



## İğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi

e-ISSN: 2147-6152

Yıl 10, Sayı 26, Nisan 2021

### Makale Adı /Article Name

Yazılım Sektörü İşletmelerinin İşletme Performansının Bulanık Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Analizi


Analysis of Business Performance of Software Sector Companies with Fuzzy Data Envelopment Analysis Method

### Yazarlar/Authors

Muhammed MARUF

Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, m.maruf@ahievran.edu.tr,  ORCID: 0000-0002-5388-639X

Enver ÇAKIN

Dr., KOSGEB KOBİ Uzmanı, KOSGEB İzmir Müdürlüğü, enver.cakin@kosgeb.gov.tr,  ORCID: 0000-0001-7523-8193

### Yayın Bilgisi

Yayın Türü: Araştırma Makalesi

Gönderim Tarihi: 02.06.2020

Kabul Tarihi: 09.01.2021

Yayın Tarihi: 30.04.2021

Sayfa Aralığı: 206-225

### Kaynak Gösterme

Maruf, Muhammed; Çakin, Enver (2021). "Yazılım Sektörü İşletmelerinin İşletme Performansının Bulanık Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Analizi", *İğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, S 26, s.206-225.

(Bu makale, yazar beyanına göre, TR DİZİN tarafından öngörülen "ETİK KURUL ONAYI" gerektirmemektedir.)

## ÖZ

Son yıllarda işletmelerin sürdürülebilir büyüme elde etmesinde yararlandıkları en önemli rekabet araçlarından biri inovasyondur. İnovasyon ile işletmeler üretim, finans ve pazarlama performanslarını önemli derecede arttırabilmektedir. Bu çalışmada İzmir ilinde yazılım sektöründe faaliyet gösteren yirmi işletmenin performans etkinliği sıralaması bulanık veri zarflama analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bulanık etkinlik analizi için girdi değişkenler olarak işletmelerin üniversite işbirliği düzeyi, ürün inovasyonu ve süreç inovasyonu derecelendirme puanları alınmıştır. Çıktı değişkenler olarak ise yazılım geliştirme performansı, pazar performansı ve finansal performans skorları alınmıştır. Girdi ve çıktı değişkenlere ilişkin veriler işletmelere uygulanan bir anket yoluyla elde edilmiştir. Bulanık veri zarflama analizi ile klasik veri zarflama analizi modelleri ile elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada İzmir ilinde yazılım sektöründe faaliyet gösteren yirmi işletmenin işletme performansına göre klasik veri zarflama analizi ve bulanık veri zarflama analizi yöntemi ile sıralanması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Veri Zarflama Analizi, İnovasyon, İşletme Performansı

## ABSTRACT

In recent years, innovation is one of the most important competitive tools used by businesses to achieve sustainable growth. Thanks to innovation, companies can significantly increase their production, finance and marketing performance. In this study, fuzzy data envelopment analysis method was used to determine the performance efficiency of twenty companies operating in software sector in İzmir. For the fuzzy efficiency analysis, university cooperation level, product innovation and process innovation rating scores were taken as input variables. Software development performance, market performance and financial performance scores were taken as output variables. Data on input and output variables were obtained through a questionnaire applied to enterprises. The results obtained with fuzzy data envelopment analysis and classical data envelopment analysis models were examined comparatively. In this study, it is aimed to list the twenty companies operating in the software sector in İzmir province by classical data envelopment analysis and fuzzy data envelopment analysis method.

**Keywords:** Fuzzy Data Envelopment Analysis, Innovation, Business Performance, Software Industry

## 1. Giriş

Küreselleşme ve teknolojik gelişmeler ile birlikte yoğunlaşan rekabet çevresinde işletmeler için hayatta kalmak zorlu bir sürece dönüşmektedir. Değişen çevre koşullarına hızlı bir şekilde adapte olan ve çevresel gelişmelere göre stratejik planlarını yapan işletmelerin daha başarılı olmaları kaçınılmazdır. Günümüzde rekabet faktörleri geçmişe kıyasla önemli ölçüde değişmiş, sadece maliyet ve kalite ile sürdürülebilir bir gelişme göstermek olanaksız hale gelmiştir. Bu sebeple klasik rekabet faktörlerine ek olarak işletmelerin inovatif faaliyetler yapmaları, Ar-Ge çalışmalarına gereken önem vermeleri bir zorunluluk olmuştur. Ar-Ge çalışmaları ile işletmeler bilgi birikimini arttırmakta ve yeni ürün tasarımlarında, yeni ürün geliştirme süreçlerinde bu bilgileri kullanarak katma değerli ürün üretebilmektedir. Yeni bir ürün, süreç, üretim yöntemi, pazarlama yöntemi geliştiren, hem işletme içerisinde hem de işletme dışında bu yenilikleri uygulayan işletmeler karlılıkları, verimliliklerini ve pazar paylarını önemli derecede arttırabilmektedir. Böylelikle

inovasyon yoluyla işletmelerin her alandaki performansları olumlu gelişim göstermektedir.

