



## Kümeleme ve Veri Zarflama Analizi Entegrasyonu: İSO 500'deki Tekstil Firmalarının Performans Değerlendirmesi

### Clustering and Data Envelopment Analysis Integration: Performance Evaluation of Textile Companies in ISO 500

Aydın ÖZDEMİR <sup>a</sup> Yeşim CAN SAĞLAM <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Adıyaman Üniversitesi, Besni Ali Erdemoğlu Meslek Yüksekokulu, Adıyaman, Türkiye [aozdemir@adiyaman.edu.tr](mailto:aozdemir@adiyaman.edu.tr)

<sup>b</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Kocaeli, Türkiye. [yesimcan@gtu.edu.tr](mailto:yesimcan@gtu.edu.tr)

#### MAKALE BİLGİSİ

#### ÖZET

##### Anahtar Kelimeler:

Veri Zarflama Analizi  
Kümeleme Analizi  
Etkinlik  
İşletme Performansı

**Amaç** – Hızla globalleşen dünyada, işletmelerin etkin ve verimli çalışmasını sağlamak kritik önem taşımaktadır. Etkin ve verimli çalışmanın yolu ise sürekli performans değerlendirmesi yaparak belirlenen hedefler doğrultusunda iyileştirmeler yapmakla mümkündür. Bu çalışmanın amacı, İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan tekstil firmalarının performans yönetiminde etkinliklerini ölçmektir.

**Yöntem** – Analiz için seçilen işletmelerin performans yönetimindeki etkinlikleri, ölçüğe göre değişken getiri varsayımı altında hem girdi yönelimli hem de çıktı yönelimli Veri Zarflama Analizi modelleri yardımıyla analize tabi tutulmuştur. Literatür incelemeleri sonucunda üç girdi değişkeni (çalışan sayısı, özkaynak, aktif toplam) ve 3 çıktı değişkeni (üretimden satışlar, FAVÖK, ihracat) belirlenmiştir. Veri Zarflama Analizi sonrasında k-means ortalamalar algoritması kullanılarak Kümeleme Analizi yapılmıştır.

Gönderilme Tarihi 8 Ocak  
2023

Revizyon Tarihi 15 Aralık  
2023

Kabul Tarihi 20 Aralık 2023

**Bulgular** – Benzer özelliklere sahip işletmeler kümelendirildikten sonra, Veri Zarflama Analizi yardımıyla etkin ve etkin olmayan firmalar belirlenmiştir. Etkinliklerini arttırabilmeleri için etkin olmayan firmalara hangi girdi ve çıktı değişkenlerinde iyileştirme yapmaları gerektiği konusunda önerilerde bulunulmuştur.

**Makale Kategorisi:**  
Araştırma Makalesi

**Tartışma** – İşletmeler en az girdi bileşeni ile en fazla çıktı elde etmeye çalışarak sürekli performanslarını arttırmak istemektedir. Bu çalışmada literatür doğrultusunda girdi ve çıktı değişkenleri belirlenerek, Tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin etkinlikleri belirlenmiştir. Yapılan analizler işletmelere hangi faktörlerde iyileştirmeler yaparak performanslarını arttırabilecekleri konusunda yardımcı olmaktadır.

#### ARTICLE INFO

#### ABSTRACT

##### Keywords:

Data Envelopment Process  
Clustering Analysis  
Efficiency  
Business Performance

**Purpose-** In a rapidly globalizing world, it is critical to ensure that businesses work effectively and efficiently. The way to work effectively and efficiently is possible by making continuous performance evaluations and making improvements in line with the determined targets. The aim of this study is to measure the efficiency of textile companies in the Istanbul Chamber of Industry (ISO) 500 list in performance management.

**Design/methodology/approach-** The efficiency of the companies selected for analysis in performance management were analyzed with the help of both input-oriented and output-oriented Data Envelopment Analysis models, under the assumption of variable returns to scale. As a result of the literature review, three input variables (number of employees, equity, total assets) and 3 output variables (sales from production, EBITDA, exports) were determined. After the data envelopment analysis, cluster analysis was performed using k-means algorithm.

Received 8 January 2023

Revised 15 December 2023

Accepted 20 December 2023

**Findings-** After clustering companies with similar characteristics, effective and ineffective companies were determined with the help of Data Envelopment Analysis. In order to increase their efficiency, suggestions were made to the inactive firms about which input and output variables they should improve.

**Article Classification:**  
Research Article

**Discussion-** Businesses continuously want to increase their performance by trying to achieve the maximum output with the least input component. In this study, the activities of the enterprises operating in the textile sector were determined by determining the input and output variables in line with the literature. The analysis helps businesses in which factors they can increase their performance by making improvements.

#### Önerilen Atıf/Suggested Citation

Özdemir, A., Can Sağlam, Y. (2024). Kümeleme ve Veri Zarflama Analizi Entegrasyonu: İSO 500'deki Tekstil Firmalarının Performans Değerlendirmesi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 16 (1), 1-13.

## 1. Giriş

Hızla değişen teknoloji ve artan globalleşme, işletmelerin odak noktalarını operasyon süreçlerini etkili ve verimli bir şekilde yürütmeye sevk etmiştir. Operasyon süreçlerinde işletmeler maddi (hammadde, özsermaye, yabancı sermaye gibi) ve maddi olmayan (çalışan personel sayısı, çalışma saatleri gibi) birçok girdi kullanmaktadır. İşletmeler, operasyon sürecinde kullanılan bu girdiler karşılığında pazar payını artırma, kar elde etmek veya piyasada büyümek gibi faydalar elde etmek istemektedir. Bu amaçlara ulaşmaya çalışırken sınırlı kaynaklara sahip olması gerekçesi işletmeleri kaynakları en optimum şekilde kullanarak maksimum çıktı elde etmeye ve verimliliklerini arttırmaya yöneltmektedir (Özçelik ve Öztürk, 2019). Dolayısıyla etkinliğin ölçülmesi ve izlenmesi işletmeler için stratejik öneme sahiptir.

