğitim performanslarını değerlendirmek amacıyla hazırlanmış olan PISA raporlarında okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanlarının sıralaması yüksekten düşüğe doğru olarak ayrı ayrı verilmiştir (OECD, 2019). OECD ve katılımcı ülkeler ya da ekonomiler arasında PISA sonuçları büyük ilgi görmesine rağmen, alanyazında şimdiye kadar OECD ve katılımcı ülkelerin PISA okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı puanlarının tek bir puan (bileşik indeks) olarak değerlendirilmesine yönelik Ishizaka ve Resce'in (2021)'in yapmış olduğu çalışma dışında başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ishizaka ve Resce (2021) 2015 PISA verilerini kullanarak 66 ülkenin okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanlarını kullanarak hem ülkeler için hem de ülkeler arasındaki okul performansı farklılıklarını Best-Worst PROMETHEE yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre, hem ülkeler kendi içerisinde hem de ülkeler arasında okul performansları arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Ishizaka ve Resce (2021)'nin çalışmasında Best-Worst PROMETHEE ile yaptıkları sıralamada kriter olarak esas alınan okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanlarının ağırlıkları eşit kabul edilmiştir. Ancak ülkelerin PISA sonuçlarının değerlendirilmesinde ya da sıralamasında okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanlarının eşit ağırlıkta düşünülmesi ya da sübjektif olarak okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ağırlıklarının belirlenmesi sorunlu bir yaklaşımdır. Çünkü ülkelerin eğitim sistemlerinin başarısının değerlendirilmesinde alanların doğası gereği okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ağırlıkları farklılık gösterebilir. Bu nedenle ülkelerin PISA sonuçlarının sıralamasında okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı alanlarının ağırlıklarının objektif olarak belirlenmesinin daha anlamlı olacağı söylenebilir. Yukarıda verilen bilgilerin ışığında bu çalışmanın başlıca amacı objektif ağırlıklandırmaya imkan veren CRITIC (Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation) ve Entropi teknikleri kullanılarak PISA 2018 kapsamındaki OECD ve katılımcı ülkelerin

eğitim performanslarını bütüncül bir şekilde TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) tekniği ile sıralamaya çalışmaktadır.

Alanyazın İncelemesi

Aydın, Sarier ve Uysal'ın (2012) 2003 ve 2006 yılları PISA verileri temelinde matematik alanında en başarılı beş OECD ülkesi (Finlandiya, Kore, Hollanda, Japonya ve Kanada) ile Türkiye'yi sosyo-ekonomik ve sosyokültürel değişkenler açısından karşılaştırmak amacıyla yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'nin matematik alanındaki başarısının araştırma kapsamındaki beş ülkenin ve OECD ülkelerinin ortalamasının çok altında olduğu saptanmıştır. Öte yandan çalışmada Türk eğitim sisteminin etkin düşünme, algılama, iletişim kurma ve problem çözme yeteneği gelişmiş bireyler yetiştirmekte yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte Türkiye'de eğitime ve araştırmaya yeterli bir bütçenin tahsis edilmediği gibi öğrenci başına ayrılan bütçenin ve kişi başına düşen ulusal gelirin çok düşük olduğu saptanmıştır.

Ertürk (2020) Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 11 ülkenin insani gelişmişlik düzeylerini 2009-2015 PISA sonuçlarına göre araştırma konusu yapmıştır. Çalışmada, İnsani Gelişim İndeksi (İGE) değerlerinin yüksekliği ülkelerin PISA gibi uluslararası sınavlardaki performanslarının yüksekliği ile paralellik gösterdiği saptanmıştır.

Bir diğer (Yalçın ve Hanoğlu, 2020) 2012 ve 2015 PISA araştırma sonuçlarına göre yapılan çalışmada Finlandiya, İngiltere ve Güney Kore ile Türkiye'nin eğitim sistemleri, eğitim yapıları, amaçları, finansmanı ve denetimi bağlamında karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmada eğitim sistemlerinde uygulanan merkezi, yerel ya da dengeli modellerin tek başına başarı ölçütü olmada yeterli bulunmadığı görülmüştür. Eğitim sistemlerinin ülkelerin özelliklerine ve kültürlerine göre şekillenebildiği ifade edilmiştir. Çalışmada araştırma kapsamındaki ülkelerin eğitimin evrensel değerlerini amaçladıklarını fakat Türk Eğitim Sisteminin milli değerlere sahip bireyler yetiştirme amacının öncelikli olarak kabul edildiği görülmüştür. Öte yandan araştırma kapsamındaki ülkelerin Gayri Safi Yurt İçi Hasıllarından (GSYİH) eğitime tahsis edilen oranın benzerlik gösterdiği fakat Türkiye'de öğrenci temelinde eğitime yapılan harcamanın diğer ülkelerin çok gerisinde bulunmuştur (Yalçın ve Hanoğlu, 2020).

OECD ve diğer katılımcı ülkelerin PISA performanslarını değerlendirmek amacıyla ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan çalışmaların sonuçları incelendiğinde, öğrencilerin fen ve matematik okuryazarlıkları ile okuma becerileri başarı düzeylerinin cinsiyet, okula başlama yaşı, anne babanın eğitim düzeyi (Gürsakal, 2012) Fen Bilimleri performansları açısından okulların bulunduğu bölgelere göre (Acar ve Öğretmen, 2012) değiştiği saptanmıştır. Bununla birlikte PISA matematik alan başarı puanlarının da cinsiyet, bilgisayar ilk kullanma yaşı, anne çalışma durumu, evde bilgisayar olma, öğrencinin kendine ait odasının olması, evde bulunan kitap sayısı değişkenleri bakımından (Türkan, Üner ve Alcı, 2015) farklılık gösterdiği saptanmıştır. Ancak, 2003 yılı PISA uygulamasına katılan Alman öğrencilerin verilerini esas alan araştırmanın sonuçlarına göre, öğrencilerin bilgisayara erişiminin ve evde ne sıklıkla bilgisayar kullandıklarının matematikteki performanslarıyla bağlantılı olmadığı (Wittwer ve Senkbeil, 2008) bulgusuna ulaşılmıştır. Türk öğrencilerin matematik performansını etkileyen öğrenci ve okul düzeyindeki faktörler incelendiğinde, matematik öz yeterliliğinin ve matematik öğretmenlerinin oranının başarısının yordayıcısı olduğu (Özberk, Kabasakal ve Öztürk, 2017) Türk öğrencilerin PISA matematik başarısını, öğrencinin sosyo-ekonomik ve duygusal özellikleri birlikte ve ayrı ayrı anlamlı yordadığı ve annenin eğitim durumunun babanın eğitim durumuna göre matematik başarısını daha iyi yordadığı görülmüştür (Okatan ve Tomul, 2021). Türk öğrencilerinin okuma becerilerine yönelik değişkenler ile öğrenci ve ailenin sahip olduğu imkanlar arasındaki ilişki incelendiğinde de, öğrencilerin ödevlerinin hazırlanmasında bilişim teknolojilerinden yararlanması ve öğrencinin evde sahip olduğu imkanlar ile ailenin sosyo-ekonomik düzeyi arasında çoklu bağlantının yüksek derecede olduğu (Özdemir ve Gelbal, 2014) ifade edilmiştir. Aksu ve Güzeller (2016) matematik okuryazarlığı bakımından başarılı ve başarısız öğrencilerin derse yönelik ilgi, tutum, motivasyon, algı, öz yeterlik, kaygı ve çalışma disiplini değişkenlerinin sınıflandırmada etkisini PISA 2012 verileri temelinde incelemiştir. Çalışmada başarılı ve başarısız öğrencileri sınıflandırmada en önemli duyuşsal değişkenlerin öz yeterlik algısı, derse ilişkin tutum ve çalışma disiplini olduğu saptanmıştır.

Ehmke, Van den Ham, Sälzer, Heine ve Prenzel (2020) çalışmalarında, PISA 2012 matematik ölçeği ile Alman Ulusal Eğitim Panel Çalışmasından (NEPS) alınan matematik değerlendirmesi puanları

arasındaki ilişki incelenmiş ve öğrencilerin NEPS matematik test puanları ile PISA puan eşdeğerlerinin benzer bir dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yöntem

Bu çalışmanın verileri, PISA 2018 uygulamasına katılan 79 katılımcı ülke ve ekonomideki 15 yaş grubundaki öğrencilerin okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanları olup PISA 2018 veri setinden (OECD, 2018) alınmıştır. Ancak, İspanya için okuma becerileri ortalama puanları olmadığından 78 ülkenin okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanları çalışma kapsamına alınmıştır. Alanyazında çok ölçütlü karar verme problemlerinde kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için objektif yöntemler, sübjektif yöntemler ve birleşik ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir (Jahan, Mustapha, Sapuan, Ismail ve Bahraminasab, 2012; Zardari, Ahmed, Shirazi ve Yusop, 2015). Bu çalışmada ülkelerin eğitim performanslarının sıralanmasında kriter olarak okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanları esas alınmıştır. Çalışmanın kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanmasında ise objektif ağırlıklandırma yöntemleri olan CRITIC ve Entropi yöntemleri kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi ile de okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı alanları için tek bir genel puan (bileşik PISA performansı) sıralaması yapılmıştır. Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemleri ile hesaplanan başarı sıralamaları arasındaki ilişkiyi belirlemek için Spearman korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.

Entropi

Entropi yöntemi, Shannon (1948) tarafından bilginin göreceli ağırlığını nesnel olarak hesaplamak için geliştirilmiştir. Alanyazın incelemesinde entropi yönteminin Çok ölçütlü problemlerde kriterlerin objektif olarak ağırlıklandırılmasında çok sayıda çalışmada kullanıldığı görülmüştür (Hsu ve Hsu, 2008; Li, Wang, Liu, Xin, Yang ve Gao, 2011; Min ve Peng, 2012; Oluah, Akinlabi ve Njoku, 2020; Tang, Shi ve Dong 2019; Zhao, Guo, Huang ve Zhong 2017). Entropi yöntemi aşağıda verilen beş adımdan oluşmaktadır (Hwang ve Yoon, 1981; Kaynak, Altuntas ve Dereli, 2017; Min ve Peng, 2012; Zardari, Ahmed, Shirazi ve Yusop, 2015).

Adım 1: Karar matrisinin (D) oluşturulması: Öncelikle eşitlik (1)'de gösterilen karar matrisi oluşturulmaktadır.

Karar matrisinde alternatifler satırlarda, kriterler ise sütunlarda yer almaktadır.

$$D = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_i & x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{matrix} \quad (1)$$

Burada,

A_i olası alternatifleri ifade etmektedir; $i = 1. \dots m$;

X_j ise ilgili i . faktör ya da kriteri $j = 1. \dots n$;

X_{ij} ise bir sayısal değer olarak her bir alternatif A_i ile her bir X_j kriterine karşılık değeri göstermektedir.

Adım 2: Karar matrisinin normalleştirilmesi.

İlk önce m sayıda alternatif ve n sayıda değerlendirme kriterinden oluşan “ $m \times n$ ” karar matrisi oluşturulur. Oluşturulan karar matrisi P_{ij} eşitlik (2)'de verilen formül ile normalleştirilir:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Burada:

i : Alternatif değeri

j : Kriter değeri

P_{ij} : Normalize edilmiş değerler

X_{ij} : Bir sayısal değer olmak üzere her bir i . alternatif ile her bir j . kriterine karşılık gelen değeri göstermektedir.