Bilgi çağını yaşadığımız günümüzde bilgi tüm sektörlerde ve toplumda stratejik bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte bilginin üretilmesi, kullanılması ve paylaşılması geçmişe kıyasla çok daha büyük boyutlara ulaşmıştır. Yazılım sektörü de bilgi, iletişim teknolojileri pazarında önemli bir yer tutan, katma değeri yüksek ürünlerin üretildiği ve geliştirildiği bir sektördür. TÜBİSAD'ın 2017 yılında yaptığı çalışmaya göre ülkemizde bilgi ve iletişim teknolojileri sektörü 32,1 milyar ABD doları toplam büyüklüğe sahiptir. Toplam 128.000 kişinin istihdam edildiği bilgi ve iletişim sektörü ihracatı 1,3 milyar ABD doları olarak görülmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri pazar büyüklüğünün yaklaşık 11,3 milyar ABD dolarlık kısmını bilgi teknolojileri alt başlığı oluşturmaktadır. Bu başlık temel olarak donanım, yazılım ve hizmet olarak üç ana grup altında değerlendirilebilir. Yazılım sektörü alt başlığı 5,2 milyar ABD doları sektör büyüklüğüne sahiptir. İhracat sayılarına bakıldığında yazılım 898 milyon ABD doları ile ülkemizin toplam ihracatı içinde yaklaşık % 0,57'lik paya sahiptir. 2018 Aralık ayı itibariyle de yazılım sektöründe toplam 8823 adet işletme faaliyet göstermektedir<sup>1</sup>. Hem bilgi ve iletişim teknolojileri hem de tüm sektörler içerisinde istihdam ve ihracat büyüklüğü sürekli artış sağlayan yazılım sektörü imalat, hizmet, ticaret alanında faaliyet gösteren diğer işletmelere önemli ürün ve hizmetler sunarak onların da gelişmesine büyük katkı sağlamaktadır. Bu nedenle yazılım sektöründeki işletmelerin müşteri taleplerine göre sürekli olarak yeni ürün ve hizmet geliştirerek pazara sunmaları gerekmektedir.

Bu çalışmada yazılım sektöründe faaliyet gösteren işletmeler bulanık veri zarflama analizi yöntemi ile performans etkinlik düzeylerine göre sıralanmıştır. Bulanık mantık yaklaşımı ile dilsel değişkenler de probleme dahil edilerek klasik VZA'daki değişkenlerin nicel olma zorunluluğunun ortadan kaldırılması, sözel değişkenlerin kullanımı ile daha tutarlı sonuçlara ulaşılabilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca bulanık VZA ile elde edilen sonuçlar klasik VZA ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu doğrultuda öncelikle konu ile ilgili literatür taraması yapılarak kullanılan yöntemin teorik yapısı açıklanmıştır. Son

<sup>1</sup> TBD Küresel Gelişmeler Raporu, Erişim Tarihi: 12.08.2019, <https://www.tbd.org.tr/wp-content/uploads/2019/02/2018-kuresel-gelismeler-raporu.pdf>

bölümde ise inovasyon ve performans ilişkisini ele alan uygulama bölümü aktarılmıştır.

Literatür incelendiğinde, inovasyonun ve inovasyon türlerinin işletmelerin üretim, pazarlama, finans gibi birçok performans göstergesine etkilerinin analiz edildiği, inovasyon ve örgütsel performans arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmalar mevcuttur. Prajogo<sup>2</sup>, inovasyon ile performans arasındaki ilişkileri incelemiş ve imalat ile hizmet işletmelerini karşılaştırmalı olarak analiz etmiştir. Analiz sonucunda inovasyon ile performans arasındaki ilişkinin imalat işletmelerinde hizmet işletmelerinden daha güçlü olduğunu belirlemiştir. Yavuz<sup>3</sup>, yaptığı çalışmada işletmeler tarafından gerçekleştirilen inovasyon türlerinin örgütsel performansa olan etkilerini boylamsal vaka analiziyle incelemiştir. Çalışma neticesinde, organizasyonel inovasyonun diğer inovasyon türlerini de harekete geçirerek örgütsel performansı olumlu olarak etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Günday vd.<sup>4</sup>, inovasyon türlerinin firma performansına etkisini araştırmışlardır. İnovasyon türleri olarak ürün, süreç, organizasyonel ve pazarlama inovasyonunun ele alındığı çalışma 184 imalatçı firma üzerinde uygulanmıştır. Çalışma sonucunda ürün, organizasyonel ve pazarlama inovasyonunun inovasyon performansını olumlu etkilediğini, inovasyon performansının pazar performansını, pazar performansının da finansal performansını olumlu yönde etkilediğini belirlenmiştir.

Çiçek ve Onat<sup>5</sup>, inovasyon odaklı faaliyetlerin girdi firma performansının çıktı olarak ele alındığı bir Veri Zarflama Analizi uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarını BIST’te işlem gören bilişim ve teknoloji sektöründeki işletmeler üzerinde uygulamışlardır. Hassan vd.<sup>6</sup>, inovasyon türlerinin firma performansına etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel inovasyonun işletme performansı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu vurgulanmıştır.