Çeşitli performans ölçütlerini kullanarak firmalar, stratejik hedefleri karşısında iş süreçlerini ne kadar etkili ve verimli şekilde yürüttüklerini değerlendirmektedir. Bununla birlikte, performans ölçüm araçları, işletmelerin kaynaklarını nasıl daha iyi yönetebileceğini ve daha uygun kanallara nasıl dağıtılacağını belirlemek için kaynak paylaşım süreçlerinin değerlendirmelerine yardımcı olmaktadır (Chen vd., 2008). Charnes ve arkadaşları tarafından literatüre kazandırılan veri zarflama analizi (1978), çok girdili ve çok çıktılı benzer karar verme birimlerinin göreceli etkinliğini değerlendirmek için yaygın bir şekilde kullanılan parametrik olmayan bir matematiksel tekniktir (Kiani Mavi vd., 2022). Veri zarflama analizi (VZA), sadece işletmelerin göreceli etkinliklerinin değerlendirilmesini mümkün kılmakla kalmayıp aynı zamanda etkinliği düşük işletmelerin belirlenerek iyileştirilmesinde de yol gösterici rol oynamaktadır (Özçelik ve Öztürk, 2019). Sunduğu bu avantajlardan dolayı VZA, literatürde bankacılık, lojistik, sağlık gibi çeşitli sektörlerde etkinlik değerlendirme aracı olarak sıkça kullanılmaktadır. Örneğin; Çelik ve arkadaşları (2018) bankaların finansal etkinliğini VZA yöntemi aracılığıyla ölçmüştür. Acer (2021), lojistik alanında antrepoların etkinliğini belirlemek için VZA yönteminden yararlanmıştır. Bir başka çalışmada Özdemir (2020) sağlık hizmeti sunan bölgelerin etkinliğini VZA yöntemiyle analiz etmiştir. Literatürde VZA başka yöntemlerle bütünleştirilerek sunduğu zenginlik daha da arttırılmaktadır. Örneğin kümeleme analizi genellikle VZA ile entegre edilen bir metottur. Yapısal olmayan çok değişkenli analizler içerisinde yer alan kümeleme analizi sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, önceden belirlenen bir veri setinin homojen alt kümeler olarak düzenlenmesini sağlayan bir algoritmaya sahiptir (Okursoy ve Özdemir, 2015). Bir başka deyişle kümeleme analizi, verileri taşıdıkları özelliklere uyumlu olacak şekilde kümelere ayırma işlemidir. Küme içerişindeki değişkenler birbirleriyle benzer özellikler taşıırken, küme dışı değişkenler taşıdıkları özellikler bakımından birbirinden farklıdır (Aksaraylı ve Pala, 2017). VZA ile kümeleme analizinin birleştirilmesi, çalışma değişkenleri açısından benzer karar verme birimlerini belirlemek ve daha sonra verimlilik puanlarını irdelenmek için fayda sağlamaktadır (Cinaroglu, 2020). Literatürdeki birçok çalışma VZA ile kümeleme analizini birleştirmiş ve bu metodolojinin uyumunu belirtmiştir (Okursoy ve Özdemir, 2015; Aksaraylı ve Pala, 2017; Cinaroglu, 2020).

İşletmelerin süreç içerisinde verimli çalışıp çalışmadığının belirlenmesi için en kritik göstergelerden biri benzer özelliklere sahip girdilerle benzer özelliklere sahip çıktılar sunan sektördeki işletmelerin gösterdikleri performansın kıyaslanmasıdır (Özçelik ve Öztürk, 2019). Göreceli etkinlik ölçümleri ile yapılan kıyaslamalarla, işletmelerin rakiplerine göre ne kadar verimli çalıştığı ortaya konulabilecek ve hangi referansla nasıl iyileştirmeler yapması gerektiği önerilebilecektir. Bu çalışmanın amacı, İSO 500 listesinde yer alan tekstil sektöründeki NACE kodundaki firmaların temel mali tablolarından elde edilen verilerle, belirlenen girdi ve çıktı değişkenlerinin değerleri kullanılarak ölçek, teknik ve toplam etkinlik değerlerinin girdiye yönelik VZA modeli ile ölçülmesidir. Literatür incelemeleri doğrultusunda girdi değişkenleri olarak çalışan sayısı, özkaynak, aktif toplam; çıktı değişkenleri olarak ise net üretimden satışlar, Faiz, Amortisman ve Vergi Öncesi Kârlılık (FAVÖK) ve ihracat seçilmiştir. Bu çalışmada Yavuz ve İşçi (2013)'nin çalışmasına paralel olarak girdi ve çıktı ölçütleri üretilmiş olup, VZA ve kümeleme analiziyle araştırmayı bütünleştirmesi ve 2021 İSO 500 güncel verilerini kullanarak Tekstil sektöründe incelemelerin yapılması bakımından literatüre zenginlik kazandırılmıştır. Tekstil sektörü, gelişmekte olan ekonomilerin kalkınmalarında kritik öneme sahiptir. Bu alanın sunduğu katma değer ve istihdamı arttıran potansiyel etkisi, ülkelerin refah seviyelerindeki artışa neden olmaktadır (Doğan ve Ersoy, 2017). Türkiye'nin de gelişmekte olan ülkeler içerisinde yer alması ve

Tekstil sektörünün ülkenin gelişimine katkısı düşünüldüğünde, Tekstil sektöründe yapılacak araştırmaların taşıdığı önem daha iyi anlaşılacaktır. Dolayısıyla, tekstil sektöründe daha fazla araştırmanın yürütülmesine de ihtiyaç vardır. Bu bağlamda, bu çalışma tekstil sektöründeki firmaları ele alarak verimlilik analizlerini yürütmüş ve analiz sonucunda etkin olan ve etkin olmayan işletmeler belirlenmiş, etkin olmayan işletmeler için iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Ayrıca kümeleme analizi yapılmış ve işletmelerin 3 farklı kümede toplandığı görülmüştür.

## 2. Literatür incelemesi

Bu bölümde göreceli etkinlik ölçümünde sıklıkla kullanılan ve doğrusal programların özel bir çeşidi olan VZA yöntemiyle ilgili mevcut literatürde yer alan araştırmalara yer verilmiştir. VZA, farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin göreceli etkinliklerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin sağlık sektörü (Özdemir, 2020; Cinaroglu, 2020), bankacılık (Chen vd., 2008; Topak ve Alacaatlı, 2020; Amin ve Boamah, 2023), lojistik (Yıldırım ve Ayvaz, 2019; Acer, 2021), gıda (Yavuz ve İşçi, 2013) ve turizm (Yakut vd., 2015) gibi sektörlerin etkinliklerinin değerlendirilmesinde yöntem olarak VZA'dan yararlanılmıştır. Son yıllarda ise bu yöntem kâr amacı güden üretim işletmelerinde verimliliğin ölçülmesinde, işletmeler arası kıyaslama sağlayarak sıkça kullanılan bir yöntem haline gelmiştir (Yavuz ve İşçi, 2013). Literatürde üretim sektöründe işletme performansını değerlendirmek için VZA kullanan çalışmalardan bazıları şunlardır:

Tosunoğlu ve Uysal (2012), üretim sektöründeki yabancı sermaye payına sahip işletmelerin etkinliklerini İSO 500'de yer alan şirketler üzerinden VZA yardımıyla incelemiştir. 29 işletmenin 2009 yılındaki verilerinin analizi sonucunda 8 işletmenin etkin olduğu, 21 işletmenin ise etkin olmadığı yorumuna ulaşmışlardır.

