



GAZİANTEP UNIVERSITY JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES

Journal homepage: <http://dergipark.org.tr/tr/pub/jss>



Araştırma Makalesi • Research Article

OECD Ülkelerinin Eğitim Performanslarının Değerlendirilmesi¹

Evaluation of The Educational Performances of OECD Countries

Ayşe Kübra KANMAZ^{a*} Ayşegül TUŞ^b

^a Genel İşletme Doktora Öğrencisi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli/TÜRKİYE

ORCID: 0000-0002-6194-115X

^b Doç. Dr. Pamukkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Denizli/ TÜRKİYE

ORCID: 0000-0003-1583-0616

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 19 Kasım 2021

Kabul tarihi: 28 Haziran 2022

Anahtar Kelimeler:

Veri Zarflama Analizi,
Analitik Hiyerarşi Süreci,
OECD,
Eğitim,
Performans

ARTICLE INFO

Article History:

Received: November 19, 2021

Accepted: June 28, 2022

Keywords:

Data Envelopment Analysis,
Analytical Hierarchy Process,
OECD,
Education,
Performance

ÖZ

Eğitim, modern dünyanın en önemli parametrelerinden biridir. Eğitimin önemi, dünyanın tüm toplumları tarafından fark edilmekte ve eğitim faaliyetlerine olan önem, gün geçtikçe artmaktadır. Eğitim seviyesi düşük olan toplumların, eğitim seviyesi yüksek olan toplumlara oranla birçok yönden geri kaldığı ve gelişmelere ayak uydurmakta güçlük çektiği açıkça görülmektedir. Bu çalışmada, OECD ülkelerinin eğitim performansları, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu yöntemler, birçok problemde bir arada kullanılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada, öncelikle VZA yöntemi daha sonra Sinuany - Stern vd. (2000)'nin önerdiği AHS/VZA yöntemi ve Wang ve Chin (2009)'in önerdiği VZAHS yöntemi ile performans değerlendirilmesi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. AHS/VZA ve VZAHS yöntemleri, AHS ve VZA yöntemlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırarak daha anlamlı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Kullanılan yöntemler ile elde edilen sonuçlar, birbirleri ile uyumludur. VZA yöntemi ile etkin bulunan Polonya, Japonya, Finlandiya ve Letonya, AHS/VZA ve VZAHS yöntemleri ile bulunan sonuçlara göre ilk sıralarda yer alırken ABD, Yeni Zelanda, Hollanda ve Meksika, son sıralardadır. Diğer ülkelerin sıralamalarında da büyük değişiklikler yoktur. Yapılan korelasyon analizi sonucu, yöntemlerden elde edilen sıralamaların birbirleri arasındaki ilişkinin yüksek olması, yöntemlerin kullanılabilirliğini göstermesi açısından önemlidir.

ABSTRACT

Education is one of the most important parameters of the modern world. The importance of education is recognized by all societies of the world and the importance of education activities is increasing day by day. It is clearly seen that societies with a low level of education fall behind in many ways compared to societies with a high level of education and have difficulty keeping up with developments. In this study, the educational performances of OECD countries are evaluated using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Data Envelopment Analysis (DEA) methods. These methods have been used together in many problems and positive results have been obtained. In this study, performance evaluation has been made with DEA method first, then AHP/DEA method proposed by Sinuany-Stern et al. (2000) and DEAHP method proposed by Wang and Chin (2009), and the results have been compared. AHP/DEA and DEAHP methods have provided more meaningful results by eliminating the disadvantages of AHP and DEA methods. The results obtained by the methods used are compatible with each other. Poland, Japan, Finland and Latvia, which are effective with DEA method, are in the first places according to the results of AHP/DEA and DEAHP methods, while the USA, New Zealand, Netherlands and Mexico are in the last places. There are no major changes in the rankings of the other countries either. As a result of the correlation analysis, the high correlation between the rankings obtained from the methods is important in terms of showing the usability of the methods.

¹ Bu makale, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde 2019 yılında Doç. Dr. Ayşegül TUŞ'un danışmanlığında yürütülen "Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemlerinin Birlikte Kullanımı: OECD Ülkelerinin Eğitim Performansları Üzerine Bir Uygulama" başlıklı Yüksek Lisans Tezine dayalı olarak hazırlanmıştır.

EXTENDED ABSTRACT

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) is an economic organization founded on 30 September 1961. The main objective of the OECD is to ensure and sustain economic and social development in member countries with a democratic structure and market economy. OECD regularly publishes a report on education indicators and education policies every year under the name of "Education at a Glance". This report is an authoritative source for information on the state of education in the world and provides the member states with data on the education system, education funding and education performance. With these data, member countries have the chance to realize their own shortcomings and develop them.

The aim of this study is to interpret the educational performance of OECD countries with Analytical Hierarchy Process (AHP) and Data Envelopment Analysis (DEA) methods together by using the related data of OECD report. Analytical Hierarchy Process (AHP) is an important method that has been used together with many methods and it offers the opportunity to combine qualitative and quantitative criteria in selection and ranking problems. This method developed by Thomas L. Saaty in 1971 reduces the complexity of the problem, simplifies making decisions, resolves conflicts by relying on the judgments of experts by pairwise comparisons. The most distinctive feature of AHP method is that it can evaluate both the objective and subjective aspects of the decision. In this respect, the method, which provides an advantage to the decision maker, increases the reliability of the decision by testing the consistency. On the other hand, Data Envelopment Analysis (DEA) is a linear programming-based non-parametric method widely used in efficiency measurement. DEA is a method in which inputs and outputs can be measured with different measurement units, and the method separates the decision making units (DMUs) as effective and ineffective by calculating efficiency scores between them. The basis of DEA is based on Farrell's work named "The Measurement of Productive Efficiency" published in 1957. Later, with the studies of Charnes, Cooper, Rhodes and Banker, the method has been expanded and new dimensions have been added to the method. The DEA method offers the decision maker a ranking among DMUs, but it is not possible to rank among effective DMUs.

Besides the advantages of both methods, there are also some disadvantages. It is aimed to minimize the disadvantages and to get positive results by using both of the methods together in this study. For this purpose, the detailed literature review has been made and the AHP/DEA method proposed by Sinuany - Stern vd. (2000) and the DEAHP method proposed by Wang and Chin (2009) have been preferred. The AHP/DEA method proposed by Sinuany - Stern vd. (2000) seeks a solution to the ranking problem among effective DMUs and the subjective judgment and consistency tests in the AHP. DEAHP method proposed by Wang and Chin (2009) is a criticism of Ramanathan's article published in 2006 and offers a different perspective to Ramanathan's DEAHP method. Ramanathan's DEAHP method aims to combine the advantages of both methods and provide a consistent ranking by using DEA and AHP methods together. However, a limitation of the method is that it is only effective on consistent matrices, and offers an illogical order on inconsistent matrices. Wang and Chin (2009)'s DEAHP method makes this method more flexible by removing the constraint of being able to be used in consistent matrices and presents an alternative method. It has been seen that logical rankings are obtained in both consistent and inconsistent matrices with this method.

In this study, twenty-one countries have been determined as DMUs among OECD member countries. Other countries have not included in the study due to lack of data. Input and output variables related to the DMUs have been determined as a result of expert opinion and literature review. Input variables are teacher-student ratio, annual course hours and education expenditure. Output variables are graduation rate, PISA 2015 mathematics scores and PISA 2015 science scores. Since the PISA exam covers the fifteen-year-old student group, the data have been taken from secondary education. DEA method, Sinuany-Stern et al. (2000)'s AHP/DEA method and Wang and Chin (2009)'s DEAHP method have been applied respectively. According to the obtained education performance evaluation results Poland, Latvia, Japan and Finland are effective. Turkey is in the low ranks among OECD countries. So Turkey should take the policies and current regulations in education policy seriously to improve poor education performance. USA, New Zealand, Netherlands and Mexico should also make the necessary arrangements and examinations in the education system. In future studies, the methods used in this study can be compared with other methods, or these methods can be used in different subjects for performance evaluation.

Giriş

Bilginin temel güç olarak kabul edildiği günümüz anlayışında özellikle eğitimin önemi üzerinde durulmaktadır. Öyle ki toplumların ilerlemesi ve gelişmesinde eğitim, birinci sırada yer almaktadır. Eğitimin birey ve toplum hayatı üzerindeki etkisi, ülkelerin bu alandaki performansını belirlemekte olup ülkelerin kalkınmasına ve büyümesine katkı sağlamaktadır. İnsanlık tarihinden çıkarılabilecek en temel ders olan eğitimin toplumdaki önemi, hem maddi hem de manevi alanda avantaj sağlamaktadır. Eğitimli bireylere sahip toplumlarda gelişmişlik düzeyinin yüksek olması; toplumsal yaşamı, toplumun refah düzeyini, toplumdaki eşitlik, adalet kavramlarını ve toplumların bağımsız olabilmelerini temelden etkilemektedir. Bu çalışmada amaç; OECD ülkelerinin eğitim performanslarını Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemlerini birlikte kullanarak değerlendirmektir. Ayrıca çalışma, bu yöntemlerden elde edilen sonuçları incelemeyi, anlamlı bir sıralama bulmayı ve bunları yorumlamayı hedeflemektedir.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), ortaya çıkışından bugüne kadar birçok yöntemle bir arada kullanılan, seçim ve sıralama problemlerinde nitel ve nicel kriterleri birleştirme olanağı sunan önemli bir yöntemdir. Veri Zarflama Analizi (VZA) ise girdi ve çıktılarının farklı ölçü birimleri ile ölçülebildiği, Karar Verme Birimi (KVB)'lerin etkin ve etkin olmayan olarak ayrıldığı, etkin olmayan KVB'lerin etkin olmama durumunun ne derecede olduğunun görülebildiği bir diğer önemli yöntemdir.