---

<sup>2</sup> Prajogo, “The Relationship between Innovation and Business Performance—A Comparative Study between Manufacturing and Service Firms”, s. 218-225

<sup>3</sup> Yavuz, “İşletmelerde İnovasyon-Performans İlişkisinin İncelenmesine Dönük Bir Çalışma”, s. 143-173

<sup>4</sup> Günday, Ulusoy, Kılıç, Alpkan, “Effects of innovation types on firm performance”, s. 662-676

<sup>5</sup> Çiçek, Onat, “İnovasyon Odaklı Faaliyetlerin Firma Performansına Etkisinin Veri Zarflama Analizi İle Belirlenmesi; İMKB Üzerine Bir Araştırma”, s. 46-53

<sup>6</sup> Hassan, Shaukat, Nawaz, Naz, “Effects of Innovation Types on Firm Performance: an Empirical Study on Pakistan’s Manufacturing Sector”, s. 243-262

Karabulut<sup>7</sup>, imalat sanayi firmalarında uygulanan inovasyon çeşitlerinin performansa olan etkilerini incelemiştir. Analiz sonucunda ürün, süreç ve organizasyonel inovasyonun finansal performansı, müşteri performansı, içsel iş süreçleri performansı ve öğrenme-büyüme performansını olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca pazarlama inovasyonunun finansal performans, müşteri performansı ve içsel iş süreçleri performansı üzerinde pozitif bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Karlsson ve Tavassoli<sup>8</sup>, İsveç'te faaliyet gösteren işletmelerin inovasyon stratejisi ve firma performansı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada, ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel inovasyon türlerinin kombinasyonunu uygulayan işletmelerin, sadece bir adet inovasyon stratejisi uygulayan işletmelere göre verimliliklerin daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dattoma ve Pacci<sup>9</sup>, ürün inovasyonunun işletme performansına etkisini Genelleştirilmiş Eğilim Puanı ile belirlemiştir. Araştırma sonuçları ürün inovasyonu yoğunluğu yüksek düzeyde olan işletmelerin karlılık oranlarının daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Gürkan ve Gürkan<sup>10</sup>, yaptıkları çalışmada işletmelerin yenilikçilik düzeyi ile finansal performans arasındaki ilişkiyi panel veri analizi yöntemi ile incelemiştir. Çalışmada BIST Kurumsal Yönetim Endeksi'nde işlem gören 20 adet işletmeyi ele alınmıştır. Analizler sonucunda, yenilikçilik düzeyi ile finansal performans arasında doğru yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayar ve Erdil<sup>11</sup>, inovasyon ve Ar-Ge faaliyetlerinin işletmelerin ihracat performansı üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Çalışmanın verilerini CATI yöntemi ile 313 işletmeden toplamışlar ve analizleri sonucunda Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin ihracat performansı üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Erdil vd.<sup>12</sup>, birleşme ve satın alma işlemleri üzerine inovasyon performansı ile rekabet gücü, firma performansı ve ihracat performansı arasındaki ilişkileri

---

<sup>7</sup> Karabulut, "Effects of Innovation Types on Performance of Manufacturing Firms in Turkey", s. 1355-1364

<sup>8</sup> Karlsson, Tavassoli, "Innovation Strategies and Firm Performance", s. 1-32

<sup>9</sup> Dattoma, Pacci, "Evaluating the Effects of Product Innovation on the Performance of European Firms by Using the Generalised Propensity Score", s. 94-112

<sup>10</sup> Gürkan, Gürkan, "Yenilikçilik Kavramının İşletmelerin Finansal Performansı Üzerindeki Etkisi", s. 213-226

<sup>11</sup> Ayar ve Erdil, "İnovasyon ve Ar-Ge Faaliyetlerinin İhracat Performansına Etkisi: Türk İşletmeleri Üzerine Algısal Bir Araştırma", s. 45-65

<sup>12</sup> Erdil, Aydoğan, Ayar, Güvendik, Diler, Gusinac, "İnovasyon Performansının Rekabet Gücü, Firma Performansı ve İhracat Performansı Üzerindeki Etkisi: Birleşme ve Satın Alma İşlemleri Üzerine Bir Araştırma", s. 137-166

incelemiştirlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, birleştirme ve satın alma işlemi gerçekleştirmiş işletmelerin inovasyon performansının, firma performansı, ihracat performansı ve rekabet gücü üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Howell<sup>13</sup>, Çin’de faaliyet gösteren işletmelerin inovasyon ve firma performansı arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışma sonucunda, öğrenmenin firmaların inovasyon çıktılarını arttırdığını ve özellikle yüksek inovasyon kapasitesine sahip işletmelerin performanslarının olumlu yönde arttığını belirlemiştir. Rajapathirana ve Hui<sup>14</sup>, inovasyon kapasitesi, inovasyon türleri ve firma performansı arasındaki ilişkileri Yapısal Eşitlik Modeli ile incelemiştirlerdir. Çalışma, Sri Lanka’da faaliyet gösteren 379 sigorta şirketi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda inovasyon kapasitesi güçlü olan işletmelerin daha iyi inovasyon çıktıları ortaya koyduğunu bunun da işletmelerin performansını daha olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Wang<sup>15</sup>, KOBİ’lerde teknolojik inovasyon ile firma performansı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. KOBİ’lerde radikal inovasyon stratejilerinin firma performansını pozitif olarak etkilediğini belirlemiştir.