Adım 3: Her bir kriter için Entropi değerinin hesaplanması

Her bir kriter için Entropi değeri eşitlik (3) ile hesaplanmaktadır.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m X_{ij} P_{ij} \ln P_{ij} \cdot \forall_{i,j} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$0 \leq E_j \leq 1. \quad k = \frac{1}{\ln m} \quad (m: \text{alternatif sayısı})$$

Adım 4: Farklılaşma derecelerinin hesaplanması

d_j farklılaşma derecesi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$d_j = |1 - E_j| \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Adım 5: Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması

Kriterlerin ağırlıkları aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

CRITIC Yöntemi

CRITIC yöntem alanyazında çok ölçütlü karar verme problemlerinde ihtiyaç duyulan kriterlerin ağırlıklarının objektif bir şekilde saptamak için kullanılan yöntemlerden biridir (Diakoulaki, Mavrotas ve Papayannakis, 1995). Bu yöntemde, objektif ağırlıklar kriterlerin standart sapmaları ve kriterler arasındaki korelasyon yardımıyla hesaplanabilmektedir. Alanyazında değişik çok ölçütlü problemlerin çözümünde ve kriterlerin ağırlıklarının objektif bir şekilde hesaplanmasında CRITIC yöntemin çok sayıda çalışmada kullanıldığı görülmektedir (Abdel-Basset ve Mohamed, 2020; Tuş, ve Aytac Adalı, 2019; Hashemkhani Zolfani, Yazdani, Ebadi Torkayesh ve Derakhti, 2020; Jahan, Mustapha, Sapuan, Ismail ve Bahraminasab, 2012; Mohamadghasemi, Hadi-Vencheh ve Hosseinzadeh Lotfi, 2020; Wang, He, Zhu, Zhang, Xin, Xu ve Guan, 2019; Wang, Parhi, Rangaiah ve Jana, 2020).

CRITIC yöntemin içerdiği başlıca adımlar aşağıda verilmiştir (Çakır, 2017; Jahan, Mustapha, Sapuan, Ismail ve Bahraminasab, 2012).

Adım 1: Normalize karar matrisinin oluşturulması.

Eşitlik (1) ile oluşturulan karar matrisi eşitlik (6) ve / veya eşitlik (7) kullanılarak normalize edilir.

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{ve} \quad j = 1, 2, \dots, n. \text{ Fayda Kriteri} \quad (6)$$

$$X_{ij}^* = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{ve} \quad j = 1, 2, \dots, n. \text{ Maliyet Kriteri} \quad (7)$$

Adım 2: Kriterler arası ilişki matrisinin belirlenmesi.

Kriterler arası ilişkinin derecesini belirleyen korelasyon katsayıları (ρ_{jk}) eşitlik (8) yardımıyla hesaplanır.

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}} \quad \text{Korelasyon Katsayısı} \quad (8)$$

Adım 3: Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması.

Eşitlik (9), (10) ve (11) yardımıyla kriterlerin ağırlıkları (W_j) hesaplanır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (X_{ij} - X_j)^2}{m}} \quad j=1, \dots, n \quad (\sigma_j: j. kriterine ait standart sapma değeri) \quad (9)$$

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - p_{jk}) \quad j=1, \dots, n \quad (C_j: j. kriterin içerdiği bilgi miktarı) \quad (10)$$

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n C_k} \quad j=1, \dots, n \quad (W_j) \text{ Kriterlerin ağırlıkları} \quad (11)$$

TOPSIS Yöntemi

Çalışmada ülkelerin bileşke PISA performanslarının sıralanmasında Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yöntem seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın uzaklığı ve negatif ideal çözüme ise en yüksek uzaklığı esas alan bir yaklaşıma sahiptir (Feng, Zuo, Wang ve Feng, 2014). Yöntemin bu üstünlüğü nedeniyle TOPSIS yönteminin değişik ve çok sayıda çok ölçütlü problemlerin çözümünde tercih edildiği görülmüştür (Hsu ve Hsu, 2008; Liu, Zhou, Zhu, He ve Wang, 2019; Li, Wang, Liu, Xin, Yang ve Gao, 2011; Min ve Peng, 2012; Monjezi, Dehghani, Singh, Sayadi ve Gholinejad, 2012; Phanden, Sindhwani, Kalsariya ve Salroo, 2019; Tang, Shi ve Dong, 2019; Yüksel ve Geban, 2018). Bu çalışmada kullanılan TOPSIS yönteminin adımları (Çalık, Çizmecioğlu ve Akpınar, 2019; Kaynak, Altuntas ve Dereli, 2017; Monjezi, Dehghani, Singh, Sayadi ve Gholinejad, 2012; Shyur, 2006) aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Karar matrisinin (D) oluşturulması

TOPSIS yönteminde eşitlik (1) ile karar matrisi oluşturulmaktadır.

Adım 2: Karar matrisinin normalleştirilmesi.

Eşitlik (12) ile normalleştirilmiş karar matrisi (13) belirlenmektedir.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^k X_{ij}^2}} \quad (12)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & r_{kn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin (v_{ij}) hesaplanması.

TOPSIS yönteminde ağırlıklandırılmış normalize değerler v_{ij} aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m. w_j \text{ ifadesi } i. \text{ kriterin ağırlığını göstermektedir.} \quad (14)$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{k1} & w_2 r_{k2} & \dots & w_n r_{kn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Adım 4: Pozitif İdeal çözümler (A^*) ve negatif ideal çözümlerin (A^-) hesaplanması

Pozitif ve negatif ideal çözümler eşitlik (16) ve (17) ile hesaplanmaktadır.

$$A^* = \{v_1^*, \dots, v_n^*\} = \{(max_i v_{ij} | j \in J), (min_i v_{ij} | j \in J')\} \quad (16)$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(min_i v_{ij} | j \in J), (max_i v_{ij} | j \in J')\}, \quad (17)$$

Adım 5: Ayırma ölçülerinin m-boyutlu Euclidean uzaklık kullanılarak belirlenmesi.

İdeal ve negatif ideal çözümlerden sapmalar Euclidean uzaklık yaklaşımından yararlanılarak hesaplanmaktadır. İdeal Ayırma (S_i^*) ve Negatif İdeal Ayırma (S_i^-) eşitlik (18) ve (19) ile hesaplanmaktadır.

İdeal çözümden ayırma (S_i^*) her bir alternatif için aşağıdaki şekilde hesaplanır (18):

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (18)$$

$i = 1, m$. Buna karşılık her bir alternatifin negatif ideal çözümden ayırma ise (S_i^-) şöyle hesaplanır (19):

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (19)$$

Adım 6: ideal çözüme göreli yakınlığın ve tercihlerin sıralamasının saptanması.

Yöntemde ideal çözüme göreli yakınlık değeri (C_i^*) eşitlik (20)'e göre hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (20)$$

$i = 1, \dots, m$. C_i^* indeks değeri 0 ile 1 aralığında değer alır. TOPSIS yönteminde indeks değerlerinin büyük olması alternatiflerin daha iyi performansa sahip olduğunu göstermektedir.

Bulgular

Bu çalışmanın bulguları iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda, öncelikle bileşik PISA performans sıralamasının (Bileşik indeks) hesaplanmasında temel alınan kriterlerin, okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ağırlıkları objektif ağırlıklandırma yöntemleri CRITIC ve Entropi ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. İkinci kısımda CRITIC ve Entropi ile hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak ülkelerin bileşik PISA performansları TOPSIS yöntemi ile belirlenmiştir.

Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemleri ile hesaplanan başarı sıralamaları arasındaki ilişkiyi belirlemek için Spearman korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.

Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması**Entropi yöntemi ile kriter ağırlıklarının hesaplanması****Adım 1: Karar Matrisinin Belirlenmesi**

OECD tarafından yayınlanan 2018 PISA veri tabanından (OECD, 2018) ülkelerin okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanlarına ilişkin veriler esas alınarak karar matrisi eşitlik 1'e göre oluşturulmuştur (Tablo 1). Tablonun ilk sütununda bu çalışmanın kapsamındaki ülkeler ve diğer sütunlarda ise PISA kapsamındaki testlerin ortalama puanları verilmiştir.

Tablo 1

Karar Matrisi

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Almanya	498	500	503
Amerika Birleşik Devletleri	505	478	502
Arjantin	402	379	404
Arnavutluk	405	437	417
Avustralya	503	491	503
Avusturya	484	499	490
Bakü (Azerbaycan)	389	420	398

Tablo 1 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik	Fen okuryazarlığı
Belarus	474	472	471
Belçika	493	508	499
Birleşik Arap Emirlikleri	432	435	434
Birleşik Krallık	504	502	505
Bosna-Hersek	403	406	398
Brezilya	413	384	404
Brunei	408	430	431
B-S-J-Z (Çin)	555	591	590
Bulgaristan	420	436	424
Çek Cumhuriyeti	490	499	497
Danimarka	501	509	493
Dominik Cumhuriyeti	342	325	336
Endonezya	371	379	396
Estonya	523	523	530
Fas	359	368	377
Filipinler	340	353	357
Finlandiya	520	507	522
Fransa	493	495	493
Güney Kıbrıs	424	451	439
Gürcistan	380	398	383
Hırvatistan	479	464	472
Hollanda	485	519	503
Hong Kong (Çin)	524	551	517
İrlanda	518	500	496
İsrail	470	463	462
İsveç	506	502	499
İsviçre	484	515	495
İtalya	476	487	468
İzlanda	474	495	475
Japonya	504	527	529
Kanada	520	512	518
Karadağ	421	430	415
Katar	407	414	419
Kazakistan	387	423	397
Kolombiya	412	391	413
Kore	514	526	519
Kosova	353	366	365
Kosta Rika	426	402	416
Kuzey Makedonya	393	394	413
Letonya	479	496	487
Litvanya	476	481	482
Lübnan	353	393	384
Lüksemburg	470	483	477
Macaristan	476	481	481
Makao (Çin)	525	558	544

Tablo 1 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Okuma	Matematik	Fen okuryazarlığı
Malezya	415	440	438
Malta	448	472	457
Meksika	420	409	419
Moldova	424	421	428
Norveç	499	501	490
Panama	377	353	365
Peru	401	400	404
Polonya	512	516	511
Portekiz	492	492	492
Romanya	428	430	426
Rusya	479	488	478
Sırbistan	439	448	440
Singapur	549	569	551
Slovak Cumhuriyeti	458	486	464
Slovenya	495	509	507
Suudi Arabistan	399	373	386
Şili	452	417	444
Tayland	393	419	426
Tayvan	503	531	516
Türkiye	466	454	468
Ukrayna	466	453	469
Uruguay	427	418	426
Ürdün	419	400	429
Vietnam	505	496	543
Yeni Zelanda	506	494	508
Yunanistan	457	451	452

Adım 2: Karar Matrisinin Normalizasyonu

Bu çalışmada yer alan kriterler nitelik olarak fayda yönlü olduğundan dolayı eşitlik (2) ile karar matrisi normalize edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2

Normalize Karar Matrisi

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Almanya	0.01408	0.01397	0.01406
Amerika Birleşik Devletleri	0.01428	0.01336	0.01404
Arjantin	0.01134	0.01060	0.01129
Arnavutluk	0.01145	0.01222	0.01165
Avustralya	0.01420	0.01373	0.01406
Avusturya	0.01369	0.01394	0.01369
Bakü (Azerbaycan)	0.01100	0.01172	0.01111
Belarus	0.01339	0.01318	0.01317
Belçika	0.01393	0.01420	0.01394
Birleşik Arap Emirlikleri	0.01220	0.01215	0.01212
Birleşik Krallık	0.01424	0.01402	0.01411
Bosna-Hersek	0.01139	0.01135	0.01114
Brezilya	0.01167	0.01072	0.01128