Yavuz ve İşçi (2013) Türkiye'de faaliyet gösteren ve son üç yılda da ilk 500 büyük firma kapsamına giren gıda sektöründeki 25 işletmenin 2009-2011 dönemlerini kapsayacak şekilde göreceli etkinliklerini ölçülmüştür. Öz kaynak, aktif toplam ve çalışan sayısının girdi değişkeni olarak yer aldığı çalışmada, net satış, kâr ve ihracat ise çıktı değişkenleri olarak seçilmiştir. Analiz sonuçlarına göre etkinliğin %77 olduğu saptanmıştır.

Öztürk ve Girginer (2015) tarafından yapılan araştırmada, İSO 500 listesinde yer alan 30 tekstil firmasının ihracat etkinlikleri 2012 yılı verileri temel alınarak VZA ve Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemleriyle değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Çalışan personel sayısı, ihracat tecrübesi, ihracat yapılan ülke sayısı ve aktif toplam girdi değişkenleri; ihracat satış tutarı ise çıktı değişkeni olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda 4 firma etkin olarak bulunmuş ve etkin olmayan firmalar için öneriler yapılmıştır.

Doğan ve Ersoy (2017), Ege Bölgesi'nde tekstil alanında faaliyette olan bir işletmenin geçmiş on altı yıla ilişkin etkinlik ölçümünü yapmış ve işletmenin her bir yıldaki kaynaklarını kullanma düzeyini belirlemiştir. Üretimde kullanılan hammadde miktarı, makine ve personel sayısı girdi değişkenleri olarak; üretilen ürün miktarı ve müşteri sayısı ise çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Yürütülen etkinlik analizi sonucunda ele alınan işletmenin hangi yıllarda etkin olmadığı belirlenerek, yöneticilere kaynaklarını nasıl daha rasyonel kullanılabileceği konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Özçelik ve Öztürk (2019), girdi değişkenleri olarak satışların maliyeti, yönetim giderleri ve pazarlama giderlerini; çıktı değişkenleri olarak ise özkaynak karlılığı, aktif karlılığı ve faaliyet kar marjını alarak VZA ile Borsa İstanbul'da içecek ve gıda endeksinde yer alan işletmelerin göreceli etkinliklerini ölçümlemişlerdir. Analize tabi tutulan işletmelerin 2015-2016-2017 içindeki verileri girdi yönelimli VZA modeli kullanılarak incelenmiştir.

Tekstil sektöründe yürütülen bir başka çalışmada, Kılı ve Uludağ (2020) Borsa İstanbul'da işlem gören tekstil sektöründeki 19 işletmenin 2017-2019 yıllarına ait finansal verilerinden faydalanarak VZA ile etkinlik ölçümü yapılmıştır. Analiz sonucunda, işletmeler arasında etkinlik değerlerinin yıllara göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Dalei ve Joshi (2022) petrol rafinerilerinin operasyonel verimliliklerini değerlendirmek için VZA analizinden yararlanmıştır. Hindistan’da faaliyet gösteren yedi petrol rafinerisinin 2010-2018 yıllarına ait verileri temel olarak ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında verimlilik analizi yapmışlardır.

Kiani Mavi ve arkadaşları (2022), ekonomik işbirliği ve kalkınma ülkelerinin eko-inovasyon analizini yürütmek için VZA yöntemine başvurmuştur. Eko-inovasyon trendlerini belirleyebilmek için 2010-2018 dönemlerine ait verilerden faydalanmışlardır.

İnan (2022) Borsa İstanbul’da pazarlama verilerini paylaşan tekstil sektöründeki 10 işletmenin 2020-2021 verilerini VZA yöntemiyle analize tabi tutmuştur. Girdi değişkeni olarak; personel giderleri, nakliye giderleri ve seyahat giderleri; çıktı değişkenleri olarak ise; net satışlar, dönem net kârı ve faaliyet kârı belirlenmiştir. Analizler sonucunda 2020 ve 2021 yıllarında 4 firmanın tam olarak etkin olduğu tespit edilerek raporlanmıştır.

### 3. Yöntem

Bu çalışmada analiz prosedürü olarak Çınaroğlu (2020) tarafından da kullanılan iki aşamadan oluşan K-Ortalamlar Kümeleme Algoritması ve Veri Zarflama Analizi entegrasyonu kullanılmıştır. İlk aşamada, İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan seçili tekstil firmalarını belirlenen değişkenlere göre gruplandırmak için K-Ortalamlar Kümeleme Algoritması uygulanmıştır. İkinci aşamada ise ilk aşamada elde edilen gruplar bazında Veri Zarflama Analizi kullanılarak İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan seçilen tekstil firmalarının etkinlikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca etkin olmayan firmalar için referans setleri tanımlanarak etkin hale gelebilmeleri için iyileştirme önerileri verilmiştir.

#### 3.1. Örnekler, Veri seti ve Değişkenler

Çalışmanın örnekleme, İstanbul Ticaret Odası tarafından hazırlanan 2021 Yılı Türkiye’nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu Listesi’nde yer alan tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmalardan oluşmaktadır. Bu bağlamda, hem analiz prosedürünün her iki aşamasını gerçekleştirebilmek hem de belirlenen değişkenlere ait verileri elde edebilmek için kamuya açık erişim izni veren firmalar tercih edilmiştir. Araştırma kapsamında seçilen tekstil firmaları ve kodları Tablo 1’de sunulmuştur. Söz konusu verilere ait özet bilgiler her bir analiz prosedürü aşamasının tanımlayıcı istatistikler tablosunda yer almaktadır.