## 2. Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama analizi benzer girdi ve çıktılar üreten birden fazla biriminin görece etkinliğini ölçmeye yarayan bir yöntemdir<sup>16</sup>. Veri zarflama analizi benzer niteliklere sahip organizasyonel birimlerinin görece etkinliğini ölçmeye yarayan bir ölçüm yöntemidir ve etkinlik skoru aşağıdaki şekilde ifade edilir<sup>17</sup>.

$$Etkinlik = \frac{\text{Ağırlıklandırılmış Çıktılar Toplamı}}{\text{Ağırlıklandırılmış Girdiler Toplamı}} \quad (1)$$

Tüm etkinlik skorları “0” ile “1” arasında değer alır. Etkinlik değeri “1” e eşit olan karar verme birimleri etkin kabul edilir<sup>18</sup>. Veri zarflama modelleri sabit girdi ile en yüksek çıktıyı alma varsayımı ile uygulandığında “Çıktı odaklı” olarak, en az girdi ile belirli bir çıktıyı elde etme varsayımı ile uygulandığı zaman “Girdi

<sup>13</sup> Howell, “Innovation And Firm Performance In The People’s Republic Of China: A Structural Approach With Spillovers”, s. 1-31

<sup>14</sup> Rajapathirana ve Hui , “Relationship between innovation capability, innovation type, and firm performance”, s. 44-55

<sup>15</sup> Wang, “Association between technological innovation and firm performance in small and medium-sized enterprises: The moderating effect of environmental factors”, s. 1-15

<sup>16</sup> Tütek, Gümüsoğlu, Özdemir, “Sayısal Yöntemler Yönetmelik Yaklaşım”, s. 223

<sup>17</sup> Bal, “Vakıf Üniversitelerinde Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Belirlenmesi”, s. 4

<sup>18</sup> Kelly, Shaloo, Geary, Kinsella & Wallace, Michael, “Application of data Envelopment Analysis to Measure Technical Efficiency on a Sample of Irish Dairy Farms”, s. 65

odaklı” olarak ifade edilir<sup>19</sup> . Veri zarflama analizi açısından önem ifade eden kavramlardan birisi “Ölçeğe göre getiri” kavramıdır. Tüm girdiler aynı oranda değişmesi durumunda çıktıda yaşanan değişim ölçeğe göre getiri kavramı ile ifade edilir. Kullanılan tüm girdilerde aynı anda değişim yaşanması çıktılarda aynı yönde, aynı oranda değişime neden oluyorsa “Ölçeğe göre sabit getiri” durumu söz konusudur. Girdilerde yaşanan değişim çıktılarda aynı yönde daha fazla oranda değişime neden oluyorsa “Ölçeğe göre artan getiri”, aynı yönde daha düşük oranda değişime neden oluyorsa “Ölçeğe göre azalan” getiri durumu söz konusudur<sup>20</sup>.

Literatürde çok sayıda veri zarflama analizi modeli mevcuttur. Literatürde en yaygın şekilde kullanılan CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı ile uygulanırken, BCC (Banker, Charnes, Cooper) modeli ölçeğe göre değişken getiri varsayımı ile uygulanır<sup>21</sup>. Çarpan model olarak da adlandırılan girdi odaklı doğrusal CCR modeli aşağıdaki şekilde gösterilir<sup>22</sup> .

Amaç Fonksiyonu:

$$Maks \eta_k = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} \quad (2)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m w_i x_{ik} = 1$$
$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m w_i x_{ij} \leq 0 \quad (j = 1 \dots n)$$
$$\mu_r, w_i \geq \varepsilon > 0 \quad (r = 1 \dots s) \text{ ve } (i = 1 \dots m)$$

### 3. Bulanık Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama analizi literatürde çok yaygın kullanılan bir etkinlik analizi yöntemi olmasına rağmen, etkinlik ölçümü için kullanılacak verilerin doğru olması ve kesin olarak bilinmesi gerekmektedir. Ancak pratikte etkinlik analizinde

<sup>19</sup> Günay, “BIST’de İşlem Gören KOBİ Gıda İşletmelerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi İle Etkinliklerinin Ölçülmesi”, s.18

<sup>20</sup> Küçük, “Faktör Esnekliği ve Ölçeğe Göre Getiri: Kobi’lerde Karşılaştırmalı Bir Cobb – Douglas Üretim Fonksiyonu Uygulaması”, s. 354

<sup>21</sup> Coelli, Rao, O’Donnell & Battese, “An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis”, s. 162;172

<sup>22</sup> Tütek, Gümüsoğlu, Özdemir, age, s. 233

kullanılacak girdi ve çıktıların değerleri her zaman tam ve doğru olarak bilinmemektedir. Buna benzer durumlarda karar verme birimlerinin görelî etkinlik analizinin yapılabilmesi için bulanık veri zarflama analizi modelleri geliştirilmiştir<sup>23</sup>. Bulanık veri zarflama analizi girdi ve çıktılar açısından belirsizlik veya tam belirlenememe durumlarının söz konusu olduğu karar verme birimleri için görelî etkinlik ölçümü sağlar<sup>24</sup>.