Tablo 2 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Brunei	0.01153	0.01202	0.01205
B-S-J-Z (Çin)	0.01569	0.01652	0.01650
Bulgaristan	0.01186	0.01218	0.01185
Çek Cumhuriyeti	0.01385	0.01396	0.01389
Danimarka	0.01416	0.01423	0.01377
Dominik Cumhuriyeti	0.00965	0.00908	0.00938
Endonezya	0.01048	0.01058	0.01107
Estonya	0.01478	0.01462	0.01482
Fas	0.01015	0.01027	0.01053
Filipinler	0.00960	0.00985	0.00998
Finlandiya	0.01469	0.01417	0.01459
Fransa	0.01392	0.01384	0.01378
Güney Kıbrıs	0.01199	0.01259	0.01227
Gürcistan	0.01073	0.01111	0.01070
Hırvatistan	0.01353	0.01297	0.01320
Hollanda	0.01370	0.01451	0.01407
Hong Kong (Çin)	0.01481	0.01540	0.01444
İrlanda	0.01464	0.01396	0.01387
İsrail	0.01329	0.01294	0.01292
İsveç	0.01429	0.01404	0.01396
İsviçre	0.01367	0.01440	0.01384
İtalya	0.01346	0.01360	0.01308
İzlanda	0.01339	0.01384	0.01328
Japonya	0.01424	0.01472	0.01479
Kanada	0.01469	0.01431	0.01448
Karadağ	0.01190	0.01200	0.01160
Katar	0.01150	0.01157	0.01171
Kazakistan	0.01093	0.01182	0.01110
Kolombiya	0.01165	0.01092	0.01155
Kore	0.01452	0.01469	0.01451
Kosova	0.00998	0.01022	0.01020
Kosta Rika	0.01205	0.01124	0.01162
Kuzey Makedonya	0.01109	0.01102	0.01154
Letonya	0.01353	0.01386	0.01362
Litvanya	0.01345	0.01344	0.01347
Lübnan	0.00998	0.01099	0.01073
Lüksemburg	0.01328	0.01351	0.01333
Macaristan	0.01345	0.01344	0.01344
Makao (Çin)	0.01484	0.01558	0.01519
Malezya	0.01172	0.01230	0.01223
Malta	0.01266	0.01318	0.01276
Meksika	0.01188	0.01142	0.01172
Moldova	0.01198	0.01175	0.01198
Norveç	0.01411	0.01400	0.01371
Panama	0.01065	0.00986	0.01019
Peru	0.01132	0.01117	0.01130

Tablo 2 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Polonya	0.01446	0.01441	0.01428
Portekiz	0.01390	0.01376	0.01374
Romanya	0.01208	0.01201	0.01190
Rusya	0.01352	0.01363	0.01335
Sırbistan	0.01242	0.01253	0.01229
Singapur	0.01552	0.01590	0.01540
Slovak Cumhuriyeti	0.01294	0.01358	0.01297
Slovenya	0.01400	0.01422	0.01417
Suudi Arabistan	0.01128	0.01043	0.01080
Şili	0.01278	0.01166	0.01240
Tayland	0.01110	0.01169	0.01190
Tayvan	0.01420	0.01484	0.01442
Türkiye	0.01316	0.01267	0.01309
Ukrayna	0.01316	0.01266	0.01311
Uruguay	0.01207	0.01167	0.01190
Ürdün	0.01184	0.01117	0.01200
Vietnam	0.01425	0.01385	0.01519
Yeni Zelanda	0.01429	0.01382	0.01421
Yunanistan	0.01292	0.01261	0.01262

Adım 3: Kriterlerin Entropi değerlerinin (E_j) hesaplanması.

Bu çalışmada kriterlerin Entropi değeri (E_j) eşitlik (3) ile belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3

 E_j Değerleri

Kriter	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
E_j	0.98451	0.98465	0.98389

Adım 4: Kriterlerin farklılaşma derecesinin (d_j) hesaplanması.

Kriterlerin farklılaşma derecesinin (d_j) eşitlik (4) ile hesaplanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4

Kriterler İçin Farklılaşma Derecesi (d_j) Değerleri

Kriter	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
$d_j=1-e_j$	0,01549	0,01535	0,01611

Adım 5: Kriterin Entropi ağırlık değerinin (W_j) hesaplanması.

Bu adımda eşitlik (5) yardımıyla her bir kriterin Entropi ağırlık değeri (W_j) hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5

Kriterlerin Entropi Ağırlık (W_j) Değerleri

Kriter	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
W_j	0.330	0.327	0.343

Tablo 5'teki sonuçlara göre bu çalışmada entropi yöntemi ile ağırlığı hesaplanan en yüksek kriterin fen okuryazarlığı olduğu saptanmıştır. Fen okuryazarlığı kriterini sırasıyla okuma becerileri ve matematik okuryazarlığı izlemektedir. Bu sonuç, ülkelerin bileşik PISA performans düzeyini en az etkileyen kriterin matematik okuryazarlığı ve en çok etkileyen kriterin fen okuryazarlığı olduğunu göstermektedir.

Çalışmada kriterlerin ağırlıkları CRITIC yöntem ile de hesaplanmıştır. Sonraki adımlarda CRITIC yöntem ile belirlenen ağırlıklar kullanılmıştır.

CRITIC yöntemi ile kriter ağırlıklarının hesaplanması

Adım 1: Karar Matrisinin Belirlenmesi

Bu adımda Entropi yöntemi için eşitlik (1) ile belirlenen karar matrisi (Tablo 1) kullanılmıştır.

Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması.

Karar matrisi eşitlik (6) yardımı ile normalize edilmiştir. Normalize karar matrisi Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Normalize Karar Matrisi

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Almanya	0.73575	0.65696	0.65677
Amerika Birleşik Devletleri	0.76857	0.57510	0.65438
Arjantin	0.28677	0.20411	0.26858
Arnavutluk	0.30498	0.42105	0.31825
Avustralya	0.75595	0.62435	0.65667
Avusturya	0.67133	0.65282	0.60493
Bakü (Azerbaycan)	0.23056	0.35503	0.24338
Belarus	0.62213	0.55114	0.53227
Belçika	0.71063	0.68710	0.64022
Birleşik Arap Emirlikleri	0.42724	0.41250	0.38461
Birleşik Krallık	0.76196	0.66344	0.66335
Bosna-Hersek	0.29361	0.30524	0.24671
Brezilya	0.33952	0.21956	0.26682
Brunei	0.31724	0.39435	0.37420
B-S-J-Z (Çin)	1.00000	1.00000	1.00000
Bulgaristan	0.37186	0.41661	0.34708
Çek Cumhuriyeti	0.69836	0.65479	0.63245
Danimarka	0.74898	0.69209	0.61614
Dominik Cumhuriyeti	0.00897	0.00000	0.00000
Endonezya	0.14509	0.20116	0.23718
Estonya	0.85052	0.74472	0.76319
Fas	0.09138	0.16007	0.16077
Filipinler	0.00000	0.10314	0.08360
Finlandiya	0.83689	0.68421	0.73092
Fransa	0.70943	0.63955	0.61748
Güney Kıbrıs	0.39280	0.47159	0.40569
Gürcistan	0.18586	0.27220	0.18457
Hırvatistan	0.64626	0.52237	0.53658
Hollanda	0.67314	0.72901	0.65832
Hong Kong (Çin)	0.85640	0.84889	0.71052
İrlanda	0.82761	0.65541	0.62979
İsrail	0.60648	0.51798	0.49669
İsveç	0.77058	0.66576	0.64286
İsviçre	0.66918	0.71430	0.62650
İtalya	0.63371	0.60643	0.51951
İzlanda	0.62299	0.63872	0.54702
Japonya	0.76163	0.75808	0.75937
Kanada	0.83692	0.70192	0.71567
Karadağ	0.37749	0.39247	0.31215

Tablo 6 (Devamı)

<i>Ülke/Ekonomi</i>	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Katar	0.31270	0.33470	0.32767
Kazakistan	0.21906	0.36819	0.24125
Kolombiya	0.33684	0.24722	0.30489
Kore	0.80893	0.75418	0.71963
Kosova	0.06205	0.15316	0.11480
Kosta Rika	0.40273	0.29002	0.31391
Kuzey Makedonya	0.24578	0.26041	0.30380
Letonya	0.64491	0.64225	0.59500
Litvanya	0.63180	0.58616	0.57466
Lübnan	0.06339	0.25667	0.18871
Lüksemburg	0.60449	0.59454	0.55387
Macaristan	0.63233	0.58575	0.57013
Makao (Çin)	0.86026	0.87336	0.81608
Malezya	0.34929	0.43226	0.40023
Malta	0.50358	0.55061	0.47468
Meksika	0.37476	0.31432	0.32797
Moldova	0.39111	0.35864	0.36439
Norveç	0.74119	0.66041	0.60742
Panama	0.17296	0.10419	0.11378
Peru	0.28218	0.28066	0.26915
Polonya	0.79874	0.71556	0.68834
Portekiz	0.70570	0.62858	0.61238
Romanya	0.40832	0.39361	0.35370
Rusya	0.64400	0.61093	0.55759
Sırbistan	0.46290	0.46258	0.40908
Singapur	0.97322	0.91594	0.84493
Slovak Cumhuriyeti	0.54881	0.60484	0.50395
Slovenya	0.72214	0.69021	0.67253
Suudi Arabistan	0.27586	0.18077	0.19863
Şili	0.52231	0.34663	0.42364
Tayland	0.24680	0.35095	0.35391
Tayvan	0.75580	0.77375	0.70684
Türkiye	0.58429	0.48220	0.52064
Ukrayna	0.58577	0.48074	0.52334
Uruguay	0.40561	0.34759	0.35390
Ürdün	0.36824	0.28037	0.36740
Vietnam	0.76464	0.64055	0.81529
Yeni Zelanda	0.77031	0.63610	0.67836
Yunanistan	0.54616	0.47418	0.45523

Adım 3: Kriterler arası ilişki matrisinin hesaplanması.

Eşitlik (8) kullanılarak hesaplanan Korelasyon katsayıları (ρ_{jk}) Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7

Kriterlerin Korelasyon katsayıları (ρ_{jk})

	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Okuma becerileri	1.00000	0.94782	0.97576
Matematik okuryazarlığı	0.94782	1.00000	0.96695
Fen okuryazarlığı	0.97576	0.96695	1.00000

Adım 4: Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması.

Eşitlik (9), (10) ve (11) kullanılarak hesaplanan kriterlerin ağırlıkları (W_j) Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8

CRITIC Yöntem ile Hesaplanan Kriterlerin Ağırlıkları

Kriterler	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
σ_j	0.24638	0.21238	0.20705
c_j	0.01883	0.01810	0.01186
W_j	0.386	0.371	0.243

Tablo 8’deki sonuçlara göre bu çalışmadaki CRITIC yöntemle hesaplanan kriterlerin ağırlıkları büyükten küçüğe doğru okuma becerileri, matematik okuryazarlığı ve fen okuryazarlığı şeklinde sıralanmaktadır. Bu sonuç, ülkelerin bileşik PISA performans düzeyinin belirlenmesinde okuma becerilerinin diğer kriterlere göre daha çok etkili olduğunu göstermektedir.

Ülkelerin PISA Performanslarının TOPSIS Tekniği ile Sıralaması

TOPSIS Uygulaması

Adım 1: Karar Matrisinin Belirlenmesi.