**Tablo 1.** Araştırmanın Örnekleme

| KVB Kodu | KVB Adı                                    |
|----------|--|
| KVB1     | Merinos Halı San. ve Tic. A.Ş.             |
| KVB2     | Kordsa Teknik Tekstil A.Ş.                 |
| KVB3     | Beyteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş.          |
| KVB4     | Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.              |
| KVB5     | İskur Tekstil Enerji Tic. ve San. A.Ş.     |
| KVB6     | Dinarsu İmalat ve Ticaret T.A.Ş.           |
| KVB7     | Harput Tekstil San. ve Tic. A.Ş.           |
| KVB8     | Matesa Tekstil San. ve Tic. A.Ş.           |
| KVB9     | Erdem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.            |
| KVB10    | Göliplik Şeremet Tekstil San. ve Tic. A.Ş. |
| KVB11    | Kasar ve Dual Tekstil Sanayii A.Ş.         |
| KVB12    | Atlasdenim Tekstil San. ve Tic. A.Ş.       |
| KVB13    | Özerdem Mensucat San. ve Tic. A.Ş.         |
| KVB14    | İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.          |

Analiz prosedürünün ilk aşamasında, İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan seçili tekstil firmalarını K-Ortalamlar Kümeleme Algoritması kullanarak gruplandırmak için “Net Satışlar” ve “Brüt

Katma Değer” değişkenleri kullanılmıştır. Analiz prosedürünün ikinci aşamasında, Veri Zarflama Analizi'nin girdi ve çıktı değişkenleri literatür incelemeleri sonucunda şu şekilde belirlenmiştir:

Girdi değişkenleri; (İ1) Çalışan Sayısı, (İ2) Özkaynak, (İ3) Aktif Toplamı

Çıktı değişkenleri; (O1) Üretimden Satışlar, (O2) Faiz ve Vergi Öncesi Kar (FAVÖK), (O3) İhracat

### 3.2. K-Ortalamalar Kümeleme Analizi

Veri madenciliğinin bir bileşeni olan kümeleme analizi, nesnelere gruplandırarak veri ile ilgili öngörülerde bulunmayı sağlar (Wu, 2012). Benzer olan birimlerin aynı gruplarda bir araya gelmesini hedefleyen bu metot, çok değişkenli istatistiksel tekniklerden biridir (Çakmak vd., 2005). Gruplandırmanın gerçekten farklılık oluşturup oluşturmadığı, model karakter vektörlerinin dağılımına bağlıdır (Li ve Whu, 2012). K-ortalama algoritması, basit, hızlı, sayısal, denetimsiz ve yinelemeli bir kümeleme metodudur (Na vd., 2010). J.B. MacQueen tarafından önerilen K-ortalama algoritması (Li ve Whu, 2012), herhangi bir kümeleme analizini yürütmek için her zaman özelleştirilmesi gereken bir “k” değerine bağlı olup (Ahmet vd., 2020), temel mantığı şu şekildedir (Jin ve Han, 2011):

- Başlangıç seviyesinde olan, fakat optimal düzeyde bir kümeleme vermek
- Her bir noktayı en yakın merkezine doğru yeniden hareket ettirmek
- Üye noktaların ortalamalarını hesaplayarak kümeleme merkezlerini güncellemek ve yeniden hareket ettirme
- Güncelleme sürecini uyuşma kriterine ulaşıncaya kadar tekrar ettirmek.

### 3.3. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), Karar Verme Birimleri'nin (KVB) etkinliğini değerlendiren bir parametrik olmayan yöntemdir (Ray, 2004). Bu analizde, aynı girdi ve çıktı değişkenlerine sahip olan KVB'lerin etkinliği ölçülmekte ve temel etkinlik ölçümü, toplam çıktıların toplam girdilere oranı üzerine kurulmaktadır (Tone, 2017; Ramanathan, 2003).

Veri Zarflama Analizi, CCR (CRS) ve BCC (VRS) modelleri olmak üzere iki temel modele sahiptir. CCR (CRS) modelinde, sanal girdi ve çıktılar ağırlıklarla birlikte üretilirken, BCC (VRS) modelinde KVB'lerin dışbükey bir zarf içinde üretim sınırları bulunmaktadır (Cooper vd., 2006). CCR (CRS) modeli, Toplam Teknik Etkinlik değerlendirmesine odaklanırken, BCC (VRS) modeli Saf Teknik Etkinlik değerlendirmesini sağlar (Avkiran, 2011). Girdi Yönelimli Veri Zarflama Analizi, belirli bir miktar çıktı için daha az girdi kullanma üzerine odaklanırken, Çıktı Yönelimli Veri Zarflama Analizi, belirli bir miktar girdi ile daha fazla çıktı üretme üzerine yoğunlaşmaktadır (Ramanathan, 2003).

Girdi Yönelimli VZA Modelinde ve Çıktı Yönelimli VZA Modelinde bir KVB'nin etkinlik skoru 1'e eşit olduğunda söz konusu KVB etkin olarak kabul edilir. Girdi Yönelimli VZA Modeli'nde etkinlik skoru 1'den az olan KVB'lerin etkin olmadığı değerlendirilirken, Çıktı Yönelimli VZA Modeli'nde ise etkinlik skoru 1'den fazla olan KVB'lerin etkin olmadığı değerlendirilir (Ozcan, 2009; Ozcan, 2014).

Veri Zarflama Analizi modellerine ait formüller aşağıda sunulmuş olup 1. formül CCR-Girdi Yönelimli VZA Modeline, 2. formül CCR-Çıktı Yönelimli VZA Modeline, 3. formül BCC-Girdi Yönelimli VZA Modeline ve 4. formül BCC Çıktı Yönelimli VZA Modeline aittir (Emrouznejad ve Cabanda, 2014);

$$Eff = \min_{u_r v_i} \sum_1 V_i X_{iJ_0}$$

s.t.

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad ; \forall j$$

$$\sum_r u_r y_{rj_0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad ; \forall r, \forall i.$$

(1)

$$Eff = \max_{u_r, v_i} \sum_r u_r y_{rj_0}$$

s.t.

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0 \quad ; \forall j$$

$$\sum_i v_i x_{ij_0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad ; \forall r, \forall i.$$

(2)

$$\min_{\lambda, \theta, S_i^-, S_r^+} \theta$$

s.t.

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + S_i^- = \theta x_{ij_0} \quad \forall i$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = y_{rj_0} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

$$S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad \forall i, \forall r$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j.$$

(3)

$$\max_{\lambda, \theta, S_i^-, S_r^+} \theta$$

s.t.