İlk bulanık veri zarflama analizi modeli Sengupta (1992) tarafından geliştirilmiştir. Günümüzde literatürde çok sayıda veri zarflama analizi modeli yer almaktadır<sup>25</sup>. Bulanık veri zarflama analizi modellerinde kullanılan veriler sıralı veriler, kesin değeri bilinen veriler, hiçbir şekilde elde edilememiş veriler olmak üzere dört gruba ayrılır. Sıralı veriler büyük, küçük veya önemli, çok önemli gibi sıralı ilişkilerin söz konusu olduğu veriler olarak ifade edilmektedir. Sınırlandırılmış veriler, alt ve üst sınırı, üyelik fonksiyonu bilinen verileri, kesin değeri bilinen veriler bulanık olmayan arı verileri, elde edilememiş veriler ise kayıp verileri ifade etmektedir. Bulanık veri zarflama analizi modelleri, modelde kullanılan verilere göre üç başlık halinde sınıflandırılır. Söz konusu sınıflandırma; Sıralı ve kesin değeri bilinen veriler için veri zarflama analizi modelleri, Sıralı, sınırlandırılmış ve kesin değeri bilinen veriler için veri zarflama analizi modelleri, Sınırlandırılmış ve kesin değeri bilinen veriler için veri zarflama analizi modelleri olarak ifade edilmektedir<sup>26</sup>. Bu çalışmada görelî etkinlik analizi için sıralı veriler kullanılacaktır. Bu nedenle hem sıralı hem de sınırlandırılmış veriler için uygulanan Despotis – Smirlis modeli tercih edilmiştir. “s” adet kesin değeri bilinen çıktı, “w” adet sıralı çıktı, “m” adet kesin değeri bilinen girdi ve “f” adet sıralı girdiye sahip olan z. karar verme birimi varsayılınsın. Kesin değeri bilinen, sıralı veriler için girdi odaklı doğrusal CCR modeli aşağıdaki şekilde formüle edilir<sup>27</sup>.

<sup>23</sup> Oruç, Güngör, Demiral, “Üniversitelerin Etkinlik Ölçümünde Bulanık Veri Zarflama Analizi Uygulaması”, s.280

<sup>24</sup> Azadeh, Fam, & Nazifkar, “The Evaluation and Improvement of Safety Behaviours Among Contractors of a Large Steel Manufacturing Company by Fuzzy Data Envelopment Analysis” s.824

<sup>25</sup> Emrouznejad & Tavana, “Performance Measurement With Fuzzy Data Envelopment Analysis”s, s. 2

<sup>26</sup> Güngör, Oruç, “Bulanık Veri Zarflama Analizi Modellerinin Karşılaştırılması: Sıralı ve Sınırlandırılmış Bulanık Veriler İçin”, s.19

<sup>27</sup> Oruç, “Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama”, s. 66



Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Maks} \sum_{r=1}^s u_r y_{rz}^L + \sum_{h=1}^w u_r y_{hz} \quad (3)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{iz}^L + \sum_{b=1}^f v_i x_{bz} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L + \sum_{h=1}^w u_r y_{hj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L + \sum_{b=1}^f v_i x_{bj} \leq 0$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad j = 1 \dots n, \quad r = 1 \dots s, \quad i = 1 \dots m, \quad h = 1 \dots w, \quad b = 1 \dots f$$

*Ardışık iki sıralı girdinin farkı  $\geq 10^{-6}$*   
*Ardışık iki sıralı çıktının farkı  $\geq 10^{-6}$*

#### 4. Uygulama

Uygulama çerçevesinde İzmir ilinde yazılım sektöründe faaliyet gösteren 20 yazılım işletmesinin performans etkinliği analiz edilmiştir. Etkinlik analizi için bulanık veri zarflama analizi modellerinden kesin değeri bilinen ve sıralı veriler için uygulanan Despotis – Smirlis modeli kullanılmıştır. Bulanık etkinlik analizi için girdi değişkenler olarak; üniversite işbirliği düzeyi, ürün inovasyonu ve süreç inovasyonu skorları, çıktı değişkenler olarak ise; yazılım geliştirme performansı, pazar performansı ve finansal performans skorları kullanılmıştır. Girdi değişkenlerden ürün inovasyonu ve süreç inovasyonu değişkenleri kesin değeri bilinen değişkenler olarak, üniversite ile işbirliği düzeyi değişkeni ise sıralı değişken olarak ele alınmıştır. Çıktı değişkenler ise kesin değeri bilinen değişkenler olarak kullanılmıştır. Ayrıca klasik veri zarflama analizi yöntemi ile de etkinlik analizi yapılmış ve her iki yöntemle elde edilen sonuçlara göre yapılan sıralama sonuçlarına Pearson sıra korelasyonu analizi uygulanarak sonuçların benzerliği analiz edilmiştir. Girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin veriler Günday vd.<sup>28</sup> (2011) tarafından uygulanan bir anket formu yoluyla elde edilmiştir. Etkinlik analizinde kullanılan girdi ve çıktı değişken değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