Literatürde her iki yöntemin birlikte kullanıldığı pek çok çalışma mevcuttur. Bowen (1990), yer seçimi üzerine yaptığı çalışmada AHS ve VZA yöntemlerini karşılaştırarak subjektif ve objektif karar vermeyi entegre eden iki aşamalı bir süreç ortaya koymuştur. Shang ve Sueyoshi (1995), en uygun esnek imalat sistemi seçim probleminde AHS, simülasyon ve muhasebe prosedürü modüllerini VZA yöntemi ile birleştirmiştir. VZA için çıktılar, AHS ve simülasyon ile belirlenirken girdiler, muhasebe prosedürü ile belirlenmiştir. Seifert ve Zhu (1998), VZA yöntemini Delphi, AHS ve AR (Güven Bölgesi) yöntemleri ile birleştirerek Çin endüstriyel verimliliği üzerine bir çalışma yapmıştır. Zhang ve Cui (1999), Çin Devlet Bilgi Merkezi'ne Çin Devlet Ekonomik Bilgi Sistemi'nin çeşitli bölümlerindeki yatırımları yönetmesi için VZA ve AHS yöntemlerini kullanarak bir proje değerlendirme sistemi tasarlamış ve geliştirmiştir.

Sinuany-Stern vd. (2000), birden çok girdi ve çıktıya sahip olan KVB'leri tam olarak sıralamak için iki aşamalı bir model önermiştir. İlk aşamada VZA yöntemi ile ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiş, ikinci aşamada ise AHS yöntemi ile bu matrisler değerlendirilmiştir. Bu modelde her iki yöntemin iyi yönleri kullanılmıştır. Yang ve Kuo (2003), tesis yerleşim tasarımı problemini çözmek için AHS/VZA yöntemini kullanmıştır. İlk olarak nitel performans ölçüleri, AHS yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra hem nicel hem de nitel veriler göz önünde bulundurularak bir dizi yerleşim alternatifinden performans sınırları, VZA yöntemi ile bulunmuştur. Takamura ve Tone (2003), bir yer seçim problemi için AHS ve VZA-AR yöntemlerini birlikte kullanmayı önermiştir. Kocakoç (2003), VZA yöntemindeki ağırlık kısıtlamalarının belirlenmesinde AHS yöntemini kullanmıştır. Rouyendegh ve Erol (2004), İran'da Amir Kabir Üniversitesi'nin fakültelerinin etkinliğini, AHS/VZA yöntemini kullanarak ölçmeyi amaçlamıştır. Guo vd. (2006), tedarik zinciri performansını değerlendirmek için VZA/AHS yöntemini kullanmıştır.

Ramanathan (2006), VZA ve AHS yöntemlerini birleştirerek bir VZAHS yöntemi önermiştir. Çalışmada, kriterlerin yerel ağırlıkları AHS yöntemi ile bulunmuş ve ikili karşılaştırma matrislerine kukla girdi eklenmiştir. VZA yöntemi ile kısıtlar eklendikten sonra sonuçlar karşılaştırılmış ve bu yöntemin uygulanabilir olduğu, herhangi bir alternatif

eklendiğinde veya çıkarıldığında sıralamanın değişmediği görülmüştür. Eroğlu ve Lorcu (2007), araç fiyatlandırma stratejisini Ramanathan (2006)'ın önermiş olduğu VZAHS yöntemi ile belirlemiştir. Şevkli vd. (2007), bir tedarikçi seçim problemi için VZAHS yöntemini kullanmıştır. Korpela vd. (2007), depo operatör ağını seçmek için AHS ve VZA yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Nachiappan ve Ramanathan (2008), VZAHS yönteminin eleştirildiği bir konu olan derece tersine çevirme özelliğini incelemek için simülasyon deneyleri yapmıştır. Deneylerde rastgele oluşturulmuş farklı boyutlarda matrisler kullanılmıştır. Sonuçlar, VZAHS yönteminin istenen derece tersine çevirme özelliğine sahip olduğunu göstermiştir.

Tseng ve Lee (2009), insan kaynakları uygulamalarının ve örgütsel performans değişkenlerinin ilişkisel önemini, AHS ve VZA yöntemlerini kullanarak ölçmüştür. Wang vd. (2010), inşaat endüstrisindeki verimliliği analiz etmek ve değerlendirmek için AHS ve VZA yöntemlerini birleştiren iki aşamalı bir yöntem önermiştir. Öztürk (2010), OECD ülkelerinin Ar-Ge etkinliklerini ve bu ülkelerin arasında Türkiye'nin yerini belirlemek amacı ile AHS/VZA yönteminden yararlanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemin, etkin KVB'leri belirlemede olduğu kadar etkin olmayan KVB'leri belirlemedeki üstünlüğü vurgulanmıştır. Rouyendegh ve Erkan (2010), Ankara'da bulunan 4 yıldızlı otellerin etkinliklerini AHS/VZA yöntemiyle belirlemiştir. Hadad ve Hanani (2011), hem niteliksel hem de niceliksel kriterlere sahip çeşitli alternatifler arasından en iyisini seçmeye ilişkin bir karar verme probleminde AHS ve VZA yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Nitel veriler, AHS yöntemi ile değerlendirilmiştir. VZA yönteminin objektif ağırlık atama, verimsiz alternatifleri ortadan kaldırma özelliğinden yararlanılmıştır.

Zhang vd. (2012), bir tedarikçi seçim problemi için VZAHS ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (FTM) yöntemlerini birleştiren hibrit bir model önermiştir. Önerilen modelin avantajları; tedarikçilerin verimliliğini artırmak, tedarikçinin kalitesi ve teslimat performans kayıtları ile ilgili dolaylı maliyetleri azaltmaktır. Bu model ile tedarikçi seçimi ve sipariş miktarına ilişkin kararlar, alıcının bütçesi ve tedarikçinin kapasitesinin dikkate alınmasına dayanan entegre tek amaçlı bir fonksiyon içerisine kolaylıkla alınabilmektedir. Falsini vd. (2012), endüstriyel alanda tedarikçi seçimi için AHS, VZA ve doğrusal programlamayı birleştiren bir matematiksel yöntem önermiştir. İlk aşamada AHS yöntemi ile ağırlıklar bulunmuş, daha sonra bu ağırlıklar VZA yöntemi ile formüle edilmiş ve doğrusal programlama ile kısıtlar oluşturularak problem çözülmüştür. Çalışma, uluslararası bir lojistik servis sağlayıcı firmasında uygulanmış ve firma tarafından sonuçlar doğrulanmıştır.

Stiakakis ve Sifaleras (2013), telekomünikasyon ekipmanı endüstrisinde faaliyet gösteren en iyi AB şirketlerinin öncelik sıralaması için VZA ve AHS yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Şirketlerin VZA yöntemi ile etkinlikleri bulunmuş ve AHS yöntemi ile sıralaması yapılmıştır. Her iki yöntem ile elde edilen sonuçlar analiz edilmiş ve yöntemlerin zayıf yönleri bulunmuştur. Hosseinpour vd. (2013), VZAHS yönteminin uygulanmasında karşılaşılan zorlukları belirlemek için örnek bir matris kullanarak bu yöntem ile diğer ağırlık hesaplama yöntemlerini kıyaslamıştır. Pakkar (2014), oran analizi için AHS ve VZA yöntemlerini birlikte kullanarak bütünlük bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşıma göre, iki ağırlık kümesi hesaplanmıştır. İlk küme, minimum verimlilik kaybıyla çıktı oranlarının ağırlıklarını; ikinci küme maksimum verimlilik kaybıyla öncelik ağırlıklarını temsil etmektedir. Her bir KVB'nin performansı, çıktı oranlarının öncelik ağırlıklarına göreli yakınlığı açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla, iki ağırlık kümesi arasındaki sapmaları ölçmek için parametrik bir hedef programlama modeli geliştirilmiştir. Belirli bir verimlilik kaybı aralığında bir parametrenin değerini artırarak, karar vericinin istenen hedeflerine ulaşmak için sapmaların ne kadar iyileştirilebileceği araştırılmıştır. Önerilen yaklaşım, Çin'in

çelik endüstrisinde borsada işlem gören sekiz şirketin mali performansını değerlendirmek için kullanılmıştır.

Ertuğ (2014), aynı sektörde faaliyet göstermekte olan dört şirketin ticari kredi başvurusunda bulunduğu bankaları, VZAHS ve AHS yöntemleri ile değerlendirmiştir. Bu çalışmada, kullanılan yöntemlerin birbirine oldukça benzer olduğu ve yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Doğan ve Gencan (2014), Ankara'da kamu hastanelerinin etkinliğini ölçmek için VZA/AHS bütünlük yöntemini kullanarak yirmi altı kamu hastanesi üzerinde bir değerlendirme yapmıştır. Çalışmada girdi ve çıktı kısıtı olmayan VZA modeli ile girdi ve çıktı ağırlıklarının AHS yöntemi ile bulunduğu VZA modeli kullanılmıştır. Uygulanan modellerin sonuçları üzerinden iki model arasında kıyaslama yapılmıştır. Mahapatra vd. (2015), Hindistan'da bir çelik fabrikasının performansını değerlendirmek için bir VZA/AHS modeli önermiştir. Bu modelin temel amacı, AHS yönteminin öznel değerlendirmesini ortadan kaldırmak ve VZA yönteminin sıralamadaki yetersizliğini gidermektir. Tezsürücü ve Sofyalıoğlu (2015), Türkiye'de beyaz eşya sektörü üzerinde faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçilerinin performanslarını ölçmek ve değerlendirmek için VZA ve AHS yöntemlerinden yararlanmıştır. İlk olarak AHS yöntemi ile tedarikçi seçiminde kullanılacak olan kriterler belirlenmiş, daha sonra seçilen kriterler VZA modeline dâhil edilerek problem çözülmüştür. Rezaeitaziani ve Barkhordariahmadi (2015), yirmi üç üniversiteyi sıralamak için iki aşamalı bir model önermiştir. İlk aşamada KVB'leri VZA yöntemi ile değerlendirmiş, ikinci aşamada ise AHS yöntemi ile KVB'leri sıralamıştır.