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + S_i^- = x_{ij_0} \quad \forall i$$

$$\sum_j \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = \theta y_{rj_0} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

$$S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad \forall i, \forall r$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j.$$

(4)

#### 4. Bulgular

Analiz prosedürü doğrultusunda, öncelikle K-Ortalamlar Algoritması kullanılarak optimal grup sayısı belirlenmiş olup ikinci aşamada belirlenen gruplar bazında “DEAR” programı yardımıyla Veri Zarflama Analizi uygulanmıştır. Sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

##### 4.1. K-Ortalamlar Kümeleme Analizi Sonuçları

İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan seçili tekstil firmalarını K-Ortalamlar Kümeleme Algoritması kullanarak gruplandırmak için “Net Satışlar” ve “Brüt Katma Değer” değişkenlerinden yararlanılmıştır. Bu değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo-2’de gösterilmektedir.

**Tablo 2.** K-Ortalamlar Kümeleme Analizi Değişkenlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

| Değişken         | N  | Ortalama         | Min           | Medyan           | Maks.         |
|------------------|----|------------------|---------------|------------------|---------------|
| Net Satışlar     | 14 | 1.823.764.594,86 | 1.050.760.457 | 1.246.397.513,50 | 4.067.092.462 |
| Brüt Katma Değer | 14 | 563.434.899,50   | 249.050.538   | 451.743.894,50   | 1.298.981.125 |

“Net Satışlar” değişkeni için ortalama (1.823.764.594,86), minimum (1.050.760.457), medyan (1.246.397.513,50) ve maksimum (4.067.092.462) olarak hesaplanırken, “Brüt Katma Değer” değişkeni için ortalama (563.434.899,50), minimum (249.050.538), medyan (451.743.894,50) ve maksimum (1.298.981.125) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3, İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinden seçilen tekstil firmalarının gruplandırılmasına yönelik analiz sonuçlarından elde edilen optimal grup sayısı (“k” parametresi) ve bu gruplara dahil olan firmaları göstermektedir.

**Tablo 3.** K-Ortalamlar Kümeleme Analizi Sonuçları

| “k” Parametresi | Kümeler | Kümeye Firmalar                                  | Ortalama İhracat | Ortalama Brüt Katma Değer | Silhouette İndeks Değeri |
|-----------------|---------|--|------------------|---------------------------|--------------------------|
| k=2             | 1 (n=6) | KVB1 Merinos Halı San. ve Tic. A.Ş.              | 111.101,67       | 818.809.738,17            | 0,7                      |
|                 |         | KVB2 Kordsa Teknik Tekstil A.Ş.                  |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB3 Beyteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş.           |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB4 Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.               |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB5 İskur Tekstil Enerji Tic. ve San. A.Ş.      |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB6 Dinarsu İmalat ve Ticaret T.A.Ş.            |                  |                           |                          |
|                 | 2 (n=8) | KVB7 Harput Tekstil San. ve Tic. A.Ş.            |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB8 Matesa Tekstil San. ve Tic. A.Ş.            |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB9 Erdem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.             |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB10 Göliplik Şeremet Tekstil San. ve Tic. A.Ş. | 25.898,75        | 371.903.770,50            |                          |
|                 |         | KVB11 Kasar ve Dual Tekstil Sanayii A.Ş.         |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB12 Atlasdenim Tekstil San. ve Tic. A.Ş.       |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB13 Özerdem Mensucat San. ve Tic. A.Ş.         |                  |                           |                          |
|                 |         | KVB14 İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.          |                  |                           |                          |

Bu çalışmada küme sayıları belirlenirken aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır (Çınaroğlu, 2020);

- ✓ Silhouette İndeks Değeri,
- ✓ Her bir kümedeki firma sayısının dengesi,
- ✓ Firmaların Kümeleme Analizi değişkenleri (Net Satışlar ve Brüt Katma Değer) açısından benzerlikleri,
- ✓ Kümelerin, Kümeleme Analizi değişkenlerine (Net Satışlar ve Brüt Katma Değer) ait tanımlayıcı istatistik açısından dengesi.

Bu hususlar göz önünde bulundurularak optimal küme sayısı Tablo-3'te de görüleceği gibi "2" olarak belirlenmiştir. Bu küme sayısı için Silhouette İndeks Değeri "0,7" olarak tespit edilmiştir. Silhouette İndeks Değeri kümeleme geçerliliğinin değerlendirilmesinde kullanılan ve uygun küme sayısını seçmeye yardımcı olan bir değerdir (Rousseeuw, 1987). Silhouette İndeks Değeri -1 ve +1 arasında yer alır ve yüksek Silhouette İndeks Değeri daha yumuşak kümeleri işaret eder (Belyadi ve Haghighat, 2021; Han vd., 2012). Birinci kümede bulunan firmaların kümeleme değişkenlerinin ortalama değerleri açısından, ikinci kümedeki firmalardan daha büyük firmalar olduğu söylenebilir. Bu çerçevede "2" olarak bulunan optimal küme sayısı için "0,7" olarak hesaplanan Silhouette İndeks Değeri'nin tatminkar düzeyde olduğu görüldüğünden analiz prosedürünün ikinci aşamasına geçilmiştir.

#### 4.2. Veri Zarflama Analizi Sonuçları

İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan tekstil firmalarını K-Ortalamalar Kümeleme Algoritması kullanarak kümelendirdikten sonra analiz prosedürünün ikinci aşaması olan Veri Zarflama Analizi'ne geçilmiştir. Bu çerçevede öncelikle Veri Zarflama Analizi'nde kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve bu değişkenlerin kümeleme analizinde elde edilen kümelere göre farklılık gösterip göstermediğini tespit etmek amacıyla yürütülen Independent Samples T-Testi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 4.** Veri Zarflama Analizi Değişkenlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve Farklılık Testleri