Bu adımda Entropi yöntemi için eşitlik (1) ile belirlenen karar matrisi (Tablo 1) kullanılmıştır.

Adım 2 : TOPSIS Uygulaması için karar matrisinin normalleştirilmesi.

Bu amaçla Entropi yöntemi için eşitlik (1) ile belirlenen karar matrisi (Tablo 1) değerleri kullanılarak eşitlik (12) ile normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 9).

Tablo 9

TOPSIS Uygulaması İçin Alternatiflerin Normalize Edilmiş Karar Matrisi (R)

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Almanya	0.12350	0.12248	0.12336
Amerika Birleşik Devletleri	0.12526	0.11714	0.12321
Arjantin	0.09952	0.09294	0.09910
Arnavutluk	0.10049	0.10709	0.10221
Avustralya	0.12458	0.12035	0.12336
Avusturya	0.12006	0.12221	0.12012
Bakü (Azerbaycan)	0.09651	0.10278	0.09753
Belarus	0.11743	0.11558	0.11558
Belçika	0.12216	0.12444	0.12233
Birleşik Arap Emirlikleri	0.10702	0.10653	0.10635
Birleşik Krallık	0.12490	0.12290	0.12377
Bosna-Hersek	0.09988	0.09954	0.09773
Brezilya	0.10234	0.09395	0.09899
Brunei	0.10115	0.10535	0.10570
B-S-J-Z (Çin)	0.13762	0.14485	0.14481

Tablo 9 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik	Fen okuryazarlığı
Bulgaristan	0.10406	0.10680	0.10401
Çek Cumhuriyeti	0.12151	0.12234	0.12184
Danimarka	0.12421	0.12477	0.12082
Dominik Cumhuriyeti	0.08468	0.07963	0.08232
Endonezya	0.09195	0.09275	0.09714
Estonya	0.12964	0.12820	0.13001
Fas	0.08908	0.09007	0.09236
Filipinler	0.08420	0.08636	0.08754
Finlandiya	0.12891	0.12425	0.12800
Fransa	0.12210	0.12134	0.12091
Güney Kıbrıs	0.10518	0.11039	0.10767
Gürcistan	0.09413	0.09738	0.09385
Hırvatistan	0.11872	0.11370	0.11585
Hollanda	0.12016	0.12718	0.12346
Hong Kong (Çin)	0.12995	0.13500	0.12672
İrlanda	0.12841	0.12238	0.12168
İsrail	0.11660	0.11341	0.11336
İsveç	0.12537	0.12305	0.12249
İsviçre	0.11995	0.12622	0.12147
İtalya	0.11805	0.11918	0.11478
İzlanda	0.11748	0.12129	0.11650
Japonya	0.12489	0.12907	0.12977
Kanada	0.12891	0.12541	0.12704
Karadağ	0.10436	0.10523	0.10182
Katar	0.10090	0.10146	0.10279
Kazakistan	0.09590	0.10364	0.09739
Kolombiya	0.10219	0.09575	0.10137
Kore	0.12741	0.12882	0.12729
Kosova	0.08751	0.08962	0.08949
Kosta Rika	0.10571	0.09854	0.10193
Kuzey Makedonya	0.09733	0.09661	0.10130
Letonya	0.11865	0.12152	0.11950
Litvanya	0.11795	0.11786	0.11823
Lübnan	0.08758	0.09637	0.09411
Lüksemburg	0.11649	0.11841	0.11693
Macaristan	0.11798	0.11783	0.11795
Makao (Çin)	0.13016	0.13659	0.13332
Malezya	0.10286	0.10782	0.10733
Malta	0.11110	0.11554	0.11198
Meksika	0.10422	0.10013	0.10281
Moldova	0.10509	0.10302	0.10509
Norveç	0.12380	0.12270	0.12028
Panama	0.09344	0.08642	0.08943
Peru	0.09927	0.09793	0.09914
Polonya	0.12687	0.12630	0.12533
Portekiz	0.12190	0.12063	0.12059

Tablo 9 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik	Fen okuryazarlığı
Romanya	0.10601	0.10530	0.10442
Rusya	0.11860	0.11947	0.11716
Sırbistan	0.10893	0.10980	0.10788
Singapur	0.13619	0.13937	0.13512
Slovak Cumhuriyeti	0.11352	0.11908	0.11381
Slovenya	0.12278	0.12465	0.12435
Suudi Arabistan	0.09893	0.09142	0.09473
Şili	0.11210	0.10224	0.10879
Tayland	0.09738	0.10252	0.10443
Tayvan	0.12458	0.13009	0.12649
Türkiye	0.11541	0.11108	0.11485
Ukrayna	0.11549	0.11098	0.11502
Uruguay	0.10587	0.10230	0.10443
Ürdün	0.10387	0.09791	0.10528
Vietnam	0.12505	0.12141	0.13327
Yeni Zelanda	0.12535	0.12112	0.12471
Yunanistan	0.11338	0.11056	0.11077

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin (v_{ij}) Oluşturulması

Eşitlik (5) ile Entropi yöntemiyle elde edilmiş olan kriterlerin ağırlıkları (Tablo 5) ve eşitlik (14) ile ağırlıklı standart karar matrisi (v_{ij}) oluşturulmuştur (Tablo 10).

Tablo 10

Alternatiflerin Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi Değerleri (v_{ij})

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Almanya	0.12350	0.12248	0.12336
Amerika Birleşik Devletleri	0.12526	0.11714	0.12321
Arjantin	0.09952	0.09294	0.09910
Arnavutluk	0.10049	0.10709	0.10221
Avustralya	0.12458	0.12035	0.12336
Avusturya	0.12006	0.12221	0.12012
Bakü (Azerbaycan)	0.09651	0.10278	0.09753
Belarus	0.11743	0.11558	0.11558
Belçika	0.12216	0.12444	0.12233
Birleşik Arap Emirlikleri	0.10702	0.10653	0.10635
Birleşik Krallık	0.12490	0.12290	0.12377
Bosna-Hersek	0.09988	0.09954	0.09773
Brezilya	0.10234	0.09395	0.09899
Brunei	0.10115	0.10535	0.10570
B-S-J-Z (Çin)	0.13762	0.14485	0.14481
Bulgaristan	0.10406	0.10680	0.10401
Çek Cumhuriyeti	0.12151	0.12234	0.12184
Danimarka	0.12421	0.12477	0.12082
Dominik Cumhuriyeti	0.08468	0.07963	0.08232
Endonezya	0.09195	0.09275	0.09714
Estonya	0.12964	0.12820	0.13001
Fas	0.08908	0.09007	0.09236

Tablo 10 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Filipinler	0.08420	0.08636	0.08754
Finlandiya	0.12891	0.12425	0.12800
Fransa	0.12210	0.12134	0.12091
Güney Kıbrıs	0.10518	0.11039	0.10767
Gürcistan	0.09413	0.09738	0.09385
Hırvatistan	0.11872	0.11370	0.11585
Hollanda	0.12016	0.12718	0.12346
Hong Kong (Çin)	0.12995	0.13500	0.12672
İrlanda	0.12841	0.12238	0.12168
İsrail	0.11660	0.11341	0.11336
İsveç	0.12537	0.12305	0.12249
İsviçre	0.11995	0.12622	0.12147
İtalya	0.11805	0.11918	0.11478
İzlanda	0.11748	0.12129	0.11650
Japonya	0.12489	0.12907	0.12977
Kanada	0.12891	0.12541	0.12704
Karadağ	0.10436	0.10523	0.10182
Katar	0.10090	0.10146	0.10279
Kazakistan	0.09590	0.10364	0.09739
Kolombiya	0.10219	0.09575	0.10137
Kore	0.12741	0.12882	0.12729
Kosova	0.08751	0.08962	0.08949
Kosta Rika	0.10571	0.09854	0.10193
Kuzey Makedonya	0.09733	0.09661	0.10130
Letonya	0.11865	0.12152	0.11950
Litvanya	0.11795	0.11786	0.11823
Lübnan	0.08758	0.09637	0.09411
Lüksemburg	0.11649	0.11841	0.11693
Macaristan	0.11798	0.11783	0.11795
Makao (Çin)	0.13016	0.13659	0.13332
Malezya	0.10286	0.10782	0.10733
Malta	0.11110	0.11554	0.11198
Meksika	0.10422	0.10013	0.10281
Moldova	0.10509	0.10302	0.10509
Norveç	0.12380	0.12270	0.12028
Panama	0.09344	0.08642	0.08943
Peru	0.09927	0.09793	0.09914
Polonya	0.12687	0.12630	0.12533
Portekiz	0.12190	0.12063	0.12059
Romanya	0.10601	0.10530	0.10442
Rusya	0.11860	0.11947	0.11716
Sırbistan	0.10893	0.10980	0.10788
Singapur	0.13619	0.13937	0.13512
Slovak Cumhuriyeti	0.11352	0.11908	0.11381
Slovenya	0.12278	0.12465	0.12435

Tablo 10 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Suudi Arabistan	0.09893	0.09142	0.09473
Şili	0.11210	0.10224	0.10879
Tayland	0.09738	0.10252	0.10443
Tayvan	0.12458	0.13009	0.12649
Türkiye	0.11541	0.11108	0.11485
Ukrayna	0.11549	0.11098	0.11502
Uruguay	0.10587	0.10230	0.10443
Ürdün	0.10387	0.09791	0.10528
Vietnam	0.12505	0.12141	0.13327
Yeni Zelanda	0.12535	0.12112	0.12471
Yunanistan	0.11338	0.11056	0.11077

Adım 4: Pozitif İdeal çözümlerin (A^*) ve Negatif ideal çözümlerin (A^-) hesaplanması.

Eşitlik (16) ve (17) yardımıyla pozitif ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) ideal çözüm değerleri saptanmıştır (Tablo 11).

Tablo 11

Pozitif İdeal (A^) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Değerleri*

	Okuma becerileri	Matematik okuryazarlığı	Fen okuryazarlığı
Pozitif İdeal çözümleri (A^*)	0.04541	0.04737	0.04967
Negatif ideal çözümleri (A^-)	0.02778	0.02604	0.02823

Adım 5 : Pozitif (S^*) ve Negatif (S^-) Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

Eşitlik (18) ve (19) kullanılarak pozitif (S^*) ve negatif (S^-) ayrım ölçüleri hesaplanmıştır (Tablo 12).