Lim ve Zhang (2016), tedarikçi seçimi için VZA ve AHS yöntemlerinden yararlanarak yeni bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşım, iki aşamalı olup ilk aşamada tedarikçilerin kriterleri üzerinde ikili karşılaştırma yapmak için AHS yöntemi uygulanmış, ikinci aşamada ise AHS yönteminden elde edilen ağırlıklar, VZA modelinin çıktısı olarak kullanılmış ve problem çözülmüştür. Çağlar ve Öztaş (2016), Pakkar (2014)'ın AHS ve VZA yöntemleri ile oran analizi için önerdiği bütünlük yaklaşımı temel alarak, Türkiye'de faaliyet gösteren sekiz adet hayat dışı sigorta şirketini 2014 yılı finansal oranları yardımıyla sıralamıştır. Fışkın vd. (2016), Ege bölgesinde faaliyet göstermekte olan üç adet konteyner terminali ve liman rekabetçiliğini etkileyen yedi kriter ile AHS ve VZAHS yöntemlerini uygulamış ve sonuçları karşılaştırmıştır. KVB sayısının artması halinde gerçekçi sonuçlar elde edilebilmesi için VZAHS yönteminin kullanımı gerekli görülmüştür.

Thanassoulis vd. (2017), Yunanistan'daki yükseköğretim okullarının performansını değerlendirmek için VZA ve AHS yöntemlerinden faydalanmıştır. Öncelikle yapılan ankete uygun olarak AHS yöntemi ile hiyerarşi kurulmuş, ağırlıklandırma yapılmıştır. Daha sonra öğretmenlerin verimliliğini ölçmek için VZA yöntemi kullanılmıştır. Son olarak elde edilen sonuçlar birleştirilmiş ve analiz edilmiştir. Çalışmada, AHS ve VZA yöntemlerinin birlikte kullanımı ile gerçekçi sonuçlar elde edildiği ve amaçlara ulaşılabildiği görülmüştür. Xiaoxin vd. (2018), belediye atık su tesislerinin performansını değerlendirmek için VZA ve AHS yöntemlerini kullanarak kapsamlı bir model oluşturmuştur. İlk olarak AHS yöntemi ile ağırlıklar belirlenmiş, daha sonra VZA yöntemi ile her KVB'nin performans değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışma ile AHS/VZA yönteminin hesaplama sürecini basitleştirdiği ve uygulanabilir olduğu görülmüştür. Zuhurfillah vd. (2018), Endonezya'daki memurların iş davranışlarını değerlendirmek için VZAHS ve 360 derece geribildirim sistemi yöntemlerini birlikte kullanarak bütünlük bir yöntem önermiştir. Coşkun vd. (2018), bir tekstil işletmesinin tedarikçilerinin öz değerlendirmelerini AHS yöntemi ile etkinliklerini ise VZA yöntemi ile belirlediği bir karar modeli oluşturmuştur.

Keskin ve Köksal (2019), bir etkinlik analizi yapmak ve Türkiye'deki kamu ve özel sektöre ait havalimanlarının etkinlik puanlarını karşılaştırmak için AHS/VZA ve AHS/VZA-

AR modellerini uygulamıştır. Girdi ve çıktıların göreceli ağırlıklarını hesaplamak için AHS yöntemi, havalimanlarının etkinlik puanlarını hesaplamak için ise VZA ve AR yöntemleri kullanılmıştır. Xin vd. (2019), bir bölgesel dağıtım ağı planlama şemasını kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için AHS ve VZA yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Ghavami vd. (2020), kanalizasyon boru hatlarına öncelik vermek için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve AHS-VZA kombinasyonuna dayalı olarak yeni bir risk değerlendirme yaklaşımı önermiştir. Kriterlerin ağırlıkları AHS yöntemi ile belirlenmiştir. Alternatiflerin puanlarını hesaplamak için VZA ile birlikte CBS kullanılmıştır. Arıza sonucunu hesaplamak için AHS yönteminin çıktıları VZA yönteminin çıktıları ile entegre edilmiştir.

Gupta vd. (2021), AHS ve VZA yöntemlerini kullanarak bir kömür madenciliği endüstrisinde genişletilmiş kapasiteye sahip sürdürülebilir bir ulaşım problemi için entegre bir çok amaçlı optimizasyon modeli formüle etmiştir. AHP yöntemi, sürdürülebilirliğin üç parametresi olan ekonomik, çevresel ve kurumsal sosyal sorumluluk temelinde, ulaşım için mevcut farklı araç türlerinin ağırlıklarını tahmin etmek için kullanılmıştır. VZA yöntemi, sanayi sektörü, özellikle madencilik sektörü için kritik kabul edilen girdi ve çıktıları kullanarak, verilen ulaşım ağının çeşitli güzergâhlarındaki araçların verimlilik puanlarını hesaplamak için kullanılmıştır. Maruf (2021), otuz beş OECD ülkesinin 2019 yılı ekonomik etkinliklerini analiz etmiş ve etkinlik skorlarına göre bu ülkeleri sıralamıştır. Ülkelerin ekonomik etkinliklerinin ölçülmesinde girdi odaklı CCR modeli ile ağırlık kısıtlı model (VZA/AR) kullanılmıştır. VZA’da ağırlık kısıtlarının belirlenmesinde kullanılan ikili karşılaştırma değerleri, AHS skalasına göre belirlenmiştir. Wang vd. (2022), Çin’in Hainan eyaletinin lojistik endüstrisinin ve düşük karbon ekonomisinin koordineli gelişimini ölçmek için bir AHS/VZA modeli kullanmıştır.

Literatüre incelendiğinde eğitim alanında VZA ve AHS yöntemlerinin birlikte kullanılarak performans değerlendirmesinin yapıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu anlamda çalışmanın özgün olduğu düşünülmektedir. Çalışma şu şekilde düzenlenmiştir. Metodoloji bölümünde önce AHS ve VZA yöntemleri, daha sonra bu iki yöntemin birlikte kullanıldığı Sinuany-Stern vd. (2000)’nin önerdiği AHS/VZA ve Wang ve Chin (2009)’in önerdiği VZAHS yöntemleri anlatılmıştır. Uygulama bölümünde, OECD’ye üye ülkelerin eğitim performansları VZA, AHS/VZA ve VZAHS yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Sonuç bölümünde ise uygulamanın genel bir değerlendirilmesi yapılarak ulaşılan bulgular yorumlanmıştır.

Metodoloji

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), problemleri hiyerarşik bir yapıda ele alan ve ikili karşılaştırma mantığına dayanan çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Bu yöntemin temeli, 1971 yılında Thomas L. Saaty ve Savunma Bakanlığı’nın ortaklaşa yaptığı bir çalışma ile atılmıştır. AHS yöntemi, ikili karşılaştırmalarla uzmanların yargılarına dayanarak ve kriterler için öncelikler belirleyerek problemlerin karmaşıklığını azaltmakta, kararları basitleştirmekte, planlama yapmakta ve anlaşmazlıkların çözümünde kullanılmaktadır (Kannan, 2010).

AHS yöntemi; karar verme probleminin tanımlanması, amaç, kriterler ve alternatifler belirlenerek problem için hiyerarşik yapının oluşturulması, ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması, matrislerin öncelik değerlerinin hesaplanması ve tutarlılığın kontrol edilmesi aşamalarından oluşmaktadır (Saaty, 1994). İkili karşılaştırma matrisinin genel şekli, Eşitlik (1)’deki gibidir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

λ_{max} , A matrisinin en büyük öz değerini göstermek üzere A matrisinin görelî ağırlıklarının hesaplanmasında Eşitlik (2)'deki denklem kullanılır:

$$[A - \lambda_{max}I]w = 0 \quad (2)$$

λ_{max} , her zaman N 'den büyük veya N 'ye eşit olmalıdır. λ_{max} , N 'ye ne kadar yakınsa o kadar yüksek tutarlılık olacaktır. Karar kriterlerinin ve alternatiflerinin tutarlı olup olmadığının belirlenmesi için tutarlılık oranının hesaplanması gerekir. Tutarlılık oranı 0'a yaklaştıkça tutarlılık artmaktadır. Thomas L. Saaty tutarlılık oranını, 0,10'dan küçük olması halinde kabul edilebilir saymıştır. Bu orandan büyük olduğu durumda yeniden değerlendirme yapılmalıdır (Tekçe ve Dikbaş, 2011).