<sup>28</sup> Günday, Ulusoy, Kılıç, Alpkın, agm, s. 662-676

**Tablo 1:** Girdi ve Çıktı Değişken Değerleri

	GİRDİ			ÇIKTI		
	ÜRÜN İNOV.	SÜREÇ İNOV.	Ü. İŞBİRLİĞİ (SIRALI)	YAZILIM GEL. PER.	PAZARLAMA PER.	FİNANS PER.
1	3,4	3	$X_{1,1}$	3,67	3	4
2	4,6	4,5	$X_{2,1} < X_{1,1}$	4	3,67	4
3	4,6	4,5	$X_{3,1} = X_{2,1}$	3,67	4,33	4
4	2,4	3,5	$X_{4,1} = X_{1,1}$	2,67	2,33	2,5
5	2,6	3,25	$X_{5,1} = X_{1,1}$	3	2,67	2,5
6	4,8	4,75	$X_{6,1} = X_{1,1}$	3,67	4	4,5
7	3,8	4	$X_{7,1} = X_{1,1}$	4	4	3,5
8	4	3,5	$X_{8,1} < X_{2,1}$	3,33	4,67	4,5
9	3,8	3,5	$X_{9,1} = X_{1,1}$	3	2,33	3
10	3,8	4	$X_{10,1} = X_{1,2}$	4,33	3,67	4
11	5	4,75	$X_{11,1} = X_{1,1}$	3	5	3
12	5	5	$X_{12,1} < X_{2,1}$	4,67	4	4
13	4	3,75	$X_{13,1} = X_{2,1}$	4,33	3,67	4
14	4,8	4,75	$X_{14,1} = X_{1,1}$	4,67	4,67	5
15	4,6	4,5	$X_{15,1} = X_{2,1}$	3,67	5	5
16	3,6	4,25	$X_{16,1} = X_{1,1}$	3,33	3,33	3,5
17	2,6	3,5	$X_{17,1} = X_{1,1}$	3,33	3,67	3,5
18	4,4	3,75	$X_{18,1} = X_{12,1}$	2,67	3,67	4,5
19	2,6	3,5	$X_{19,1} = X_{2,1}$	2,33	3	2,5
20	3,2	3,75	$X_{20,1} = X_{2,1}$	4	3,67	3

Tablo 1’de yer alan kesin değeri bilinen değişkenlere ilişkin ölçüm beşli likert ölçeği ile yapılmış, sıralı veri olarak ele alınan üniversite ile işbirliği düzeyi değişkeni ise “Düşük”, “Orta” ve “Yüksek” şeklinde sözel seçenekli olarak değerlendirilmiştir. Anket formundan elde edilen verilere göre, ürün inovasyonu, süreç inovasyonu, yazılım geliştirme performansı, pazar performansı ve finansal performans değişken değerleri boyutlara ilişkin ifadelerin skorlarının ortalamaları alınarak bulunmuştur. Tablo 1’de verilen girdi ve çıktı değişkenler kullanılarak oluşturulacak 1. İşletme için girdi odaklı doğrusal Despotis - Smirlis bulanık veri zarflama analizi modeli aşağıdaki şekilde oluşturulur.

Amaç Fonksiyonu:

$$Maks = 3,67u_1 + 3u_2 + 4u_3$$

Kısıtlar:

$$3,4v_1 + 3v_2 + X_{1,1} = 1 \quad (4)$$

$$3u_1 + 3u_2 + 4u_3 - (3,4v_1 + 3v_2 + X_{1,1}) \leq 0$$

$$4u_1 + 3,67u_2 + 4u_3 - (4,6,4v_1 + 4,5v_2 + X_{2,1}) \leq 0$$

$$3,67u_1 + 4,33u_2 + 4u_3 - (4,6v_1 + 4,5v_2 + X_{3,1}) \leq 0$$

$$2,67u_1 + 2,33u_2 + 2,5u_3 - (2,4v_1 + 3,5v_2 + X_{4,1}) \leq 0$$

$$3u_1 + 2,67u_2 + 2,5u_3 - (2,6v_1 + 3,25v_2 + X_{5,1}) \leq 0$$

$$3,67u_1 + 4u_2 + 4,5u_3 - (4,8v_1 + 4,75v_2 + X_{6,1}) \leq 0$$

$$4u_1 + 4u_2 + 3,5u_3 - (3,8v_1 + 4v_2 + X_{7,1}) \leq 0$$

$$3u_1 + 2,33u_2 + 3u_3 - (3,8v_1 + 3,5v_2 + X_{8,1}) \leq 0$$

$$3u_1 + 2,33u_2 + 3u_3 - (3,8,4v_1 + 3,5v_2 + X_{9,1}) \leq 0$$

$$4,33u_1 + 3,67u_2 + 4u_3 - (3,8v_1 + 4v_2 + X_{10,1}) \leq 0$$

$$3u_1 + 5u_2 + 3u_3 - (5v_1 + 4,75v_2 + X_{11,1}) \leq 0$$

$$4,67, u_1 + 4u_2 + 4u_3 - (5v_1 + 5v_2 + X_{12,1}) \leq 0$$

$$4,33u_1 + 3,67u_2 + 4u_3 - (4,33v_1 + 3,67v_2 + X_{13,1}) \leq 0$$

$$4,67u_1 + 4,67u_2 + 5u_3 - (4,8v_1 + 4,75v_2 + X_{14,1}) \leq 0$$

$$3,67u_1 + 5u_2 + 5u_3 - (4,6v_1 + 4,5v_2 + X_{15,1}) \leq 0$$

$$3,33u_1 + 3,33u_2 + 3,5u_3 - (3,6v_1 + 4,25v_2 + X_{16,1}) \leq 0$$

$$3,33, u_1 + 3,67u_2 + 3,5u_3 - (2,6v_1 + 3,5v_2 + X_{17,1}) \leq 0$$

$$2,67u_1 + 3,67u_2 + 4,5u_3 - (4,4v_1 + 3,75v_2 + X_{18,1}) \leq 0$$

$$2,33u_1 + 3u_2 + 2,5u_3 - (2,6v_1 + 3,5v_2 + X_{19,1}) \leq 0$$

$$4u_1 + 3,67u_2 + 3u_3 - (3,2v_1 + 3,75v_2 + X_{20,1}) \leq 0$$

$$X_{2,1} < X_{1,1} \quad X_{3,1} = X_{2,1} \quad X_{4,1} = X_{1,1} \quad X_{5,1} = X_{1,1}$$

$$X_{12,1} < X_{2,1} \quad X_{8,1} = X_{2,1} \quad X_{9,1} = X_{1,1} \quad X_{10,1} = X_{1,2}$$

$$X_{6,1} = X_{2,1} \quad X_{7,1} = X_{1,1} \quad X_{11,1} = X_{1,1} \quad X_{16,1} = X_{1,1}$$

$$X_{17,1} = X_{1,1} \quad X_{13,1} = X_{12,1} \quad X_{14,1} = X_{1,1} \quad X_{15,1} = X_{2,1}$$

$$X_{18,1} = X_{12,1} \quad X_{19,1} = X_{2,1} \quad X_{20,1} = X_{2,1} \quad X_{2,1} - X_{12,1} \geq 10^{-6}$$

$$X_{1,1} - X_{2,1} \geq 10^{-6} \quad u_r, v_i \geq \quad r = 1 \dots s, \quad i = 1 \dots m,$$

$\varepsilon$

*Ardışık iki sıralı girdinin farkı  $\geq 10^{-6}$*

$u_i$ : Kesin değeri bilinen i. çıktının ağırlık değeri

$v_j$ : Kesin değeri bilinen j. girdinin ağırlık değeri

$X_{r,k}$ : r. karar verme birimi için k. sıralı girdinin değeri

İkinci ve sonrasındaki karar verme birimleri için oluşturulacak modelde sadece amaç fonksiyonu ve ilk kısıt söz konusu karar verme biriminin girdi ve çıktı değişken değerlerine göre değişir, diğer kısıtlar aynı kalır. Tüm işletmeler için kurulan modeller ayrı ayrı çözümlenerek tüm işletmeler için performans etkinlik skorları belirlenmiştir. Despotis – Smirlis modeli ile yapılan etkinlik analizi sonuçlarına göre; etkinlik analizi yapılan yirmi işletmeden on bir tanesi performans etkinliğine ulaşmış görünmektedir. Etkin çıkan karar verme birimlerinin kendi içerisinde etkinlik skorlarına göre sıralanabilmesi için. Andersen ve Petersen (1993) tarafından geliştirilen süper etkinlik modeli uygulanmıştır. Süper etkinlik modelinde doğrusal programlama formundaki veri zarflama analizi modelinde yer alan ve etkinlik skorlarının maksimum “1” olmasını sağlayan “5” nolu formülde yer alan kısıt etkinlik analizi yapılan karar verme birimi için oluşturulan modelde yer almaz<sup>29</sup>.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L + \sum_{h=1}^w u_r y_{hj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L + \sum_{b=1}^f v_i x_{bj} \leq 0 \quad (5)$$

Böylece etkin olarak belirlenen bir karar verme birimi için süper etkinlik skoru “1” değerinden büyük çıkar ve etkin karar verme birimlerinin sıralanması mümkün olur. Etkin olarak belirlenen karar verme birimleri için süper etkinlik modelinin uygulanmasından sonra firmalar performans etkinlik değerlerine göre sıralanmıştır. İşletmelerin etkinlik değerlerine göre sıralaması Tablo 2’de verilmiştir. Etkinlik değeri “1” olarak görünen işletmeler için parantez içerisinde verilen değer, etkin işletmeler için hesaplanan süper etkinlik skorudur.