Tablo 12

Pozitif (S^) ve Negatif (S^-) Ayrım Ölçüleri*

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S^*)	Negatif İdeal (S^-)
Almanya	0.01137	0.02372
Amerika Birleşik Devletleri	0.01240	0.02304
Arjantin	0.02631	0.00881
Arnavutluk	0.02272	0.01249
Avustralya	0.01170	0.02352
Avusturya	0.01265	0.02241
Bakü (Azerbaycan)	0.02523	0.01005
Belarus	0.01538	0.01972
Belçika	0.01140	0.02367
Birleşik Arap Emirlikleri	0.02081	0.01422
Birleşik Krallık	0.01101	0.02414
Bosna-Hersek	0.02521	0.00986
Brezilya	0.02568	0.00951
Brunei	0.02218	0.01290
B-S-J-Z (Çin)	0.00000	0.03500
Bulgaristan	0.02176	0.01332
Çek Cumhuriyeti	0.01202	0.02303
Danimarka	0.01142	0.02381
Dominik Cumhuriyeti	0.03492	0.00016

Tablo 12 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S*)	Negatif İdeal (S ⁻)
Endonezya	0.02802	0.00713
Estonya	0.00790	0.02729
Fas	0.03002	0.00511
Filipinler	0.03260	0.00284
Finlandiya	0.00932	0.02600
Fransa	0.01235	0.02275
Güney Kıbrıs	0.02010	0.01499
Gürcistan	0.02743	0.00775
Hırvatistan	0.01554	0.01965
Hollanda	0.01097	0.02412
Hong Kong (Çin)	0.00744	0.02807
İrlanda	0.01124	0.02430
İsrail	0.01644	0.01870
İsveç	0.01122	0.02400
İsviçre	0.01163	0.02349
İtalya	0.01477	0.02040
İzlanda	0.01407	0.02107
Japonya	0.00842	0.02658
Kanada	0.00927	0.02602
Karadağ	0.02249	0.01262
Katar	0.02358	0.01143
Kazakistan	0.02521	0.01017
Kolombiya	0.02483	0.01029
Kore	0.00866	0.02646
Kosova	0.03098	0.00423
Kosta Rika	0.02359	0.01157
Kuzey Makedonya	0.02546	0.00959
Letonya	0.01315	0.02190
Litvanya	0.01425	0.02079
Lübnan	0.02875	0.00690
Lüksemburg	0.01466	0.02038
Macaristan	0.01432	0.02073
Makao (Çin)	0.00538	0.02972
Malezya	0.02106	0.01402
Malta	0.01718	0.01790
Meksika	0.02330	0.01175
Moldova	0.02209	0.01293
Norveç	0.01200	0.02321
Panama	0.03064	0.00449
Peru	0.02532	0.00969
Polonya	0.00970	0.02547
Portekiz	0.01260	0.02251
Romanya	0.02163	0.01341
Rusya	0.01408	0.02101
Sırbistan	0.01953	0.01552
Singapur	0.00381	0.03169

Tablo 12 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S^*)	Negatif İdeal (S^-)
Slovak Cumhuriyeti	0.01573	0.01941
Slovenya	0.01081	0.02422
Suudi Arabistan	0.02763	0.00753
Şili	0.02044	0.01490
Tayland	0.02366	0.01151
Tayvan	0.00902	0.02607
Türkiye	0.01677	0.01834
Ukrayna	0.01675	0.01838
Uruguay	0.02225	0.01279
Ürdün	0.02331	0.01183
Vietnam	0.00957	0.02596
Yeni Zelanda	0.01114	0.02408
Yunanistan	0.01806	0.01704

Adım 6: İdeal çözüme görelî yakınlığın hesaplanması ve ülkelerin PISA başarı sıralamalarının belirlenmesi.

Bu adımda birinci aşamada; Entropi yöntemi ile elde edilmiş olan kriter ağırlıkları (Tablo 5) ve eşitlik (20) kullanılarak ideal çözüme görelî yakınlık (C_i^*) değerleri bulunmuştur (Tablo 13). TOPSIS yönteminde (C_i^*) indeks değerlerinin yüksek ve bire yakın olması daha iyi bir sıralama derecesini göstermektedir. Buna göre bu çalışmada (Tablo 13) PISA başarı sıralamasında ilk beş ülkenin sırasıyla B-S-J-Z (Çin), Singapur, Makao (Çin), Hong Kong (Çin) ve Estonya olduğu saptanmıştır. PISA 2018 sınavına katılan diğer ülkelerin sıralamadaki yeri Tablo 13'ün son sütununda verilmiştir.

Tablo 13

Entropi Tabanlı TOPSIS Yöntemi İle Hesaplanan İdeal Çözüme Görelî Yakınlık Değerleri Ve Ülkelerin PISA Başarı Sıralaması.

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S_i^*)	Negatif İdeal (S^-)	(C_i^*)	Başarı sıralaması
Almanya	0.01137	0.02372	0.67593	19
Amerika Birleşik Devletleri	0.01240	0.02304	0.65018	26
Arjantin	0.02631	0.00881	0.25093	69
Arnavutluk	0.02272	0.01249	0.35480	56
Avustralya	0.01170	0.02352	0.66780	23
Avusturya	0.01265	0.02241	0.63909	29
Bakü (Azerbaycan)	0.02523	0.01005	0.28498	64
Belçika	0.01140	0.02367	0.67483	21
Beyaz Rusya	0.01538	0.01971	0.56175	37
Birleşik Arap Emirlikleri	0.02081	0.01422	0.40590	48
Birleşik Krallık	0.01101	0.02414	0.68680	15
Bosna-Hersek	0.02521	0.00986	0.28110	65
Brezilya	0.02568	0.00951	0.27025	68
Brunei Sultanlığı	0.02217	0.01290	0.36776	53
B-S-J-Z (Çin)	0.00000	0.03500	100.000	1
Bulgaristan	0.02176	0.01331	0.37965	51
Çek Cumhuriyeti	0.01202	0.02303	0.65700	25
Danimarka	0.01142	0.02381	0.67580	20
Dominik Cumhuriyeti	0.03492	0.00016	0.00451	78
Endonezya	0.02802	0.00713	0.20282	72
Estonya	0.00790	0.02729	0.77558	5

Tablo 13 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S_i^*)	Negatif İdeal (S^-)	(C_i^*)	Başarı sıralaması
Fas	0.03002	0.00511	0.14550	74
Filipinler	0.03260	0.00284	0.08007	77
Finlandiya	0.00932	0.02600	0.73610	10
Fransa	0.01235	0.02275	0.64813	27
Gürcistan	0.02743	0.00775	0.22033	70
Hırvatistan	0.01554	0.01965	0.55851	38
Hollanda	0.01097	0.02412	0.68744	14
Hong Kong (Çin)	0.00744	0.02807	0.79054	4
İrlanda	0.01124	0.02430	0.68384	16
İsrail	0.01644	0.01870	0.53219	40
İsveç	0.01122	0.02400	0.68153	18
İsviçre	0.01163	0.02349	0.66883	22
İtalya	0.01477	0.02040	0.57998	36
İzlanda	0.01407	0.02106	0.59962	31
Japonya	0.00842	0.02658	0.75946	6
Kanada	0.00926	0.02602	0.73745	9
Karadağ	0.02249	0.01261	0.35935	55
Katar	0.02358	0.01143	0.32654	61
Kazakistan	0.02521	0.01016	0.28732	63
Kıbrıs	0.02010	0.01499	0.42725	46
Kolombiya	0.02483	0.01029	0.29290	62
Kore	0.00866	0.02646	0.75346	7
Kosova	0.03098	0.00423	0.12022	76
Kosta Rika	0.02359	0.01157	0.32915	59
Kuzey Makedonya	0.02546	0.00959	0.27366	67
Letonya	0.01314	0.02190	0.62491	30
Litvanya	0.01425	0.02079	0.59323	33
Lübnan	0.02875	0.00690	0.19351	73
Lüksemburg	0.01466	0.02038	0.58165	35
Macaristan	0.01432	0.02073	0.59148	34
Makao (Çin)	0.00538	0.02972	0.84679	3
Malezya	0.02106	0.01402	0.39963	49
Malta	0.01718	0.01790	0.51016	43
Meksika	0.02330	0.01175	0.33520	58
Moldova	0.02209	0.01293	0.36913	52
Norveç	0.01200	0.02321	0.65911	24
Panama	0.03064	0.00449	0.12790	75
Peru	0.02532	0.00969	0.27677	66
Polonya	0.00970	0.02547	0.72430	12
Portekiz	0.01260	0.02251	0.64119	28
Romanya	0.02163	0.01341	0.38264	50
Rusya	0.01408	0.02101	0.59882	32
Sırbistan	0.01953	0.01552	0.44275	45
Singapur	0.00381	0.03169	0.89276	2
Slovak Cumhuriyeti	0.01573	0.01941	0.55238	39

Tablo 13 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S_i^*)	Negatif İdeal (S^-)	(C_i^*)	Başarı sıralaması
Slovenya	0.01081	0.02422	0.69134	13
Suudi Arabistan	0.02763	0.00753	0.21409	71
Şili	0.02044	0.01490	0.42158	47
Tayland	0.02366	0.01151	0.32730	60
Tayvan	0.00902	0.02607	0.74298	8
Türkiye	0.01677	0.01834	0.52237	42
Ukrayna	0.01675	0.01837	0.52320	41
Uruguay	0.02225	0.01279	0.36501	54
Ürdün	0.02331	0.01183	0.33661	57
Vietnam	0.00957	0.02596	0.73055	11
Yeni Zelanda	0.01114	0.02408	0.68366	17
Yunanistan	0.01806	0.01704	0.48541	44

Bu adımda, CRITIC yöntemi ile elde edilmiş olan kriter ağırlıkları (Tablo 8) ve eşitlik (12-20) kullanılarak ideal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) değerleri de hesaplanmıştır (Tablo 14). Tablo 14'te CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemi ile PISA sınavını uygulayan ülkelerin PISA başarı sıralamaları verilmiştir (Tablo.14). (C_i^*) indeks değeri 0 ile 1 aralığında değer almaktadır. İndeks değerlerinin büyük ve bire yakın olması daha iyi performans alternatifini (sıralamayı) göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre (Tablo 14) PISA başarı sıralamasında ilk beş ülke sırasıyla B-S-J-Z (Çin), Singapur, Makao (Çin), Hong Kong (Çin) ve Estonya'dır.

Tablo 14

CRITIC Tabanlı TOPSIS Yöntemi İle Hesaplanan İdeal Çözüme Göreli Yakınlık (C_i^) Değerleri Ve Başarı Sıralamaları*

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S_i^*)	Negatif İdeal (S^-)	(C_i^*)	Başarı sıralaması
Almanya	0.01121	0.02413	0.68273	21
Amerika Birleşik Devletleri	0.01249	0.02332	0.65114	27
Arjantin	0.02666	0.00872	0.24644	69
Arnavutluk	0.02256	0.01291	0.36402	56
Avustralya	0.01163	0.02389	0.67267	24
Avusturya	0.01235	0.02293	0.64991	29
Bakü (Azerbaycan)	0.02505	0.01049	0.29521	63
Belçika	0.01108	0.02420	0.68594	20
Beyaz Rusya	0.01514	0.02019	0.57156	37
Birleşik Arap Emirlikleri	0.02071	0.01454	0.41245	48
Birleşik Krallık	0.01080	0.02462	0.69516	17
Bosna-Hersek	0.02501	0.01026	0.29085	64
Brezilya	0.02581	0.00968	0.27272	67
Brunei	0.02244	0.01289	0.36489	55
B-S-J-Z (Çin)	0.00000	0.03523	100.000	1
Bulgaristan	0.02157	0.01372	0.38873	51
Çek Cumhuriyeti	0.01182	0.02347	0.66510	25
Danimarka	0.01078	0.02463	0.69548	16
Dominik Cumhuriyeti	0.03513	0.00019	0.00524	78
Endonezya	0.02861	0.00675	0.19098	73
Estonya	0.00778	0.02769	0.78057	5
Fas	0.03044	0.00495	0.13990	74