Veri Zarflama Analizi (VZA)

Veri Zarflama Analizi (VZA) yönteminin temeli, Farrel'in 1957 yılında yayınlanan çalışmasına dayanmaktadır. Farrel, bu çalışmada etkinlik kavramı ve etkinlik hesaplamalarına değinmiştir. VZA, etkinlik ölçümünde yaygın olarak kullanılan doğrusal programlama tabanlı, parametrik olmayan bir yöntemdir (Savaş, 2015). Parametrik olmayan yöntemler, birden çok girdi ve çıktının olduğu ve bu girdiler ile çıktılar farklı ölçü birimleri ile ölçülebildiği yöntemlerdir (Özden, 2008). VZA yönteminin temel düşüncesi, Karar Verme Birimi (KVB)'ler arasında en iyi olanı seçmek ve etkin olmayan KVB'lerin kaynaklarını tespit etmektir.

VZA yönteminin parametrik olmama özelliği sayesinde çok farklı birimlere sahip olabilen girdi ve çıktıları aynı biçimde ölçülebilmek için çeşitli varsayımlar kullanmaya, dönüşümler yapmaya gerek yoktur. Yöntem, herhangi bir problem için çok sayıda girdi ve çıktıyı işleyecek yeteneindedir. Doğrusal şekil dışında, girdi ve çıktıları ilişkilendiren fonksiyonel bir şekle ihtiyaç duymaz. Etkinlikleri hesaplanan KVB'ler görelî olarak tam etkinliğe sahip olanlarla kıyaslanır. VZA, sağlandığı avantajlar kadar dezavantajlara da sahip bir yöntemdir. En büyük dezavantajı ise ölçüm hatalarına çok duyarlı olmasıdır. Bir diğer dezavantajı ise VZA yönteminin doğrusal programlama tabanlı bir yaklaşım olmasından dolayı büyük boyutlu problemlerde çözüm sürecini uzatmasıdır. Ayrıca VZA yönteminin parametrik olmama özelliği, sonuçlara hipotez testlerinin uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

VZA yöntemi; KVB'lerin seçimi, seçilmiş olan KVB'lerin etkinliklerinin değerlendirilmesi için uygun girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi, VZA modellerinin uygulanması ve etkinlik sonuçlarının değerlendirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. VZA yönteminde, etkinlik değerlendirilirken CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) ve BCC (Banker-Charnes-Cooper) modelleri kullanılabilir. CCR modelinde ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında KVB'lerin toplam etkinliği ölçülürken, BCC modelinde ise ölçüğe göre değişken getiri varsayımı ile teknik etkinlik ölçümü yapılmaktadır. Dolayısıyla CCR modelinde etkinlik sınırının şekli, orijinden geçen bir doğru şeklinde iken BCC modelinde ise etkinlik sınırı CCR modelinden farklı olarak parçalı doğrusal ve iç bükey şeklindedir (Okursoy ve Tezsürücü, 2014). Ayrıca VZA modelleri, girdi ve çıktı yönlü olarak da sınıflandırılır.

VZA, etkinlik analizinde az sayıda varsayıma sahip olduğu için tercih edilen bir yöntemdir. Geleneksel yöntemlerin çoklu girdi ve çoklu çıktıların değerlendirilmesi için

sağlayamadıkları bütünselliği, toplam faktör verimliliği mantığı ile sağlayabilmektedir. Tek girdi ve tek çıktı olması durumunda etkinlik, çıktı/girdi olarak belirlenmektedir. Fakat girdi ve çıktı sayısındaki fazlalık göz önüne alındığında etkinlik; ağırlıklı çıktı/ağırlıklı girdi şeklinde tanımlanmaktadır. KVB'lerin farklı ve karmaşık yapıları nedeniyle, ortak ağırlık değeri belirlemek zordur. VZA, ortak ağırlık değeri bulmadan, her KVB için ayrı ayrı optimal ağırlık kümeleri elde ederek KVB'ler arasında etkinlik analizi yapılmasını sağlar. Bu çalışmada girdi yönlü CCR modeli kullanılmıştır. CCR modeli; Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilmiştir. Bu modelde, N tane KVB ve her bir KVB'nin m tane farklı girdisi ile s tane farklı çıktısı olduğu kabul edilir. CCR modeli, ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında çalışmaktadır. Girdi yönlü modellerde belirli bir çıktıyı en etkin şekilde üretebilmek için en uygun girdinin nasıl olması gerektiği incelenir. Bu çalışmada, VZA modelleri içinde etkinlik ölçümünü en hassas şekilde gerçekleştirmesi ve çıktıların sabit tutularak girdi parametrelerine ilişkin iyileştirme önerileri sunmaya imkan sağlaması nedeni ile girdi yönlü CCR modeli tercih edilmiştir. Bu modelde ağırlıklı toplam çıktının, ağırlıklı toplam girdiye oranı maksimize edilmeye çalışılmaktadır. Kesirli yapıya sahip olan bu modele ağırlıklı toplam girdinin 1'e eşit olma kısıtı eklenerek elde edilen doğrusal programlama modeli, Eşitlik (3)'teki gibidir (Eroğlu ve Lorcu, 2007):

Amaç fonksiyonu

$$e_k = maks \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0 \quad j = 1, 2 \dots N; k: 1, 2 \dots N; r = 1, 2 \dots s; i = 1, 2 \dots m$$

(3)

e_k : k. KVB'nin diğer KVB'lere göre etkinliği; x_{ik} : Etkinliği ölçülen k. KVB'ye ait i. girdi miktarı; y_{rk} : Etkinliği ölçülen k. KVB'ye ait r. çıktı miktarı; x_{ij} : j. KVB'ye ait i. girdi miktarı; y_{rj} : j. KVB'ye ait r. çıktı miktarı; u_r : r. çıktının ağırlığı; v_i : i. girdinin ağırlığı; m : Girdi sayısı; s : Çıktı sayısı; N : KVB sayısı

Bu model, her bir KVB için çözümler ve amaç fonksiyonu değeri 1 olan KVB'ler etkin; 1'den küçük olan KVB'ler etkin değildir.

AHS/VZA Yöntemi

Sinuany-Stern vd. (2000) tarafından önerilen AHS/VZA yöntemi, yaygın olarak kullanılmakta olan VZA ve AHS yöntemlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırmayı ve KVB'leri doğru bir şekilde sıralamayı amaçlamaktadır. VZA yöntemi, KVB'leri "etkin" ve "etkin değil" olarak iki sınıfa ayırmaktadır. Bu da etkin olan KVB'lerin aynı önem derecesine sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bunlar arasında en önemli olanı seçmek veya bunları kendi arasında sıralamak olanaksızdır. AHS yönteminde ise KVB'ler öznel olarak değerlendirilir. Bu durum her karar vericiye göre ayrı bir sonuç elde edileceği anlamına gelmekte, yöntemi kısıtlamakta ve yönetime bir dezavantaj oluşturmaktadır. AHS/VZA yöntemi, hem VZA yönteminin hem de AHS yönteminin avantajlı olduğu noktaları

birleştirerek, her iki yöntemin de verimli olduğu kısımlar üzerinde işlem yapmaktadır. Ayrıca VZA yönteminin sıralama problemine, AHS yönteminin ise öznel yargı ve tutarlılık testi ihtiyacına çözüm oluşturmaktadır.

AHS/VZA yöntemi, iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, VZA yöntemi ile karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır. İkinci aşamada ise VZA yöntemi ile oluşturulan karşılaştırma matrisi üzerinde AHS uygulaması yapılarak problem çözülmektedir. (Sinuany-Stern vd., 2000). Aşağıda bu iki aşama detaylı olarak açıklanmaktadır:

1. Aşama: VZA yönteminde her KVB, tüm KVB'ler ile karşılaştırılırken, AHS/VZA yönteminde VZA yöntemi kullanılarak her bir KVB için ikili karşılaştırma yapılır. Her KVB, m sayıdaki girdiyi, s sayıdaki çıktı üretimi için kullanır (Rouyendegh ve Erkan, 2010).

Amaç fonksiyonu:

$$e_{k,k'} = maks \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk'} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik'} \leq 0$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad k = 1, 2, \dots, N; k' : 1, 2, \dots, N; k \neq k'; r = 1, 2, \dots, s; i = 1, 2, \dots, m$$

(4)

$e_{k,k'}$: k . KVB'nin, k' . KVB'ye göre etkinliği; x_{ik} : Etkinliği ölçülen k . KVB'ye ait i . girdi miktarı; y_{rk} : Etkinliği ölçülen k . KVB'ye ait r . çıktı miktarı; u_r : r . çıktının ağırlığı; v_i : i . girdinin ağırlığı; m : Girdi sayısı; s : Çıktı sayısı; N : KVB sayısı

Ağırlıklı doğrusal modelin çözümü ile $e_{k,k'}$ elemanları bulunur ve bulunan elemanlar ile E matrisi oluşturulur. E matrisi Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: E Matrisi

	1	2	3	...	N
1	1	$e_{1,2}$	$e_{1,3}$	...	$e_{1,N}$
2	$e_{2,1}$	1	$e_{2,3}$	...	$e_{2,N}$
3	$e_{3,1}$	$e_{3,2}$	1	...	$e_{3,N}$
.	
.	
.	
N	$e_{N,1}$	$e_{N,2}$	$e_{N,3}$	...	1

Kaynak: (Öztürk, 2010)

2. Aşama: İlk aşamada elde edilen E matrisi esas alınarak AHS uygulaması yapılır ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

$$a_{k,k'} = \frac{e_{k,k} + e_{k,k'}}{e_{k',k} + e_{k',k}} \quad a_{k,k} = 1 \quad a_{k,k'} = \frac{1}{a_{k',k}} \quad (5)$$

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisine satır normalizasyonu ve sütun normalizasyonu uygulanır ve yeni bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Yeni ikili karşılaştırma matrisi A' olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen A' matrisine tekrar satır normalizasyonu işlemi uygulanır ve A'' matrisi bulunur.