| Değişken                         | Küme   | n | Min              | Medyan           | Maks.            | Anamlılık         |
|----------------------------------|--------|---|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| (İ1)<br>Çalışan Sayısı           | Küme-1 | 6 | 1,575.00         | 2,195.50         | 5,125.00         | F=2.065           |
|                                  | Küme-2 | 8 | 260.00           | 1,088.50         | 1,770.00         | <b>P&lt; 0.05</b> |
| (İ2)<br>Özkaynak                 | Küme-1 | 6 | -306,872,569.00  | 440,038,087.00   | 1,512,985,628.00 | F=25.735          |
|                                  | Küme-2 | 8 | 474,947,816.00   | 669,883,315.00   | 1,120,132,643.00 | P> 0.05           |
| (İ3)<br>Aktif Toplamı            | Küme-1 | 6 | 1,009,013,703.00 | 3,026,511,262.50 | 6,075,713,430.00 | F=8.558           |
|                                  | Küme-2 | 8 | 836,291,356.00   | 1,309,791,476.50 | 1,481,406,914.00 | <b>P&lt; 0.01</b> |
| (O1)<br>Üretimden Satışlar       | Küme-1 | 6 | 1,587,120,977.00 | 2,388,294,630.00 | 3,925,222,235.00 | F=12.749          |
|                                  | Küme-2 | 8 | 994,985,897.00   | 1,048,491,877.00 | 1,105,100,444.00 | <b>P&lt; 0.01</b> |
| (O2)<br>Faiz ve Vergi Öncesi Kar | Küme-1 | 6 | 318,066,046.00   | 625,700,410.50   | 1,016,192,761.00 | F=4.439           |
|                                  | Küme-2 | 8 | 164,673,808.00   | 250,946,936.00   | 446,915,184.00   | <b>P&lt; 0.01</b> |
| (O3)<br>İhracat                  | Küme-1 | 6 | 2,391.00         | 66,141.00        | 290,112.00       | F=16.204          |
|                                  | Küme-2 | 8 | 1,056.00         | 18,461.50        | 66,352.00        | P> 0.05           |

Tablo-4 incelendiğinde; gerek kümelerdeki firma sayısının dengeli olması (6 ve 8) gerekse de Veri Zarflama Analizi'nin girdi ve çıktı değişkenlerinin önemli bir kısmının kümelere göre anlamlı bir biçimde farklılık göstermesi, analiz prosedürünün ilk aşaması olan tekstil firmalarını K-Ortalamalar Kümeleme Algoritması kullanarak gruplandırma safhasının sonuçlarını doğrular niteliktedir.

Bu bilgiler çevresinde, Girdi Yönelimli BCC (VRS) Modeli kullanılarak her bir küme için ayrı ayrı Veri Zarflama Analizi yürütülmüştür. Analiz sonuçları Tablo-5' de yer almaktadır.

**Tablo 5.** Veri Zarflama Analizi Sonuçları

| Küme   | KVB  | Etkinlik Skoru                    | Etkinlik Durumu |              |
|--------|------|-----------------------------------|-----------------|--------------|
| Küme-1 | KVB1 | Merinos Halı San. ve Tic. A.Ş.    | 1,00000         | <i>Etkin</i> |
|        | KVB2 | Kordsa Teknik Tekstil A.Ş.        | 1,00000         | <i>Etkin</i> |
|        | KVB3 | Beyteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. | 1,00000         | <i>Etkin</i> |



|        |                                |  |         |                |
|--------|--------------------------------|--|---------|----------------|
|        | KVB4                           | Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.              | 0,77522 | Etkin Değil    |
|        | KVB5                           | İskur Tekstil Enerji Tic. ve San. A.Ş.     | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | KVB6                           | Dinarsu İmalat ve Ticaret T.A.Ş.           | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | <i>Ortalama Etkinlik Skoru</i> |  |         | <i>0,96254</i> |
| Küme-2 | KVB7                           | Harpur Tekstil San. ve Tic. A.Ş.           | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | KVB8                           | Matesa Tekstil San. ve Tic. A.Ş.           | 0,91193 | Etkin Değil    |
|        | KVB9                           | Erdem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.            | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | KVB10                          | Göliplik Şeremet Tekstil San. ve Tic. A.Ş. | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | KVB11                          | Kasar ve Dual Tekstil Sanayii A.Ş.         | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | KVB12                          | Atlasdenim Tekstil San. ve Tic. A.Ş.       | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | KVB13                          | Özerdem Mensucat San. ve Tic. A.Ş.         | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | KVB14                          | İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.          | 1,00000 | <i>Etkin</i>   |
|        | <i>Ortalama Etkinlik Skoru</i> |  |         | <i>0,98899</i> |

Tablo 5'e göre;

- ✓ Küme-1'deki Merinos Halı San. ve Tic. A.Ş., Kordsa Teknik Tekstil A.Ş., Beyteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş., İskur Tekstil Enerji Tic. ve San. A.Ş. ve Dinarsu İmalat ve Ticaret T.A.Ş.'nin saf teknik etkinlik skorlarının 1 olduğu ve nispi etkinliğe sahip oldukları,
- ✓ Küme-2'deki Harpur Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Erdem Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Göliplik Şeremet Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Kasar ve Dual Tekstil Sanayii A.Ş., Atlasdenim Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Özerdem Mensucat San. ve Tic. A.Ş. ve İşbir Sentetik Dokuma Sanayi A.Ş.'nin saf teknik etkinlik skorlarının 1 olduğu ve nispi etkinliğe sahip oldukları görülmektedir.

Kümelerin saf teknik etkinlik skorlarının aralarında ilişki olup olmadığını belirlemek için Korelasyon Analizi yürütülmüş olup Küme-1 ve Küme-2 için hesaplanan Pearson Korelasyon katsayısı ( $r = -200$ ,  $p > 0,05$ ) olarak hesaplandığından, bu sonuç analizin prosedürünün ilk aşamasının geçerliliğini desteklemekte ve İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan tekstil firmalarının etkinlik skorları açısından birbirinden farklılaştığını doğrulamaktadır.

Tablo 6'da her iki kümede etkin olmayan firmaların etkin pozisyona ulaşabilmeleri için oluşturulan Referans Kümeleri bulunmaktadır.

**Tablo 6.** Etkin Olmayan Firmaların Referans Kümeleri ve Referans Ağırlıkları

| Küme   | KVB  | KVB1   | KVB2   | KVB3   | KVB5   |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|
| Küme-1 | KVB4 | 0.0132 | 0.2438 | 0.3834 | 0.3596 |
| Küme   | KVB  | KVB7   |        | KVB9   |        |
| Küme-2 | KVB8 | 0.4934 |        | 0.5066 |        |

Tablo-6'ya göre;

- ✓ KVB4-Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.'nin referans kümesi; KVB1-Merinos Halı San. ve Tic. A.Ş. ( $\lambda = 0.0132$ ), KVB2-Kordsa Teknik Tekstil A.Ş. ( $\lambda = 0.2438$ ), KVB3-Beyteks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. ( $\lambda = 0.3834$ ) ve KVB5-İskur Tekstil Enerji Tic. ve San. A.Ş. ( $\lambda = 0.3596$ ) oluşmaktadır.
- ✓ KVB8-Matesa Tekstil San. ve Tic. A.Ş.'nin referans kümesi; KVB7-Harpur Tekstil San. ve Tic. A.Ş. ( $\lambda = 0.4934$ ) ve KVB9- Erdem Tekstil San. ve Tic. A.Ş. ( $\lambda = 0.5066$ ) oluşmaktadır.