Tablo 14 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S_i^*)	Negatif İdeal (S^-)	(C_i^*)	Başarı sıralaması
Filipinler	0.03301	0.00280	0.07819	77
Finlandiya	0.00930	0.02637	0.73935	10
Fransa	0.01207	0.02327	0.65842	26
Gürcistan	0.02730	0.00812	0.22924	70
Hırvatistan	0.01537	0.02009	0.56657	38
Hollanda	0.01074	0.02457	0.69585	15
Hong Kong (Çin)	0.00644	0.02916	0.81911	4
İrlanda	0.01067	0.02519	0.70248	13
İsrail	0.01613	0.01925	0.54397	40
İsveç	0.01083	0.02464	0.69478	18
İsviçre	0.01125	0.02408	0.68160	22
İtalya	0.01418	0.02117	0.59896	34
İzlanda	0.01357	0.02175	0.61574	31
Japonya	0.00847	0.02676	0.75953	7
Kanada	0.00905	0.02654	0.74564	9
Karadağ	0.02214	0.01316	0.37289	52
Katar	0.02376	0.01149	0.32593	60
Kazakistan	0.02502	0.01064	0.29839	62
Kıbrıs	0.02004	0.01529	0.43274	46
Kolombiya	0.02511	0.01027	0.29032	65
Kore	0.00831	0.02703	0.76490	6
Kosova	0.03122	0.00429	0.12083	76
Kosta Rika	0.02357	0.01187	0.33500	58
Kuzey Makedonya	0.02596	0.00931	0.26396	68
Letonya	0.01290	0.02236	0.63418	30
Litvanya	0.01413	0.02114	0.59943	33
Lübnan	0.02913	0.00696	0.19296	72
Lüksemburg	0.01445	0.02081	0.59027	36
Macaristan	0.01416	0.02112	0.59855	35
Makao (Çin)	0.00505	0.03025	0.85695	3
Malezya	0.02125	0.01408	0.39847	49
Malta	0.01693	0.01837	0.52032	43
Meksika	0.02336	0.01193	0.33810	57
Moldova	0.02217	0.01308	0.37095	53
Norveç	0.01147	0.02396	0.67627	23
Panama	0.03069	0.00470	0.13274	75
Peru	0.02540	0.00983	0.27907	66
Polonya	0.00933	0.02608	0.73660	11
Portekiz	0.01234	0.02301	0.65097	28
Romanya	0.02146	0.01380	0.39140	50
Rusya	0.01370	0.02160	0.61192	32
Sırbistan	0.01930	0.01597	0.45283	45
Singapur	0.00316	0.03254	0.91147	2
Slovak Cumhuriyeti	0.01532	0.02002	0.56649	39
Slovenya	0.01067	0.02460	0.69754	14

Tablo 14 (Devamı)

Ülke/Ekonomi	Pozitif İdeal (S_i^*)	Negatif İdeal (S^-)	(C_i^*)	Başarı sıralaması
Suudi Arabistan	0.02764	0.00778	0.21973	71
Şili	0.02058	0.01509	0.42305	47
Tayland	0.02417	0.01127	0.31791	61
Tayvan	0.00867	0.02662	0.75435	8
Türkiye	0.01684	0.01854	0.52411	42
Ukrayna	0.01683	0.01856	0.52442	41
Uruguay	0.02227	0.01302	0.36904	54
Ürdün	0.02378	0.01161	0.32813	59
Vietnam	0.01035	0.02534	0.71006	12
Yeni Zelanda	0.01113	0.02440	0.68679	19
Yunanistan	0.01783	0.01750	0.49534	44

Tablo 15'te PISA 2018 araştırmasına katılan ülkelerin Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemi ile hesaplanan başarı sıralamaları verilmiştir.

Tablo 15

PISA 2018 Araştırmasına Katılan Ülkelerin Entropi ve CRITIC Tabanlı TOPSIS Yöntemi İle Hesaplanan Başarı Sıralamalarının Karşılaştırılması.

Ülke / Ekonomi	C_i Entropi	Entropi Başarı sıralaması	Ülke / Ekonomi	C_i CRITIC	CRITIC Başarı sıralaması
Almanya	0.67593	19	Almanya	0.68273	21
Amerika Birleşik Devletleri	0.65018	26	Amerika Birleşik Devletleri	0.65114	27
Arjantin	0.25093	69	Arjantin	0.24644	69
Arnavutluk	0.35480	56	Arnavutluk	0.36402	56
Avustralya	0.66780	23	Avustralya	0.67267	24
Avusturya	0.63909	29	Avusturya	0.64991	29
Bakü (Azerbaycan)	0.28498	64	Bakü (Azerbaycan)	0.29521	63
Belarus	0.56175	37	Belarus	0.57156	37
Belçika	0.67483	21	Belçika	0.68594	20
Birleşik Arap Emirlikleri	0.40590	48	Birleşik Arap Emirlikleri	0.41245	48
Birleşik Krallık	0.68680	15	Birleşik Krallık	0.69516	17
Bosna-Hersek	0.28110	65	Bosna-Hersek	0.29085	64
Brezilya	0.27025	68	Brezilya	0.27272	67
Brunei	0.36776	53	Brunei	0.36489	55
B-S-J-Z (Çin)	100000	1	B-S-J-Z (Çin)	100000	1
Bulgaristan	0.37965	51	Bulgaristan	0.38873	51
Çek Cumhuriyeti	0.65700	25	Çek Cumhuriyeti	0.66510	25
Danimarka	0.67580	20	Danimarka	0.69548	16
Dominik Cumhuriyeti	0.00451	78	Dominik Cumhuriyeti	0.00524	78
Endonezya	0.20282	72	Endonezya	0.19098	73
Estonya	0.77558	5	Estonya	0.78057	5
Fas	0.14550	74	Fas	0.13990	74
Filipinler	0.08007	77	Filipinler	0.07819	77
Finlandiya	0.73610	10	Finlandiya	0.73935	10
Fransa	0.64813	27	Fransa	0.65842	26
Güney Kıbrıs	0.42725	46	Güney Kıbrıs	0.43274	46

Tablo 15 (Devamı)

Ülke / Ekonomi	C _i Entropi	Entropi Başarı sıralaması	Ülke / Ekonomi	C _i CRITIC	CRITIC Başarı sıralaması
Gürcistan	0.22033	70	Gürcistan	0.22924	70
Hırvatistan	0.55851	38	Hırvatistan	0.56657	38
Hollanda	0.68744	14	Hollanda	0.69585	15
Hong Kong (Çin)	0.79054	4	Hong Kong (Çin)	0.81911	4
İrlanda	0.68384	16	İrlanda	0.70248	13
İsrail	0.53219	40	İsrail	0.54397	40
İsveç	0.68153	18	İsveç	0.69478	18
İsviçre	0.66883	22	İsviçre	0.68160	22
İtalya	0.57998	36	İtalya	0.59896	34
İzlanda	0.59962	31	İzlanda	0.61574	31
Japonya	0.75946	6	Japonya	0.75953	7
Kanada	0.73745	9	Kanada	0.74564	9
Karadağ	0.35935	55	Karadağ	0.37289	52
Katar	0.32654	61	Katar	0.32593	60
Kazakistan	0.28732	63	Kazakistan	0.29839	62
Kolombiya	0.29290	62	Kolombiya	0.29032	65
Kore	0.75346	7	Kore	0.76490	6
Kosova	0.12022	76	Kosova	0.12083	76
Kosta Rika	0.32915	59	Kosta Rika	0.33500	58
Kuzey Makedonya	0.27366	67	Kuzey Makedonya	0.26396	68
Letonya	0.62491	30	Letonya	0.63418	30
Litvanya	0.59323	33	Litvanya	0.59943	33
Lübnan	0.19351	73	Lübnan	0.19296	72
Lüksemburg	0.58165	35	Lüksemburg	0.59027	36
Macaristan	0.59148	34	Macaristan	0.59855	35
Makao (Çin)	0.84679	3	Makao (Çin)	0.85695	3
Malezya	0.39963	49	Malezya	0.39847	49
Malta	0.51016	43	Malta	0.52032	43
Meksika	0.33520	58	Meksika	0.33810	57
Moldova	0.36913	52	Moldova	0.37095	53
Norveç	0.65911	24	Norveç	0.67627	23
Panama	0.12790	75	Panama	0.13274	75
Peru	0.27677	66	Peru	0.27907	66
Polonya	0.72430	12	Polonya	0.73660	11
Portekiz	0.64119	28	Portekiz	0.65097	28
Romanya	0.38264	50	Romanya	0.39140	50
Rusya	0.59882	32	Rusya	0.61192	32
Sırbistan	0.44275	45	Sırbistan	0.45283	45
Singapur	0.89276	2	Singapur	0.91147	2
Slovak Cumhuriyeti	0.55238	39	Slovak Cumhuriyeti	0.56649	39
Slovenya	0.69134	13	Slovenya	0.69754	14
Suudi Arabistan	0.21409	71	Suudi Arabistan	0.21973	71
Şili	0.42158	47	Şili	0.42305	47

Tablo 15 (Devamı)

Ülke / Ekonomi	C _i Entropi	Entropi Başarı Sıralaması	Ülke / Ekonomi	C _i CRITIC	CRITIC Başarı Sıralaması
Tayland	0.32730	60	Tayland	0.31791	61
Tayvan	0.74298	8	Tayvan	0.75435	8
Türkiye	0.52237	42	Türkiye	0.52411	42
Ukrayna	0.52320	41	Ukrayna	0.52442	41
Uruguay	0.36501	54	Uruguay	0.36904	54
Ürdün	0.33661	57	Ürdün	0.32813	59
Vietnam	0.73055	11	Vietnam	0.71006	12
Yeni Zelanda	0.68366	17	Yeni Zelanda	0.68679	19
Yunanistan	0.48541	44	Yunanistan	0.49534	44

PISA 2018 araştırmasına katılan ülkelerin başarı sıralamaları incelendiğinde ilk 5 ve son 5 olmak üzere toplamda 78 ülkeden 43 ülkenin Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemleri ile hesaplanan başarı sıralamalarının aynı olduğu görülmektedir (Tablo15). Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemleri ile hesaplanan başarı sıralamaları arasındaki ilişkiyi belirlemek için Spearman korelasyon katsayısı hesaplanmış ve 0,999 değeri bulunmuştur. Tablo 16’da, Spearman Korelasyon analiziyle elde edilen Spearman korelasyon katsayısı verilmiştir.

Tablo 16.

Spearman Korelasyon Analiz Değerleri

Spearman Korelasyon Katsayıları		
	Entropi	CRITIC
Entropi	1	0.999**
CRITIC	0.999**	1

** (p<0.01)

Bu sonuca göre Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemleri ile hesaplanan sıralamaların birbiriyle uyumlu olduğu ve çalışmada kullanılan yöntemin sıralama performansının kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada PISA araştırmasına katılan ülkelerin bileşik PISA performans sıralamaları TOPSIS yöntemi ile ve bu sıralamaların belirlenmesinde etkili olan kriterlerin ağırlıkları objektif ağırlıklandırma yöntemleri olan CRITIC ve Entropi yöntemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın neticesinde CRITIC ve Entropi tabanlı TOPSIS yöntemi ile ülkelerin iki farklı bileşik PISA performans sırası belirlenmiştir. Alanyazında, Ishizaka ve Resce’nin (2021) çalışmasında kullandığı Best-Worst Metodunun (BWM) aksine, bu çalışmada kullanılan CRITIC ve Entropi yöntemlerinin en temel özelliği, kriter ağırlıklarının subjektif yaklaşımlar yerine kriter ağırlıklarının nesnel olarak belirlenmesine imkân vermesidir.

Çalışmanın sonuçlarına göre Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemlerinin birbirinin yerine kullanılabilmesini ve Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemler kullanıldığında benzer sıralamalar elde edilebileceği görülmüştür. Çalışmada Entropi ve CRITIC metotları kullanılarak hesaplanan kriter ağırlıkları temel alınarak TOPSIS yöntemi ile belirlenen bileşik PISA performans sıralamaları arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı Spearman korelasyon analiz ile araştırılmıştır. Korelasyon analizi sonucuna göre Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemleri ile hesaplanan sıralamalar arasında çok yüksek düzeyde (r=0.999) istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır.