VZAHS Yöntemi

Wang ve Chin (2009)'in önerdiği VZAHS yöntemi, öncelik belirleme yöntemlerine bir ikame niteliğindedir. Bu yöntemde ilk olarak AHS yöntemi ile ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Daha sonra oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri, VZA yöntemi ile değerlendirilir. Bu yöntem, Ramanathan (2006)'ın önerdiği VZAHS yöntemine bazı eleştirilerde bulunmuştur. Ramanathan (2006), AHS yöntemi ile ağırlık hesaplamaya alternatif olarak bir VZAHS yöntemi önermiştir. VZAHS, VZA ve AHS yöntemlerinin sentezlenerek elde edilmesi ile ortaya çıkan bir yöntem olmakla birlikte tutarlı matrislerde gerçek ağırlıkları ortaya koymaktadır (Ramanathan, 2006).

VZAHS yönteminde temel mantık, VZA yönteminin, AHS yönteminin içine yerleştirilmesidir. VZAHS yöntemi, birçok çalışmada en uygun kararın verilmesi için kullanılmış olup AHS yöntemine alternatif olarak sunulmuştur. VZAHS yöntemi şu aşamalardan oluşmaktadır:

1. Aşama: VZAHS yönteminde ilk aşamada, AHS yöntemine benzer şekilde Tablo 2'deki gibi ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. Karşılaştırma matrisinin her satırı KVB, her sütunu çıktı olarak görülmektedir. Bu sebeple $N \times N$ boyutundaki bir matrisin N adet KVB ve N adet çıktısı bulunmaktadır. Fakat VZA hesaplamaları, sadece çıktılar ile elde edilemediği ve en az bir girdiye ihtiyaç duyulduğu için tüm KVB'ler için "1" değerinde olan kukla girdi eklenmektedir (Ramanathan, 2006).

Tablo 2: AHS Karar Matrisinin VZAHS Matrisine Dönüşümü

	Özellik 1	Özellik 2	...	Özellik N			Çıktı 1	Çıktı 2	...	Kukla Girdi
Özellik 1	1	a_{12}	...	a_{1N}		KVB ₁	1	a_{12}	...	1
Özellik 2	$1/a_{12}$	1	...	a_{2N}		KVB ₂	$1/a_{12}$	1	...	1
...	→
Özellik N	$1/a_{N1}$	$1/a_{N2}$	...	1		KVB _N	$1/a_{N1}$	$1/a_{N2}$	...	1

Kaynak: (Ramanathan, 2006)

Her KVB için, değeri "1" olan tek girdi ile N sayıda çıktı üreten N adet KVB'nin performansları VZA yöntemi ile hesaplanmaktadır. Hesaplanan performans değerleri, ilgili KVB'nin yerel ağırlığı olarak adlandırılmaktadır (Şevkli, 2007).

2. Aşama: VZAHS yönteminin yerel ağırlıklarının elde edilmesi için Ramanathan'ın önermiş olduğu doğrusal programlama modeli kullanılmaktadır. Modele göre yerel

ağırlıkların hesaplanması için her bir alternatifin ayrı bir doğrusal programlama modeli ile çözülmesi gerekmektedir:

Amaç fonksiyonu

$$w_k = maks \sum_{j=1}^N a_{kj}y_j$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^N a_{ij}y_j - 1 \leq 0$$

$$y_j \geq 0$$

$$i, j, k = 1, 2, \dots, N$$

(6)

Elde edilen mevcut ağırlıklar, AHS yöntemi ile hesaplanan öncelik vektörü gibi yorumlanmakta ve sıralanmaktadır. Eğer hesaplanan yerel ağırlıklar, birbirlerinin aynıysa denkleme yeni kısıtlar eklenmektedir. VZAHS yöntemi ile hesaplanan yerel ağırlıkların ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olması durumunda doğruluğu, Ramanathan (2006) tarafından ispatlanmıştır.

Ramanathan (2006)'ın önerdiği VZAHS yönteminin en büyük dezavantajı; bu yöntemin sadece tutarlı matrislerde uygulanabileceği, tutarsız matrislerde rasyonel ağırlık üretmede sorunlarla karşılaşılabilenliğine üzerinedir. VZAHS yöntemi ile tutarsız matrislerden elde edilen ağırlıkların mantıksız ve kullanılamaz derecede olması, VZAHS yönteminin uygulama alanlarını önemli ölçüde kısıtlamaktadır. İkinci bir eleştirisi ise; VZAHS yönteminin ikili karşılaştırma matrislerinde bazı karşılaştırmalara karşı duyarsız olması üzerinedir. Bu, VZAHS yönteminin ikili karşılaştırma matrisindeki bilgilerin bir kısmını etkin biçimde kullandığı ve diğer bilgilerin kaybolduğu veya çalışmadığı anlamına gelmektedir. Diğer bir eleştiri ise; VZAHS yönteminde etkin bir alternatif eklenir veya çıkarılırsa sıralama problemi oluşması üzerinedir (Wang vd., 2008). Ramanathan (2006)'ın önerdiği VZAHS yönteminin bu dezavantajlarını ortadan kaldırmak ve öncelik belirme yöntemlerine alternatif bir yöntem geliştirmek amacı ile Wang ve Chin (2009), yeni bir model önermiştir:

Amaç fonksiyonu

$$w_k = maks \sum_{j=1}^N a_{kj}y_j$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^N \left(\sum_{i=1}^N a_{ij} \right) y_j = 1$$

$$\sum_{j=1}^N a_{ij}y_j \geq Ny_i$$

$$y_j \geq 0$$

$i, j, k = 1, 2 \dots N$
(7)

Önerilen VZAHŞ yöntemi, Ramanathan (2006)'ın VZAHŞ yöntemi ile birçok yönden ayrılmaktadır. Modeller ve toplama davranışlarındaki önemli farklılıkların yanı sıra, bu yöntemin tutarlı ve tutarsız matrislerde kullanılabilir olması, sadece bir tek ikili karşılaştırma matrisi için geçerli değil, aynı zamanda bir grup ikili karşılaştırma matrisi için de geçerli olması ve normalizasyona gerek duymadan en iyi yerel ağırlıkları üretebilmesi, çalışma alanındaki sınırlamaları ortadan kaldırmakta olup önemli avantajlar oluşturmaktadır.

Uygulama

OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü), 30 Eylül 1961 yılında kurulan bir ekonomi örgütüdür. OECD'nin en temel amacı; demokratik yapıya sahip olan ve piyasa ekonomisi bulunan üye ülkelerde ekonomik ve sosyal kalkınmayı sağlamak ve sürdürülmektir. Bu bölümde OECD'ye üye ülkelerinin eğitim performansları; VZA yöntemi, Sinuany-Stern vd. (2000)'nin önerdiği AHS/VZA yöntemi ve Wang ve Chin (2009)'in önerdiği VZAHŞ yöntemi ile değerlendirilmiştir.

KVB'lerin Belirlenmesi

Bu çalışmada, OECD'ye üye olan 36 ülkeden 21'i KVB olarak incelenmiştir. Diğer üye ülkeler, eksik veri nedeniyle uygulamaya dâhil edilmemiştir. Uygulamaya dâhil edilen ülkeler; Avusturya (KVB 1), Şili (KVB 2), Çek Cumhuriyeti (KVB 3), Finlandiya (KVB 4), Almanya (KVB 5), Macaristan (KVB 6), İtalya (KVB 7), Japonya (KVB 8), Kore (KVB 9), Letonya (KVB 10), Lüksemburg (KVB 11), Meksika (KVB 12), Hollanda (KVB 13), Yeni Zelanda (KVB 14) Polonya (KVB 15), Portekiz (KVB 16), Slovakya (KVB 17), Slovenya (KVB 18), İspanya (KVB 19), Türkiye (KVB 20), ABD (KVB 21)'dir.

Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi, sonuçları doğrudan etkileyecek bir aşamadır. Burada amaca yönelik, etkili girdi ve çıktı değişkenlerinin seçilmesi gerekir. Çalışmada kullanılacak girdi ve çıktıları daha doğru bir şekilde belirlemek için eğitim performansını değerlendirmede kullanılan değişkenlere ilişkin literatür taraması, Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3: Eğitim Performansını Değerlendirmede Kullanılan Değişkenlere İlişkin Literatür Taraması

Çalışma	Alan	Değişkenler
Bessent ve Bessent (1979)	ABD'deki ilköğretim okulları	<i>Girdi:</i> Bir yıl boyunca devam eden öğrencilerin bir önceki yıl okuma sınav sonuçları, bir yıl boyunca devam eden öğrencilerin bir sonraki yıl matematik sınav sonuçları, Anglo-Amerikan öğrencilerin yüzdesi, düşük gelirli olmayan aileye sahip öğrencilerin oranı, değişkenlik indeksi, ortalama katılımın yüzdesi, 100 öğrenci başına düşen profesyonel personel sayısı, öğrenci başına düşen eğitim harcaması, iş tatmini, öğretmenler arasında sosyal faaliyet oranı, öğretmenlerin motivasyonu, müdür öğrenci yakınlığı ve öğretmen işbirliği, eğitim indeksi <i>Çıktı:</i> Öğrencilerin bir sonraki yıl okuma sınav sonuçları, öğrencilerin bir sonraki yıl matematik sınav sonuçları
Kirjavainen ve Loikkanent (1998)	Finlandiya'da bulunan ortaöğretim okulları	<i>Girdi:</i> Haftalık ders saati, haftalık ders dışı saat, öğretmenlerin tecrübesi, giriş seviyeleri, ebeveynlerin eğitim durumu <i>Çıktı:</i> Sınıfı geçen öğrenci sayısı, mezun öğrenci sayısı, zorunlu ders matematik sınavı puanı, diğer zorunlu derslerin sınav puanları
Baysal vd. (2005)	Türkiye'deki devlet	<i>Girdi:</i> Personel giderleri, diğer cari giderler, yatırım giderleri, transferler, öğretim üyesi sayısı