Etkin olmayan firmalar için girdilerin azaltılması ve/veya çıktıların artırılması biçiminde İyileştirme Seçenekleri Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** Etkin Olmayan Firmaların İçin İyileştirme Seçenekleri

| Küme   | KVB  | İ1      | İ2              | İ3              | O1   | O2            | O3        |
|--------|------|---------|-----------------|-----------------|------|---------------|-----------|
| Küme-1 | KVB4 | -597.93 | -558,443,064.66 | -737,937,219.29 | 0.00 | 0.00          | 46,815.32 |
| Küme-2 | KVB8 | -613.78 | -224,810,761.57 | -105,988,596.96 | 0.00 | 76,366,685.67 | 702.03    |

Tablo 3 incelendiğinde;

- ✓ (İ1) Çalışan Sayısı değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan firmanın KVB4- Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş. olduğu,
- ✓ (İ2) Özkaynak değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan firmanın KVB4- Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş. olduğu,
- ✓ (İ3) Aktif Toplamı değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan firmanın KVB4- Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş. olduğu,
- ✓ (O1) Üretimden Satışlar değişkeni açısından hiçbir firmanın iyileştirmeye ihtiyaç duymadığı,
- ✓ (O2) Faiz ve Vergi Öncesi Kar değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan firmanın KVB8- Matesa Tekstil San. ve Tic. A.Ş. olduğu,
- ✓ (O3) İhracat değişkeni açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan firmanın KVB4- Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş. olduğu görülmektedir.

## 5. Sonuç ve Tartışma

Rekabetin yüksek olduğu ortamda işletmelerin varlıklarını sürdürmeleri, kaynaklarını optimum seviyede kullanırken performanslarını sürekli arttırmalarına bağlıdır. İşletmelerin ne kadar verimli çalıştıklarını değerlendirmesi ise benzer mamuller üreten rakip işletmelerin ne kadar çıktı aldığı, diğer bir deyişle, rakiplerinin sergiledikleri performansı izleyerek kendi performanslarıyla kıyaslamaları ile mümkündür. Böyle bir kıyaslama aynı zamanda hem kaynaklarını ne kadar etkin kullanabildiklerini gösterirken hem de ne kadarının israf edildiğini gözler önüne sermektedir. Bu çalışmada, İSO 500 Tekstil sektöründe yer alan işletmelerin, girdiye yönelik BCC modeli kullanılarak etkinlik durumları DEAR yazılı ile hesaplanmıştır. Etkin olan ve etkin olmayan işletmeler belirlenerek, etkin olmayan işletmeler için referans kümeleri oluşturulmuş ve hangi değişkenlerde iyileştirmeler yapmaları gerektiği belirlenmiştir.

Araştırmanın sonuçları dört temel bulguyu ortaya koymaktadır;

- ✓ Birincisi, İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan seçili tekstil firmaları “Net Satışlar” ve “Brüt Katma Değer” değişkenleri açısından iki gruba ayrılmaktadır.
- ✓ İkincisi, Veri Zarflama Analizi’nin girdi ve çıktı değişkenlerinin önemli bir kısmının bu kümelere göre anlamlı bir biçimde farklılık göstermektedir.
- ✓ Üçüncüsü, kümeleme analizi değişkenlerinin her ikisi için de ikinci kümeye göre daha yüksek ortalama değere sahip olan birinci kümenin ortalama etkinlik skorunun ikinci kümeye göre daha düşüktür.
- ✓ Dördüncüsü, girdi/çıktı iyileştirmeleri açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan firmanın (KVB4- Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.) kümeleme analizi değişkenlerinin her ikisi için de ikinci kümeye göre daha yüksek ortalama değere sahip olan birinci kümenin üyesidir.

Bu çalışmadan elde edilen temel bulgular;

- ✓ Yavuz ve İşçi (2013) tarafından benzer bir örneklem üzerinden yürütülen analiz neticesinde bulunan %77’lik etkinlik ortalaması,
- ✓ Öztürk ve Girginer (2015) tarafından yapılan çalışmada, İSO 500 listesinde yer alan 30 tekstil firmasının ihracat etkinlikleri analizde 4 firmanın etkin olarak bulunması,
- ✓ İnan (2022) tarafından yapılan Borsa İstanbul’da pazarlama verilerini paylaşan tekstil sektöründeki 10 işletmenin etkinlik analizi çalışmasının neticesinde 4 firmanın etkin olarak tespit edilmesi,

sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Ayrıca söz konusu temel bulgulardan aşağıdaki gibi bazı teorik ve yönetsel çıkarımlarda da bulunabilir;

- ✓ İstanbul Sanayi Odası (İSO) 500 listesinde yer alan seçili tekstil firmaları “Net Satışlar” ve “Brüt Katma Değer” değişkenleri açısından iki gruba ayrılmaktadır. Bu ayrım sonraki araştırmacılar tarafından daha geniş örneklemede test edilebilir.
- ✓ Bu iki ayrım İstanbul Sanayi Odası (İSO) tarafından da dikkate alınarak İSO-500 listesine yansıtılabilir.
- ✓ Kümeleme analizi değişkenlerinin her ikisi için de ikinci kümeye göre daha yüksek ortalama değere sahip olan birinci kümenin ortalama etkinlik skorunun ikinci kümeye göre daha düşük olması sonucu sonraki araştırmacılar tarafından yeni kontrol değişkenlerin modele dâhil edildiği Tobit Regresyon analizi ile test edilebilir.
- ✓ Girdi/çıktı iyileştirmeleri açısından en çok iyileştirmeye ihtiyaç duyan firmanın (KVB4- Mem Tekstil San. ve Tic. A.Ş.) kümeleme analizi değişkenlerinin her ikisi için de ikinci kümeye göre daha yüksek ortalama değere sahip olan birinci kümenin üyesi olması paradoksu ilgili firma tarafından detaylıca değerlendirilebilir.