Çalışmada, PISA 2018 araştırmasına katılan 78 ülkenin PISA başarı sıralamaları incelendiğinde ilk 5 ve son 5 ülkenin Entropi ve CRITIC tabanlı TOPSIS yöntemi ile hesaplanan bileşik PISA performans (bileşik indeks) sıralamalarının ve 43 ülkenin her iki yöntem ile hesaplanan sıralamasının aynı kaldığı gözlenmiştir. Sıralama sonuçlarının benzere yakın olması, bu çalışmadaki kriterlerin ağırlıklarının Entropi ve CRITIC yöntem ile objektif bir şekilde hesaplanabildiğini göstermektedir. PISA başarı

sıralaması değişmemiş olan ülkelerin okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı performansları açısından daha istikrarlı olduğu söylenebilir. Çalışmanın sonuçları, ülkelerin ya da kurumların eğitim performans düzeylerinin belirlenmesinde etkili olan PISA araştırmalarının performans sıralamalarının belirlenmesinde etkili olan kriterlerin ağırlıklarının Entropi ve CRITIC yöntem ile nesnel bir şekilde hesaplanabildiğini göstermektedir. Bu sonuç alanyazında yer alan çok ölçütlü karar verme problemini konu edinen çalışmalarının sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Yüksel, 2021a; 2021b). Çalışmada ulaşılan sonuçlar, karar vericiler tarafından ülkelerin eğitim performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan TIMSS, PIRLS, ve PIAAC gibi uluslararası sınavlar ile LGS, YKS gibi ulusal düzeyde yapılan sınavların çalışma konusu yapılabileceğini, sınavların kapsamındaki testlerin ağırlıklarının objektif olarak hesaplanabileceğini ve başarı düzeyi sıralamasının yapılabileceğini göstermektedir. Sonraki çalışmalarda; PISA okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ortalama puanlarını tek bir genel puanda (bileşik indeks) birleştirmek amacıyla subjektif ve objektif kriter ağırlıklandırma yöntemleri birlikte kullanılarak bileşik PISA performans sıralaması karşılaştırılabilir. Ayrıca, bu çalışmanın kapsamı dışında olan okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı ile farklı değişkenler arasındaki ilişki DEMATEL yöntemi ile PISA verilerine dayalı olarak incelenebilir.

Kaynakça

- Abdel-Basset, M., & Mohamed, R. (2020). A novel plithogenic TOPSIS-CRITIC model for sustainable supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119586. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119586>
- Acar, T., & Öğretmen, T. (2012). Çok düzeyli istatistiksel yöntemler ile 2006 PISA fen bilimleri performansının incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 37(163), 178-189.
- Akbaşlı, S., Şahin, M., & Yaykiran, Z. (2016). The Effect of Reading Comprehension on the Performance in Science and Mathematics. *Journal of Education and Practice*, 7(16), 108-121.
- Aksu, G., & Güzeller, C. O. (2016). PISA 2012 matematik okuryazarlığı puanlarının karar ağacı yöntemiyle sınıflandırılması: Türkiye örnekleme. *Eğitim ve Bilim*, 41(185), 101-122. <https://doi.org/10.15390/EB.2016.4766>
- Aydın, A., Sarier, Y., & Uysal, Ş. (2012). Sosyoekonomik ve sosyokültürel değişkenler açısından PISA matematik sonuçlarının karşılaştırılması. *Eğitim ve Bilim*, 37(164), 20-30.
- Aydoğdu İskenderoğlu, T., & Baki, A. (2011). İlköğretim 8. Sınıf Matematik Ders Kitabındaki Soruların PISA Matematik Yeterlik Düzeylerine Göre Sınıflandırılması. *Education & Science/Eğitim ve Bilim*, 36(161), 287-301.
- Bloem, S. (2015). PISA for low-and middle-income countries. *Compare: A Journal of Comparative and International Education*, 45(3), 481-486. <https://doi.org/10.1080/03057925.2015.1027513>
- Cordero, J. M., Polo, C., & Simancas, R. (2020). Assessing the efficiency of secondary schools: Evidence from OECD countries participating in PISA 2015. *Socio-Economic Planning Sciences*, 100927. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100927>
- Çakır, S. (2017). Measuring logistics performance of OECD countries via fuzzy linear regression. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 24(3-4), 177-186. <https://doi.org/10.1002/mcda.1601>
- Çalık, A., Çizmecioğlu, S., & Akpınar, A. (2019). An integrated AHP-TOPSIS framework for foreign direct investment in Turkey. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 26(5-6), 296-307. <https://doi.org/10.1002/mcda.1601>
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). The critic method. *Computers & Operations Research*, 22(7), 763-770. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)00059-H](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H)
- Dolu, A., & Ekinci, R. (2020). Eğitimde Etkinliğin Ölçülmesi: PISA Verileri ile Bootstrap Veri Zarflama Analizi Tahmini. *Journal of Yaşar University*, 15, 207-218.
- Ehmke, T., van den Ham, A. K., Sälzer, C., Heine, J., & Prenzel, M. (2020). Measuring mathematics competence in international and national large-scale assessments: Linking PISA and the national educational panel study in Germany. *Studies in Educational Evaluation*, 65, 100847. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100847>
- Ertürk, R. (2020). İnsani Gelişim İndeksine Göre Farklı Gelişmişlik Düzeyinde Bulunan Ülkelerin PISA Sonuçlarının Karşılaştırılması. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 41-57.

- Feng, X., Zuo, W., Wang, J., & Feng, L. (2014). TOPSIS method for hesitant fuzzy multiple attribute decision making. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 26(5), 2263-2269. <https://doi.org/10.3233/IFS-130899>
- Fernandez-Cano, A. (2016). A methodological critique of the PISA evaluations. *Relieve*, 22(1), 1-16.
- Grey, S., & Morris, P. (2018). PISA: Multiple 'truths and mediated global governance. *Comparative Education*, 54(2), 109-131. <https://doi.org/10.1080/03050068.2018.1425243>
- Gürsakar, S. (2012). PISA 2009 Öğrenci Başarı Düzeylerini Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 17(1).
- Hashemkhani Zolfani, S., Yazdani, M., Ebadi Torkayesh, A., & Derakhti, A. (2020). Application of a gray-based decision support framework for location selection of a temporary hospital during COVID-19 pandemic. *Symmetry*, 12(6), 886. <https://doi.org/10.3390/sym12060886>
- Hopfenbeck, T.N., Lenkeit, J., El Masri, Y., Cantrell, K., Ryan, J., & Baird, J.A. (2018). Lessons Learned from PISA: A Systematic Review of Peer-Reviewed Articles on the Programme for International Student Assessment, *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62:3, 333-353. <https://doi.org/10.1080/00313831.2016.1258726>
- Hsu, P. F., & Hsu, M. G. (2008). Optimizing the information outsourcing practices of primary care medical organizations using entropy and TOPSIS. *Quality & Quantity*, 42(2), 181-201. <https://doi.org/10.1007/s11135-006-9040-8>
- Hu, X., Gong, Y., Lai, C., & Leung, F. K. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis. *Computers & Education*, 125, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.021>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. In *Multiple attribute decision making* (pp. 58-191). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3
- Ishizaka, A., & Resce, G. (2021). Best-Worst PROMETHEE method for evaluating school performance in the OECD's PISA project. *Socio-Economic Planning Sciences*, 73, 100799. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3
- Jahan, A., Mustapha, F., Sapuan, S. M., Ismail, M. Y., & Bahraminasab, M. (2012). A framework for weighting of criteria in ranking stage of material selection process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58(1-4), 411-420. <https://doi.org/10.1007/s00170-011-3366-7>
- Jerrim, J. (2016). PISA 2012: How do results for the paper and computer tests compare? *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 23(4), 495-518. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2016.1147420>
- Jerrim, J. (2021). PISA 2018 in England, Northern Ireland, Scotland and Wales: Is the data really representative of all four corners of the UK? *Review of Education*, 9(3), e3270. <https://doi.org/10.1002/rev3.3270>
- Kasap, Y., Doğan, N. & Koçak, C. (2021). PISA 2018'de Okuduğunu Anlama Başarısını Yordayan Değişkenlerin Veri Madenciliği İle Belirlenmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19 (4), 241-258. <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.959609>
- Kaynak, S., Altuntas, S., & Dereli, T. (2017). Comparing the innovation performance of EU candidate countries: an entropy-based TOPSIS approach. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 30(1), 31-54. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.1265895>
- Keleş, S. (2020). Seçilmiş OECD ülkelerinde eğitim harcamaları ve 2018 PISA performanslarının karşılaştırılmalı analizi. *Maliye Çalışmaları Dergisi*, (63), 57-75. <https://doi.org/10.26650/mcd2020-772192>
- Kotte, D., Lietz, P., & Lopez, M. M. (2005). Factors Influencing Reading Achievement in Germany and Spain: Evidence from PISA 2000. *International Education Journal*, 6(1), 113-124.
- Kreiner, S., & Christensen, K. B. (2014). Analyses of model fit and robustness. A new look at the PISA scaling model underlying ranking of countries according to reading literacy. *Psychometrika*, 79(2), 210-231. <https://doi.org/10.1007/s11336-013-9347-z>
- Li, X., Wang, K., Liu, L., Xin, J., Yang, H., & Gao, C. (2011). Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines. *Procedia engineering*, 26, 2085-2091. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2410>

- Liu, X., Zhou, X., Zhu, B., He, K., & Wang, P. (2019). Measuring the maturity of carbon market in China: An entropy-based TOPSIS approach. *Journal of Cleaner Production*, 229, 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.380>
- Lynn, R., & Mikk, J. (2009). National IQs predict educational attainment in math, reading and science across 56 nations. *Intelligence*, 37(3), 305-310. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2009.01.002>
- Martens, Kerstin, and Dennis Niemann. 2010. "Governance by Comparison: How Ratings & Rankings Impact National Policy-Making in Education." TranState Working PapersUR, <https://www.econstor.eu/handle/10419/41595139>. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/41595/1/639011268.pdf>.
- Min, J., & Peng, K. H. (2012). Ranking emotional intelligence training needs in tour leaders: an entropy-based TOPSIS approach. *Current Issues in Tourism*, 15(6), 563-576. <https://doi.org/10.1080/13683500.2011.641946>
- Mohamadghasemi, A., Hadi-Vencheh, A., & Hosseinzadeh Lotfi, F. (2020). The multiobjective stochastic CRITIC-TOPSIS approach for solving the shipboard crane selection problem. *International Journal of Intelligent Systems*, 35(10), 1570-1598. <https://doi.org/10.1002/int.22265>
- Monjezi, M., Dehghani, H., Singh, T. N., Sayadi, A. R., & Gholinejad, A. (2012). Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design. *Arabian journal of geosciences*, 5(1), 95-101. <https://doi.org/10.1007/s12517-010-0133-2>
- Navarro-Martinez, O., & Peña-Acuña, B. (2022). Technology Usage and Academic Performance in the Pisa 2018 Report. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 11(1), 130-145. <https://doi.org/10.7821/naer.2022.1.735>
- OECD (2018). PISA 2018 Database. <https://doi.org/10.1787/888934029090> adresinden 16.05.2021 tarihinde alınmıştır.
- OECD (2019). PISA 2018 Results (Volume I) - © OECD 2019. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en> adresinden 16.05.2021 tarihinde alınmıştır.
- Okatan, Ö. ve Tomul, E. (2021). Uluslararası öğrenci başarılarını değerlendirme programı'na (PISA) göre Türkiye'deki öğrencilerin matematik başarıları ile ilişkili değişkenlerin incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (57), 98-125.
- Oluah, C., Akinlabi, E. T., & Njoku, H. O. (2020). Selection of phase change material for improved performance of Trombe wall systems using the entropy weight and TOPSIS methodology. *Energy and Buildings*, 217, 109967. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109967>
- Özberk, E. H., Kabasakal, K. A., & Öztürk, N. B. (2017). Investigating the factors affecting Turkish students' PISA 2012 mathematics achievement using hierarchical linear modeling PISA 2012. *Hacettepe University Journal of Education*, 32(3), 544-559. <https://doi.org/10.16986/HUJE.2017026950>
- Özdemir, B., & Gelbal, S. (2014). PISA 2009 sonuçlarına göre öğrenci başarısını etkileyen faktörlerin kanonik ortak etki analizi ile incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 39(175). <https://doi.org/10.15390/EB.2014.3025>
- Phanden, R. K., Sindhvani, R., Kalsariya, V., & Salroo, F. (2019). Selection of material for electric arc spraying by using hierarchical entropy-TOPSIS approach. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 26(3), 276-289. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2019.098364>
- Polat, M., Toraman, Ç., & Turhan, N. S. (2022). Reliability analysis of PISA 2018 reading literacy student questionnaire based on item response theory (IRT): Turkey sample: Reliability analysis of PISA 2018 reading literacy. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 14(1), 1004-1028.
- Prais, S. J. (2004). Cautions on OECD's recent educational survey (PISA): rejoinder to OECD's response. *Oxford Review of Education*, 30(4), 569-573. <https://doi.org/10.1080/0305498042000303017>
- Rutkowski, L., Gonzalez, E., Joncas, M., & von Davier, M. (2010). International large-scale assessment data: Issues in secondary analysis and reporting. *Educational researcher*, 39(2), 142-151. <https://doi.org/10.3102/0013189X10363170>