	üniversiteleri	<i>Çıktı:</i> Lisans öğrencileri, yüksek Lisans öğrencileri, doktora öğrencileri, yayın sayıları
Afonso ve Aubyn (2006)	Çoğu OECD ülkesi olan 25 ülkenin eğitim sistemi	<i>Girdi:</i> Öğretmen başına düşen öğrenci sayısı, yıllık eğitim süresi <i>Çıktı:</i> PISA 2003 sonuçları
Bali ve Çelen (2009)	OECD ülkeleri	<i>Girdi:</i> Eğitim harcamaları <i>Çıktı:</i> PISA sonuçları, işsizlik oranı, emek verimliliğinin artış oranı, hapishanelerdeki 100.000 kişi başına mahkûm sayısı
Toth (2009)	Avrupa ülkeleri	<i>Girdi:</i> Eğitim harcaması <i>Çıktı:</i> Diplomaya sahip kişilerin toplam nüfusa oranı, istihdam oranı
Aristovnik (2012a)	Doğu Avrupa ülkeleri	<i>Girdi:</i> Eğitim harcaması <i>Çıktı:</i> PISA 2006 sonuçları
Aristovnik (2012b)	Avrupa Birliği'ne üye 27 ülke ve OECD ülkeleri	<i>Girdi:</i> Bilgi ve iletişim teknoloji harcaması, 100 kişi başına internet kullanıcıları, uluslararası internet bant genişliği <i>Çıktı:</i> İlkokula kayıtlı öğrenci yüzdesi, ortaokula kayıtlı öğrenci yüzdesi, liseye kayıtlı öğrenci yüzdesi, ortaokulda her 100 öğrenci başına öğretmen yüzdesi
Çınar (2013)	Kamu üniversiteleri	<i>Girdi:</i> Genel harcamalar, yatırım harcaması <i>Çıktı:</i> Lisans öğrenci sayısı, yüksek lisan öğrenci sayısı, doktora öğrenci sayısı, yayın sayısı, proje destek miktarı (TL)
Aristovnik ve Obadic (2014)	Avrupa Birliği'ne üye ülkeler ve OECD ülkeleri	<i>Girdi:</i> Öğrenci başına harcama oranı, öğretmen öğrenci oranı, ortaokula kayıt oranı <i>Çıktı:</i> PISA 2006 sonuçları
Agasisti (2014)	Avrupa ülkeleri	<i>Girdi:</i> Öğrenci başına yapılan harcama, öğrenci öğretmen oranı <i>Çıktı:</i> 2006 PISA matematik ve bilim puanları, 2009 PISA matematik ve bilim puanları
Lorcu ve Bolat (2015)	Türkiye ve Avrupa Birliği'ne üye olan ülkeler	<i>Girdi:</i> GSYİH'nin yüzdesi olarak eğitim harcamaları, öğrenci öğretmen oranı <i>Çıktı:</i> PISA matematik puanı, PISA bilim puanı, PISA okuma puanı
Afonso ve Kazemi (2016)	20 OECD ülkesi	<i>Girdi:</i> Eğitim harcaması <i>Çıktı:</i> Kamu sektör performansı
Çınaroğlu vd. (2018)	Erciyes Üniversitesi Fakülteleri	<i>Girdi:</i> Öğrenci sayısı, genel bütçe giderleri, akademik personel sayısı <i>Çıktı:</i> Toplam çıktı sayısı, proje sayısı, mezun öğrenci sayısı
Aparicio vd. (2018)	OECD ülkeleri	<i>Girdi:</i> Öğrencinin ekonomik, sosyal ve kültürel durumu, her 100 öğrenci başına düşen öğretmen sayısı, okul kaynakları <i>Çıktı:</i> PISA okuma puanı, PISA matematik puanı

Yapılan literatür taraması ve iki uzman görüşü dikkate alınarak öğretmen-öğrenci oranı (X1), yıllık ders saati (X2) ve eğitim harcaması (GSYİH %) (X3) girdi değişkenleri; mezuniyet oranı (Y1), PISA 2015 matematik puanı (Y2) ve PISA 2015 bilim puanı (Y3) se

çıkıtı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca PISA sınavı on beş yaş öğrenci grubunu kapsadığı için veriler, ortaöğretimden alınmıştır. Tablo 4'te uygulamaya dâhil edilen 21 üye ülkenin bu değişkenlere ait değerleri verilmektedir.

Tablo 4: Veri Matrisi

ÜLKELER (KVB)	Girdiler			Çıktılar		
	Öğrenci/ Öğretmen Oranı (X1)	Yıllık Ders Saatleri (X2)	Eğitim Harcaması (% GSYİH) (X3)	Mezuniyet Oranı (Y1)	PISA 2015 Matematik Puanı (Y2)	PISA 2015 Bilim Puanı (Y3)
Avusturya	9.3	588.6	2.2	89.8	497	495
Şili	22.6	1157.4	1.7	90.3	423	447
Çek Cumhuriyeti	11.5	589	1.8	76.1	492	493
Finlandiya	12.9	550.1	1.4	98.7	511	531
Almanya	13.2	713.9	2.1	86.6	506	509
Macaristan	11.0	648	1.8	85.7	477	477
İtalya	12.1	615.6	1.9	92.4	490	481
Japonya	12.7	510.8	1.5	97.7	532	538
Kore	14.8	551	2.3	93	524	516
Letonya	8.7	610.2	1.6	89.1	482	490
Lüksemburg	10.9	739.2	1.6	75	486	483
Meksika	27.0	847.7	2.0	56.3	408	416
Hollanda	17.0	750	2.4	93.3	512	509
Yeni Zelanda	14.4	760	2.7	94.9	495	513
Polonya	10.0	480.6	1.6	87.8	504	501
Portekiz	9.9	605	2.4	86.4	492	501
Slovakya	12.4	617.1	1.9	80.3	475	461
Slovenya	10.9	570	1.7	91.6	510	513
İspanya	11.5	692.5	1.7	74.8	486	493
Türkiye	15.4	504	2.0	73.3	420	425
ABD	15.4	965.7	1.8	82.9	470	496

Kaynak: (OECD, 2019)

Yöntemlerin Uygulanması

Her bir ülkenin eğitim performansını ilk olarak VZA yöntemi ile değerlendirmek için Eşitlik (3)'te verilen girdi yönlü CCR modeli kullanılmıştır. Daha sonra Sinuany-Stern vd. (2000)'nin önerdiği AHS/VZA yönteminin uygulanması için ilk olarak VZA yöntemi ile ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. 21 ülke için ikili karşılaştırmalar yapılırken Eşitlik (4)'te verildiği gibi 441 model oluşturulmuştur. Bu modellerin çözümünden elde edilen etkinlik değerleri ile Tablo 1'deki gibi bir *E* matrisi oluşturulmuştur. *E* matrisinden elde edilen değerlere AHS yöntemi uygulanarak bir sıralama elde edilmiştir. Son olarak Wang ve Chin (2009)'in VZAHS yönteminde doğrusal programlama modelinin kurulması için AHS/VZA yönteminde ikili karşılaştırma matrisi olarak Eşitlik (5)'ten elde edilen *A* matrisi kullanılmıştır. Tablo 2'deki gibi bu AHS karar matrisi, kukla girdi kullanılarak VZAHS matrisine dönüştürülmüş ve Eşitlik (7)'deki model, her bir ülke için çözülmüştür. Tüm modellerin çözümünde LINGO 17.0 paket programı kullanılmıştır. VZA, AHS/VZA ve VZAHS yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, Tablo 5'te özetlenmektedir.

Tablo 5: Yöntemlerden Elde Edilen Sonuçlar

ÜLKELER	VZA	AHS/VZA		VZAHS	
	e_k	w_k	Sıra	w_k	Sıra
Avusturya	0,9924	0,0482	6	0,0468	6
Şili	0,7534	0,0462	15	0,0458	14
Çek Cumhuriyeti	0,8604	0,0477	10	0,0463	11
Finlandiya	1	0,0517	3	0,0597	1
Almanya	0,7626	0,0461	16	0,0454	17
Macaristan	0,8466	0,0477	11	0,0462	12
İtalya	0,8614	0,0482	7	0,0466	8
Japonya	1	0,0524	2	0,0557	2
Kore	0,9090	0,0473	13	0,0462	13
Letonya	1	0,0500	5	0,0487	5
Lüksemburg	0,9332	0,0481	8	0,0467	7
Meksika	0,5589	0,0393	21	0,0447	21
Hollanda	0,6666	0,0439	20	0,0449	20
Yeni Zelenda	0,7248	0,0446	19	0,0450	19
Polonya	1	0,0535	1	0,0518	3
Portekiz	0,9410	0,0476	12	0,0465	10
Slovakya	0,7810	0,0466	14	0,0456	15
Slovenya	0,9436	0,0513	4	0,0497	4
İspanya	0,8807	0,0478	9	0,0465	9
Türkiye	0,8006	0,0461	17	0,0455	16
ABD	0,7518	0,0457	18	0,0454	18

VZA yöntemi ile Finlandiya, Japonya, Letonya ve Polonya, “etkin”, diğerleri “etkin olmayan” ülkeler olarak bulunmuştur. VZA yönteminde etkin ülkeler arasında sıralama yapmak mümkün değildir. VZA yönteminin bu dezavantajını ortadan kaldırmak için Sinuany-Stern vd. (2000)’nin önerdiği AHS/VZA yöntemi ve Wang ve Chin (2009)’in önerdiği VZAHS yöntemi ile problem, tekrar değerlendirilmiştir. AHS/VZA yönteminde ilk olarak VZA yöntemi ile ülkelerin ikili etkinlik değerleri hesaplanmış ve daha sonra elde edilen değerler, AHS yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Bu yöntem ile elde edilen sonuçlara göre VZA yöntemi ile etkin bulunan Polonya, ilk sırada olup bu ülkeyi Japonya ve Finlandiya takip etmiştir. Türkiye, bu yöntemde on yedinci sıradadır. AHS/VZA yöntemi ile oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisi, VZAHS yöntemi için ilk aşama olarak kullanılmış ve ikinci aşamada VZA yöntemi ile değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntemle göre ilk sırada yer alan Finlandiya’yı, Japonya ve Polonya takip etmiştir. Türkiye ise on altıncı sıradadır.