### KAYNAKÇA

- Acer, A. (2021). Lojistik Faaliyetlerde Antrepoların Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Belirlenmesi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13 (4), 2976-2989.
- Ahmed, M., Seraj, R., & Islam, S. M. S. (2020). The k-means algorithm: A comprehensive survey and performance evaluation. *Electronics*, 9(8), 1295.
- Aksaraylı, M., & Pala, O. (2017). Veri Zarflama Analizi Ve Kümeleme Analizi Kullanılarak Oecd'ye Üye Ülkelerin Ekonomik Performansları, Yaşam Memnuniyeti Ve İnovasyon Düzeyleri Açısından İncelenmesi. *Aydın İktisat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 67-80.
- Amin, G. R., & Boamah, M. I. (2023). Modeling business partnerships: A data envelopment analysis approach. *European Journal of Operational Research*, 305(1), 329-337.
- Avkiran NK. Applications of data envelopment analysis in the service sector. In: Cooper WW, Seiford LM, Zhu J (eds.) *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Boston, MA: Springer US; 2011. p. 403–443.
- Belyadi, H., & Haghghat, A. (2021). Unsupervised machine learning: Clustering algorithms. In *Machine Learning Guide for Oil and Gas Using Python* (pp. 125–168). Elsevier.
- Chen, T., Chen, C. and Peng, S. (2008), "Firm operation performance analysis using data envelopment analysis and balanced scorecard: A case study of a credit cooperative bank", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57(7), 523-539.
- Cinaroglu, S. (2020). Integrated k-means clustering with data envelopment analysis of public hospital efficiency. *Health Care Management Science*, 23(3), 325-338.
- Cooper WW, Seiford LM, Tone K, Cooper WW. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references*. New York: Springer.
- Çakmak, Z., Uzgören, N., & Keçek, G. (2005). Kümeleme analizi teknikleri ile illerin kültürel yapılarına göre sınıflandırılması ve değişimlerin incelenmesi.
- Çelik, Ş., Öncü, E., & Yenice, S. (2018). Türkiye'deki bankaların karşılaştırmalı etkinlik analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 156-171.
- Dalei, N.N. and Joshi, J.M. (2022), "Operational efficiency assessment of oil refineries using data envelopment analysis and Tobit model: evidence from India", *International Journal of Energy Sector Management*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJESM-07-2020-0024>

- Doğan, N. Ö., & Ersoy, Y. (2017). Etkinlik Ölçümü: Tekstil Sektöründen Bir İşletme Örneği. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü *Dergisi*, 10(1), 35-44.
- Emrouznejad A, Cabanda E. (2014) Managing service productivity using data envelopment analysis. In: Emrouznejad A, Cabanda E (eds.) *Managing Service Productivity*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 1–17.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). Cluster analysis. In *Data Mining* (pp. 443–495). Elsevier.
- İnan, Ü. S. E. (2022). Tekstil Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Pazarlama Maliyetlerinin Finansal Performans Üzerinde Görelî Etkinlik Düzeylerinin Belirlenmesine Yönelik İnceleme. *İşletme Akademisi Dergisi*, 3(3), 363-373.
- İSO (2022). Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu-2021, <https://iso500.org.tr>, E.T.: 15.12.2022
- Jin, X., Han, J. (2011). K-Means Clustering. In: Sammut, C., Webb, G.I. (eds) *Encyclopedia of Machine Learning*. Springer, Boston, MA.
- Kıllı, M., & Uludağ, S. (2020). Veri Zarflama Analizi İle Maliyet Performansı Ölçümü: Bıst Tekstil Sektöründe Bir Uygulama. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(4), 797-828.
- Kiani Mavi, R., Kiani Mavi, N., Farzipoor Saen, R. and Goh, M. (2022), "Eco-innovation analysis of OECD countries with common weight analysis in data envelopment analysis", *Supply Chain Management*, 27(2), 162-181.
- Li, Y., & Wu, H. (2012). A clustering method based on k-means algorithm. *Physics Procedia*, 25, 1104–1109.
- Okursoy, A., & Özdemir, M. (2015). Veri Zarflama Analizinde Homojen Olmayan Karar Verme Birimi Problemi için Kümeleme Analizi Yaklaşımı. *Ege Academic Review*, 15(1).
- Ozcan YA. Health care benchmarking and performance evaluation: an assessment using data envelopment analysis (Dea).. Second edition. New York: Springer; 2014.
- Ozcan YA. Quantitative methods in health care management: techniques and applications.. 2nd ed. San Francisco: Jossey-Bass; 2009.
- Özçelik, F., Avcı Öztürk B. (2019). Girdi Olarak Maliyetlere Yönelik Veri Zarflama Analizi Modelleri İle Görelî Etkinlik Analizi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11 (2), 1011-1028.
- Özdemir, A. (2020). Türkiye'deki İBBS-1 bölgelerinin sağlık hizmeti sunum etkinliğinin veri zarflama analizi kullanılarak ölçülmesi, *Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 231-242.
- Öztürk, O., & Girginer, N. (2015). The export efficiency of Turkish textile and apparel firms: an investigation employing Data Envelopment Analysis (DEA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) methods. *Textile and Apparel*, 25(1), 10-23.
- Ramanathan R. (2003). An introduction to data envelopment analysis: a tool for performance measurement. New Delhi ; Thousand Oaks, Calif: Sage.
- Ray SC. (2004). Data envelopment analysis: theory and techniques for economics and operations research.. 1st ed. Cambridge University Press.
- Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53–65. doi:10.1016/0377-0427(87)90125-7
- S. Na, L. Xumin and G. Yong (2010) Research on k-means Clustering Algorithm: An Improved k-means Clustering Algorithm. 2010 Third International Symposium on Intelligent Information Technology and Security Informatics, 63-67.

- Tone K. Radial DEA models. In: Tone K (ed.) *Advances in DEA Theory and Applications*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2017. p. 1–10.
- Topak, M. S., & Alacaatlı, Y. (2020). Bankalarda etkinliğin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi: Türkiye'deki kamu, özel ve yabancı sermayeli bankalar üzerine karşılaştırmalı bir araştırma. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(4), 4340-4350.
- Tosunoğlu, B., & Uysal, M. (2012). İso 500'de Yer Alan İmalat Sektöründeki Yabancı Sermaye Payına Sahip Şirketlerin Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçülmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(3-4), 333-344.
- Wu, J. (2012). *Advances in k-means clustering*. Springer Berlin Heidelberg.
- Yakut, E., Harbalıoğlu, M., & Pekkan, N. Ü. (2015). Turizm sektöründe BIST'a kayıtlı işletmelerin veri zarflama analizi ve toplam faktör verimliliği ile finansal performanslarının incelenmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 235-257.
- Yavuz, S., & İşçi, Ö. (2013). Veri Zarflama Analizi İle Türkiye'de Gıda İmalatı Yapan Firmaların Etkinliklerinin Ölçülmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (36).
- Yıldırım, M., & Ayvaz, B. (2019). Ülkelerin lojistik performanslarının veri zarflama analizi ile ölçümü. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(35), 57-73.