- Saatçioğlu, Ö., & Gülleroğlu, H. D. (2017). PISA 2009 uygulamasına katılan ülkelerin okuma becerileri alt test sonuçlarının profil analizi ile değerlendirilmesi. *Eğitim ve Bilim*, 42(190).
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- She, H. C., Stacey, K., & Schmidt, W. H. (2018). Science and mathematics literacy: PISA for better school education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(1), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9911-1>
- Shyur, H. J. (2006). COTS evaluation using modified TOPSIS and ANP. *Applied mathematics and computation*, 177(1), 251-259. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.11.006>
- Soh, K. (2014). Score-rank Inconsistency in International Ranking: An Example from PISA 2009-2012. *International Journal*, 1(1), 2-13.
- Tang, H., Shi, Y., & Dong, P. (2019). Public blockchain evaluation using entropy and TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 117, 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.09.048>
- Tienken, C. H. (2017). Understanding PISA results. *Kappa Delta Pi Record*, 53(1), 6-8. <https://doi.org/10.1080/00228958.2017.1264806>
- Tienken, C. H. (2020). PISA Scores and Ranks Are Fundamentally Flawed. *Kappa Delta Pi Record*, 56(2), 55-57. <https://doi.org/10.1080/00228958.2020.1729629>
- Tuş, A., & Aytaç Adalı, E. (2019). The new combination with CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem. *Opsearch*, 56(2), 528-538. <https://doi.org/10.1007/s12597-019-00371-6>
- Türkan, A., S. S. Üner., & Alcı, B. (2015). 2012 PISA Matematik Testi Puanlarının Bazı Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Ege Eğitim Dergisi*, 16(2), 358-372. <https://doi.org/10.12984/eed.68351>
- Uçar, E., & Karsak, E. E. (2021). Educational Performance Assessment of OECD Countries Using PISA 2018 Data. *Proceedings of IAC 2021 in Vienna*, 1, 64.
- Uğuz, E., Şahin, S., & Yılmaz, R. (2021). PISA 2018 fen bilimleri puanlarının değerlendirilmesinde eğitsel veri madenciliğinin kullanımı. *Bilgi ve İletişim Teknolojileri Dergisi*, 3(2), 212-227. <https://doi.org/10.53694/bited.887425>
- Wang, X., He, L., Zhu, K., Zhang, S., Xin, L., Xu, W., & Guan, Y. (2019). An integrated model to evaluate the impact of social support on improving self-management of type 2 diabetes mellitus. *BMC medical informatics and decision making*, 19(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0723-6>
- Wang, Z., Parhi, S. S., Rangaiah, G. P., & Jana, A. K. (2020). Analysis of weighting and selection methods for pareto-optimal solutions of multiobjective optimization in chemical engineering applications. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(33), 14850-14867. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c00969>
- Wittwer, J., & Senkbeil, M. (2008). Is students' computer use at home related to their mathematical performance at school? *Computers & Education*, 50(4), 1558-1571. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.03.001>
- Yalçın, O. M., & Hanoğlu, E. T. (2020). OECD nin Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programında Başarılı Ülkeler ile Türkiye nin Eğitim Yönetimi ve Denetimi Açısından Karşılaştırılması. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, (1), 36-44. <https://doi.org/10.14689/enad.27.10>
- Yıldız, D. (2021). Türkçe ve Türk dili-edebiyatı öğretmenlerinin gözünden PISA'daki okuma becerisi ve Türkiye'nin performansı: bir odak grup görüşmesi. *Journal of Qualitative Research in Education*, 27, 208-231. doi:10.14689/enad.27.10
- Yore, L. D., & Van der Flier-Keller, E. (2011). Pacific Crystal Centre For Science, Mathematics, And Technology Literacy. In *Pacific CRYSTAL Centre for Science, Mathematics, and Technology Literacy: Lessons Learned* (pp. 3-22). Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6091-506-2>
- Yüksel, M., & Geban, Ö. (2018). Student performance task assessment using multiple criteria decision making (MCDM) techniques: An application for 9th grade chemistry course. *Bartın University Journal of Faculty of Education*, 7(3), 874-901. <https://doi.org/10.14686/buefad.400787>
- Yüksel, M. (2021a). Ranking of Universities via Entropy and TOPSIS Method Based on Teacher Field Knowledge Test Results within the Field of Chemistry Teaching. *Recent Studies of Education in Various Occasions* (pp.115-149), Riga: LAP Lambert Academic Publishing.

- Yüksel, Mehmet. (2021b). *Kimya öğretmenliği programlarının taban puan bağlamında CRITIC ve TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi*. 3. Ulusal Başkent Disiplinler Arası Bilimsel Çalışmalar Kongresi. Ankara 14- 15 Mart. Türkiye.
- Zardari, N. H., Ahmed, K., Shirazi, S. M., & Yusop, Z. B. (2015). *Weighting methods and their effects on multi-criteria decision-making model outcomes in water resources management*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12586-2>
- Zhao, X., Guo, H. T., Huang, C. L., & Zhong, J. S. (2017). Teaching evaluation system research based on structure entropy weight method. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 20(1), 179-191. <https://doi.org/10.1080/09720529.2016.1178915>

Extended Abstract

Introduction

Today, the educational performances of students, educational institutions, and countries are evaluated using various methods. The methods employed for this purpose should be suitable for the objective evaluation of the educational performances of the aforementioned stakeholders. Administered based on cognitive achievement tests in recent years, such international surveys as TIMSS, PIRLS, PIAAC, and PISA provide valuable data on students' achievement levels within and across countries. The post-PISA survey reports present useful data on the strengths and weaknesses of students' performance scores attained within and across countries in reading skills, mathematics, and science literacies, the progress achieved over time, and the opportunities for improvement (OECD, 2019). The average scores of the participating countries in reading skills, mathematics, and science literacies were listed separately from high to low in the PISA 2018 survey report (OECD, 2019). Using 2000, 2003, and 2006 PISA data, Yore and Van der Flier-Keller (2011) found a strong, positive relationship between reading skills, mathematics, and science literacies. Their finding demonstrated that it would be more meaningful to integratedly present the countries' performance scores as a single result in reading skills, mathematics, and science literacies, which are important for their educational performances. To this end, Ishizaka and Resce (2021) performed by the Best-Worst PROMETHEE for the evaluation of the countries' scores as a single measure (i.e., composite index). In their study weights of the criterion that are mean scores of reading skills, mathematics, and science literacies were accepted as equal. However, the evaluation of the success of countries' education systems might vary according to the weights of reading skills, mathematics, and science literacies due to their field-specific nature. It is, therefore, a problematic approach to consider the mean scores of these skills and literacies as equal weights in evaluating or ranking the PISA results or subjectively determine their weights. It would, therefore, be more meaningful to objectively determine the weights of reading skills, mathematics, and science literacies in PISA score rankings of the countries. In light of this information, this study intended to achieve the composite rankings of the educational performances of OECD and participating countries in the PISA 2018 survey through TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) using CRITIC (Criteria Importance through Inter-Criteria Correlation) and Entropy methods allowing for objective weighting.

Methodology

PISA 2018 data were used to rank the educational performance scores of OECD and participating countries. In the CRITIC method proposed by Diakoulaki, Mavrotas, and Papayannakis (1995), objective weights are determined by the standard deviations of the criteria and the correlation between the criteria to objectively determine criterion weights in MCDM problems. The Entropy method developed by Shannon (1948), on the other hand, calculates the relative weight of information objectively. Used for the evaluation of success rankings and proposed by Hwang and Yoon (1981), the TOPSIS method is based on the principle that the chosen alternative should have the shortest distance from the positive ideal solution and the longest distance from the negative ideal solution (Feng, Zuo, Wang & Feng, 2014). A Spearman correlation analysis was performed to determine the relationship between the success rankings calculated separately using the CRITIC- and Entropy-based TOPSIS methods.

Findings and Discussion

The criterion weights were calculated by Entropy and CRITIC methods in this study. Science literacy (0.343 in the Entropy method) and reading skills (0.386 in the CRITIC method) were found to be the most effective criteria in the composite PISA performance rankings of countries. Unlike the Best-Worst Method (BWM) used in the literature by Ishizaka and Resce (2021), the most basic characteristic of the CRITIC and Entropy methods employed in this study is the objective determination of the criterion weights rather than subjective methods. The PISA success rankings of the countries were determined by the Entropy- and the CRITIC-based TOPSIS. The results revealed that the top five countries in the PISA success rankings calculated by both methods were respectively B-S-J-Z (China), Singapore, Macau (China), Hong Kong (China), and Estonia. In addition, the Spearman correlation coefficient performed to determine the relationship between the success rankings calculated by the Entropy- and CRITIC-based TOPSIS methods was found to be 0.999. This result

suggested that the rankings computed by the Entropy- and CRITIC-based TOPSIS methods were compatible with each other, and the ranking performance of the method used in the study was acceptable. The close similarity of the ranking results demonstrated that the criteria weights in this study could be calculated objectively with the Entropy and CRITIC methods. The results further showed that the criteria weights were effective in determining the performance rankings based on the PISA results, which are taken as an indicator in determining the education performance levels of countries, might be computed objectively through the Entropy and CRITIC methods. This result concurred with the studies in the literature on the MCDM problem (Yüksel, 2021a; 2021b). It was also revealed that international exams (e.g., TIMSS, PIRLS, and PIAAC) used by decision-makers to evaluate the educational performances of countries, and national-level exams (e.g., LGS and YKS) might be subject to study. It was further demonstrated that the test weights within the scope of the exams might be computed objectively, and rankings might be made according to success levels. Despite being outside the scope of this study, the relationship between reading skills, mathematics, and science literacies and different variables might be examined using the DEMATEL method based on PISA data.