VZA, AHS/VZA ve VZAHS yöntemleri ile bulunan sonuçlar, birbirleri ile uyumludur. VZA yöntemi ile etkin bulunan Polonya, Japonya, Finlandiya ve Letonya ülkeleri, AHS/VZA ve VZAHS yöntemleri ile bulunan sonuçlara göre ilk sıralarda yer almaktadır. Öte yandan ABD, Yeni Zelenda, Hollanda ve Meksika’nın son dört sırada yer aldığı görülmektedir. Diğer ülkelerin sıralamalarında da çok büyük değişiklikler yoktur. AHS/VZA ve VZAHS yöntemlerinden elde edilen sıralamalar arasındaki ilişki, Spearman korelasyon analizi ile test edilmiş, 0,9978 Spearman korelasyon katsayısı ile bu yöntemlerden elde edilen sıralamaların uyumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç

Bilgiyi edinme ve bilgiye erişmenin kolaylığı, hem eğitimin önemini artırmakta hem de ülkeler arası rekabete yol açmaktadır. Geçmişten bugüne kadar hayat sürmüş olan uluslarda eğitim ve öğretimin önemini kavrayan toplumlar; ekonomi, hukuk ve sağlık gibi birçok alanda kısa sürede gelişim göstermiştir. Eğitimin gereklerini yerine getirmekte yetersiz kalan toplumlarda ise sosyal ve ekonomik sorunların baş gösterdiği tespit edilmektedir. Eğitim, bireyi toplum için yararlı hale getiren en büyük etkenlerden biri olmakta ve toplumsal

kalkınmanın sağlanmasında büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, OECD'ye üye olan ülkelerin eğitim performansları değerlendirilmesinde farklı yöntemlerin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Çalışmada etkinlik analizinde kullanılan VZA yöntemi ile seçim ve sıralama problemlerinde uygulanan AHS yöntemi hakkında bilgi verildikten sonra bu iki yöntemin birlikte kullanıldığı çalışmalardan Sinuany-Stern vd. (2000)'nin önerdiği AHS/VZA yöntemi ve Wang ve Chin (2009)'in önerdiği VZAHS yöntemi, detaylı biçimde anlatılmıştır. Uygulama bölümünde öncelikle OECD'nin tanımı, amacı ve analizin esas noktası olan OECD'nin belirlemiş olduğu eğitim göstergeleri üzerinde durulmuştur. OECD'ye üye olan 36 ülkeden verilerin tam olarak erişilebildiği 21 ülke, KVB olarak belirlenmiştir. Ülkelerin eğitim performanslarını değerlendirmek için uluslararası olma niteliği taşıyan PISA sınavı temel alınarak bu sınavın uygulandığı on beş yaş öğrenci grubunu kapsayan ortaöğretim verileri dikkate alınmıştır. Yapılan literatür taraması ve uzman görüşleri sonucu öğrenci-öğretmen oranı, yıllık ders saatleri, eğitim harcaması (% GSYİH), girdi değişkenleri olarak; mezuniyet oranı, PISA 2015 matematik puanı ve PISA 2015 bilim puanı çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir.

VZA yönteminin girdi yönlü CCR modeline kullanılarak elde edilen çözüm sonuçlarına göre dört ülke etkin olarak bulunmuştur. Fakat bu ülkeler içerisinde hangi ülkenin daha etkin olduğu konusunda VZA yöntemi zayıf kalmaktadır. Bu nedenle her iki yöntemi birlikte kullanan ve KVB'ler içerisinde sıralama yapma imkânı sunan AHS/VZA ve VZAHS yöntemleri uygulanmıştır. Bu iki yöntem birbirinden farklıdır. Sinuany-Stern vd. (2000)'nin önerdiği AHS/VZA yönteminde, VZA yönteminden sonra AHS yönteminden faydalanılarak problem çözülmektedir. Wang ve Chin (2009)'in önerdiği VZAHS yönteminde ise ilk önce AHS yöntemi, daha sonra VZA yöntemi kullanılmaktadır. Yöntemlerin çözümünden elde edilen sonuçlar, birbirleri ile uyumludur. Her iki yöntemin avantajı olarak, ayrı ayrı VZA ve AHS yöntemlerinin dezavantajlarının üstesinden geldiği; Wang ve Chin (2009)'in önerdiği VZAHS yönteminin avantajı olarak ise ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığına bakılmaksızın uygulanabilir olması söylenebilir. Ayrıca çalışmanın önemli bir katkısı, bu yöntemin ulusal literatürde ilk kez kullanılıyor olmasıdır.

OECD'ye üye ülkelerin eğitim performanslarının değerlendirildiği bu çalışmada, Türkiye'nin etkin olmayıp bir hayli gerilerde kaldığı tespit edilmiştir. Türkiye'nin genel ölçekte zayıf eğitim performansını düzeltmek için eğitim politikalarında ciddi düzenlemeler ve uygulanabilir prensipler kullanması gerektiği açıkça görülmektedir. Türkiye gibi ABD, Yeni Zelanda, Hollanda ve Meksika'nın da eğitim sistemlerini gözden geçirmesi ve gerekli düzenlemelerde bulunması gerekmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda, kullanılan yöntemler, farklı yöntemlerle karşılaştırılabilir veya her iki yöntem, performans değerlendirmede farklı alanlarda kullanılabilir. Ayrıca farklı eğitim göstergeleri ve çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirmeler yapılabilir.

Kaynakça

- Afonso, A. & Kazemi, M. (2016). Assessing public spending efficiency in 20 OECD countries. *Lisbon School of Economics & Management*, 2-40.
- Afonso, A. & Aubyn, M. (2006). Cross-country efficiency of secondary education provision a semi-parametric analysis with nondiscretionary inputs, economic modelling. *Working Papers Series*, 23, 479-491.
- Agasisti, T. (2014). The efficiency of public spending on education: An empirical comparison of EU countries. *European Journal of Education*, 49 (4), 544-557.
- Aparico, J., Cordero, J. M., Gonzalez, M. & Espin J. J. L. (2018). Using non-radial DEA to

- assess school efficiency in a cross-country perspective: an empirical analysis of OECD countries. *Omega*, 79, 9-20.
- Aristovnik, A. (2012). Measuring relative efficiency in health and education sector: The case of east european countries. *Actual Problems of Economics*, 305-314.
- Aristovnik, A. (2012). The impact of ICT on educational performance and its efficiency in selected EU and OECD countries: A non-parametric analysis. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11 (3), 144-152.
- Aristovnik, A. & Obadic, A. (2014). Measuring relative efficiency of secondary education in selected EU and OECD countries: The case of Slovenia and Croatia. *Tecnological and Economic Development of Economy*, 20 (3) , 419-433.
- Bali, B. B. & Çelen, M. (2009). Kamu eğitim harcamalarında etkinlik ve etkenlik analizi: OECD ülkeleri üzerine bir uygulama. 24. Türkiye Maliye Sempozyumu, 17-44.
- Baysal, M. E., Alçılar, B., Çerçioğlu, H. & Toklu B. (2005). Türkiye'deki devlet üniversitelerinin performanslarının veri zarflama analizi yöntemiyle belirlenip buna göre 2005 yılı bütçe tahsislerinin yapılması. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (1), 67-73.
- Bessent, A. & Bessent, W. (1979). Determining the comparative efficiency of schools through data envelopment analysis. *Research Report*, 1-24.
- Bowen, W. M. (1990). Subjective judgments and data envelopment analysis in site selection. *Computers, Environment and Urban Systems*, 14 (2), 133-144.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-44.
- Coşkun, S., Polat, O. & Polat, L. Ö. (2018). Tedarikçilerin etkinliklerinin iyileştirilmesine yönelik analitik hiyerarşi süreci ve veri zarflama analizi yöntemlerine dayanan model önerisi ve bir vaka çalışması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5 (3), 483-497.
- Çağlar A. & Öztaş G. Z. (2016). Veri zarflama analizi ve analitik hiyerarşi süreci ile sigorta analizi şirketlerinin finansal oran. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (2), 221-248.
- Çınar, Y. (2013). Türkiye'de kamu üniversitelerinin eğitim-araştırma etkinlikleri ve etkinlik artışında stratejik önceliklerin rolü: Çok-aktiviteli VZA uygulaması. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 68 (2), 27-62.
- Çınaroğlu, E., Doruk, N. & Avcı T. (2018). Erciyes üniversitesi fakültelerinin veri zarflama analizi yöntemiyle etkinlik analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 14 (4), 1025-1043.
- Doğan, N. Ö. & Gencan, S. (2014). VZA/AHP bütünleşik yöntemi ile performans ölçümü: Ankara'daki kamu hastaneleri üzerine bir uygulama. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 88-112.
- Eroğlu, E. & Lorcu F. (2007). Veri zarflama hiyerarşi prosesi (VZAHP) ile sayısal karar verme. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 36 (2), 36-37.
- Rouyendegh, B. D. & Erol, S. (2004). DEA/AHP sıralı metodu ile İran Amir Kabir üniversitesinin fakültelerin performans değerlendirmesi. *Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, 1-3.
- Ertuğ, Z. K. (2014). The data envelopment analytic hierarchy process (DEAHP) approach in the evaluation of commercial credit applications. *European Journal of Business and Management*, 6 (35), 132-146.
- Falsini, D., Fondi, F. & Schiraldi, M. M. (2012). A logistics provider evaluation and selection methodology based on AHP, DEA and linear programming integration. *International Journal of Production Research*, 50 (17), 4822-4829.

- Fışkın, C. S., Akgül, E. F. & Çetin Ç. K. (2016). Liman rekabetçiliğini etkileyen faktörler: Ege bölgesi konteyner terminaleri kullanıcılarına yönelik bir VZAHP uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 1-23.
- Ghavami, S. M., Borzooei, Z. & Maleki J. (2020). An effective approach for assessing risk of failure in urban sewer pipelines using a combination of GIS and AHP-DEA. *Process Safety and Environmental Protection*, 133, 275-285.
- Guo, J., Liu, J. & Qiu L. (2006). Research on supply chain performance evaluation based on DEA/AHP model. *Proceedings of the 2006 IEEE Asia-Pacific Conference on Services Computing*, 609-613.
- Gupta, P., Mehlawat, M. K., Aggarwal, U. & Charles, V. J. R. P. (2021). An integrated AHP-DEA multi-objective optimization model for sustainable transportation in mining industry. *Resources Policy*, 74, 101180.
- Hadad, Y. & Hanani, M. Z. (2011). Combining the AHP and DEA methodologies for selecting the best alternative. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 9 (2), 251-267.
- Hosseinpour, S., Pourmahmoud, J. & Masrouri, N. (2013). Using cross efficiency with symmetric weights for the method DEAHP. *Journal of Educational and Management Studies*, 3 (4), 384-389.
- Kannan, V. (2010). Benchmarking the service quality of ocean container carriers using AHP. *Benchmarking: An International Journal*, 17 (5), 637-656.
- Keskin, B. & Köksal, C. D. (2019). A hybrid AHP/DEA-AR model for measuring and comparing the efficiency of airports. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68 (3), 524-541.
- Kirjavainen, T. & Loikkanen, H. A. (1988). Efficiency differences of finnish senior secondary schools: An application of DEA and Tobit analysis. *Economic of Education Review*, 17 (4), 377-394.
- Kocakoç, D. İ. (2003). Veri zarflama analizindeki ağırlık kısıtlamalarının belirlenmesinde analitik hiyerarşi sürecinin kullanımı. *D.E.Ü.İ.İ.B.F Dergisi*, 18 (2) 1-12.
- Korpela, J., Lehmusvaara, A. & Nisonen J. (2007). Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies. *International Journal of Production Economics*, 108 (1-2), 135-142.
- Lim, J. J. & Zhang, A. N. (2016). A DEA approach for supplier selection with AHP and risk consideration. *Conference: 2016 IEEE International Conference on Big Data*, 3749-3758.
- Lorcu, F. & Bolat B. A. (2015). Comparison of secondary education PISA results in European member states and Turkey via DEA and SEM. *Journal of WEI Business and Economics*, 4 (3), 7-17.
- Mahapatra, B., Mukherjee, K. & Bhar C. (2015). Performance measurement—an DEA-AHP based approach. *Journal of Advanced Management Science*, 3 (1), 26-30.
- Maruf, M. (2021). Measuring the economic efficiencies of OECD countries in 2019 by weight-restricted data envelopment analysis. *Türk Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 2 (1), 17-30.
- Nachiappan, S. & Ramanathan R. (2008), Robust decision making using data envelopment analytic hierarchy process. *7th WSEAS Int. Conf. on Artificial Intelligence*, 269-275.
- Okursoy, A. & Tezsürücü D. (2014). Veri zarflama analizi ile göreceli etkinliklerin karşılaştırılması: Türkiye'deki illerin kültürel göstergelerine ilişkin bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 21 (2), 1-18.
- Özden, Ü. H. (2008). Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37 (2), 167-185.

- Öztürk, S. P. (2010). OECD ülkelerinin ar-ge etkinliklerinin VZA/AHP sıralı metodu ile belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pakkar, M. S. (2014). Using DEA and AHP for ratio analysis. *American Journal of Operations Research*, 4, 268-279.
- Ramanathan, R. (2006). Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process. *Computers & Operations Research*, 33 (5), 1289-1307.
- Rezaeitaziani, T. & Barkhordariahmadi, M. (2015). A two-stage model for ranking DMUs using DEA/AHP. *Int. J. Industrial Mathematics*, 7 (2), 161-169.
- Rouyendegh, B. D & Erkan T. E. (2010). Ankara’da bulunan 4 yıldızlı otellerin, VZA-AHS sıralı hibrit yöntemiyle etkinlik değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12 (3), 69-90.
- Saaty, T. L. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP*. Pittsburg: RWS Publications.
- Savaş, F. (2015). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Pegem yay.
- Seifert, L. M. & Zhu, J. (1998). Identifying excesses and deficits in chinese industrial productivity (1953-1990): A weighted data envelopment analysis approach. *Omega*, 26 (2), 143-332.
- Şevkli, M., Lenny, Koh, S. C., Zaim, S., Demirbağ, M. & Tatoğlu, E. (2007). An application of data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection: A case study of BEKO in Turkey. *International Journal of Production Research*, 45 (9), 1973-2003.
- Shang, J. & Sueyoshi, T. (1995). A united framework for the selection of a flexible manufacturing system. *European Journal of Operational Research*, 85 (2), 297-315.
- Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A. & Hadad Y. (2000). An AHP/DEA methodology for ranking decision making units. *International Transactions in Operational Research*, 7 (2), 109-124.
- Stiakakis, E. & Sifaleras, A. (2013). Combining the priority rankings of DEA and AHP methodologies: A case study on an ICT Industry. *International Journal Data Analysis Techniques and Strategies*, 5 (1), 101-114.
- Takamura, Y. & Tone, K. (2003). A comparative site evaluation study for relocating Japanese government agencies out of Tokyo. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37 (2), 85-102.
- Tekçe I. & Dikbaş A. (2011). Yüklenici inşaat firmaları için çok kriterli performans ölçme modeli geliştirilmesi. *İTÜ Dergisi / A Mimarlık*, 10 (1), 151-164.
- Tezsürücü, D. & Sofyalıoğlu, Ç. (2015). AHS-VZA yöntemi ile tedarikçilerin performans değerlendirmesi: Beyaz eşya sektöründe bir uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 33, 113-128.
- Thanassoulis, E., Dey, P. K., Petridis, K., Goniadis, I. & Georgiou A. C. (2017). Evaluating higher education teaching performance using combined analytic hierarchy process and data envelopment analysis. *Operations & Information Management Group, Aston Business School*, 68, 431-445.
- Toth, R. (2009). Using DEA to evaluate efficiency of higher education. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 79-82.
- Tseng, Y. & Lee, T. (2009). Comparing appropriate decision support of human resource practices on organizational performance with DEA/AHP model. *Expert Systems with Applications*, 36 (3), 6548-6558.
- Wang, H., Ye, G. & Yuan H. (2010). An AHP/DEA methodology for assessing the productive efficiency in construction industry. *International Transactions in Operational Research*, 7 (2), 109-124.

-
- Wang, Y. & Chin, K. (2009). A new data envelopment analysis method for priority determination and group decision making in the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 195, 239-250.
- Wang, Y., Chin, K. & Poon, G. K. K. (2008). A data envelopment analysis method with assurance region for weight generation in the analytic hierarchy process. *Decision Support Systems*, 45, 913-921.
- Wang, J., Li, H. & Guo, H. (2022). Coordinated development of logistics development and low-carbon environmental economy base on AHP-DEA model. *Scientific Programming*, <https://doi.org/10.1155/2022/5891909>.
- Xiaoxin, Z., Jin, H., Ling, L., Yueping, W. & Xinheng Z. (2018). Research of AHP/DEA evaluation model for operation performance of municipal wastewater treatment plants. *E3S Web of Conferences*, 53, 1-5.
- Xin, Z., Chen, L., Yang, Y., Miao, K. & Li, Z. (2019). Application of AHP-DEA model in comprehensive evaluation of distribution network planning reliability. *2019 IEEE Sustainable Power and Energy Conference (iSPEC)*, 290-294.
- Yang, T. & Kuo, C. (2003). A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. *European Journal of Operational Research*, 147 (1), 128-136.
- Zhang, X. S. & Cui, J. C. (1999). A project evaluation system in the state economic information system of China. *International Transactions in Operational Research*, 6 (5), 441-452.
- Zhang, X., Lee, C. K. M. & Chen, S. (2012). Supplier evaluation and selection: A hybrid model based on DEAHP and ABC. *International Journal of Production Research*, 50 (7), 1877-1889.
- Zuhrufillah, I. & Farikhin, I. R. (2018). Civil servant behaviors performance evaluation: Combining DEAHP and 360-degree feedback, *International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 280-285.
-