**Tablo 2:** Bulanık Veri Zarflama Analizi Etkinlik Sonuçları ve Sıralama Değerleri

FİRMA NO	ETKİNLİK KATSAYISI	SIRA NO
1	1 (1,006)	10
2	0,933	15
3	0,931	16
4	0,867	18
5	0,907	17
6	0,942	14

<sup>29</sup> Özdemir, Demireli, “Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi ile Mevduat Bankalarının Etkinlik Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama”, s. 223

7	0,966	13
8	1 (1,2)	3
9	0,723	20
10	1 (1,05)	9
11	1 (1)	11
12	1 (1,089)	8
13	1 (1,267)	2
14	1 (1,116)	6
15	1 (1,111)	7
16	0,841	19
17	1 (1,268)	1
18	1 (1,124)	5
19	0,991	12
20	1 (1,144)	4

İşletmelerin performansının bulanık veri zarflama analizi ile analiz edilmesinden sonra bulanık etkinlik analizi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırmak amacıyla işletme performansları klasik veri zarflama analizi ile de analiz edilmiştir. Bulanık etkinlik analizi için sıralı veri şeklinde kullanılan “Üniversite işbirliği düzeyi” değişkeni klasik veri zarflama analizi için “Düşük” ifadesi “1”, “Yüksek” ifadesi “3” değerini alacak şekilde kesin değeri bilinen sayısal veri olarak ele alınmıştır. Tablo 1’de yer alan girdi ve çıktı değişkenler kullanılarak 1. İşletme için oluşturulacak doğrusal girdi odaklı CCR model aşağıdaki formüle edilir.

Amaç Fonksiyonu:

$$Maks = 3,67u_1 + 3u_2 + 4u_3$$

Kısıtlar:

$$3,4v_1 + 3v_2 + 3 = 1 \quad (6)$$

$$3u_1 + 3u_2 + 4u_3 - (3,4v_1 + 3v_2 + 3) \leq 0$$

$$4u_1 + 3,67u_2 + 4u_3 - (4,6,4v_1 + 4,5v_2 + 2) \leq 0$$

$$3,67u_1 + 4,33u_2 + 4u_3 - (4,6v_1 + 4,5v_2 + 2) \leq 0$$

$$2,67u_1 + 2,33u_2 + 2,5u_3 - (2,4v_1 + 3,5v_2 + 3) \leq 0$$

$$3u_1 + 2,67u_2 + 2,5u_3 - (2,6v_1 + 3,25v_2 + 3) \leq 0$$

$$\begin{aligned}3,67u_1 + 4u_2 + 4,5u_3 - (4,8v_1 + 4,75v_2 + 2) &\leq 0 \\4u_1 + 4u_2 + 3,5u_3 - (3,8v_1 + 4v_2 + 3) &\leq 0 \\3u_1 + 2,33u_2 + 3u_3 - (3,8v_1 + 3,5v_2 + 2) &\leq 0 \\3u_1 + 2,33u_2 + 3u_3 - (3,8,4v_1 + 3,5v_2 + 3) &\leq 0 \\4,33u_1 + 3,67u_2 + 4u_3 - (3,8v_1 + 4v_2 + 2) &\leq 0 \\3u_1 + 5u_2 + 3u_3 - (5v_1 + 4,75v_2 + 3) &\leq 0 \\4,67, u_1 + 4u_2 + 4u_3 - (5v_1 + 5v_2 + 1) &\leq 0 \\4,33u_1 + 3,67u_2 + 4u_3 - (4,33v_1 + 3,67v_2 + 1) &\leq 0 \\4,67u_1 + 4,67u_2 + 5u_3 - (4,8v_1 + 4,75v_2 + 3) &\leq 0 \\3,67u_1 + 5u_2 + 5u_3 - (4,6v_1 + 4,5v_2 + 2) &\leq 0 \\3,33u_1 + 3,33u_2 + 3,5u_3 - (3,6v_1 + 4,25v_2 + 3) &\leq 0 \\3,33, u_1 + 3,67u_2 + 3,5u_3 - (2,6v_1 + 3,5v_2 + 3) &\leq 0 \\2,67u_1 + 3,67u_2 + 4,5u_3 - (4,4v_1 + 3,75v_2 + 1) &\leq 0 \\2,33u_1 + 3u_2 + 2,5u_3 - (2,6v_1 + 3,5v_2 + 2) &\leq 0 \\4u_1 + 3,67u_2 + 3u_3 - (3,2v_1 + 3,75v_2 + 2) &\leq 0 \\u_i: i. çıktının ağırlık değeri & u_i : \geq \varepsilon \\v_j: j. girdinin ağırlık değeri & v_j : \geq \varepsilon\end{aligned}$$

İkinci ve sonrasındaki karar verme birimleri için oluşturulacak modelde sadece amaç fonksiyonu ve ilk kısıt söz konusu karar verme biriminin girdi ve çıktı değişken değerlerine göre değişir, diğer kısıtlar aynı kalır. Tüm işletmeler için kurulan modeller ayrı ayrı çözümlenerek tüm işletmeler için performans etkinlik skorları belirlenmiştir. Veri zarflama analizi modeli ile yapılan etkinlik analizi sonuçlarına göre; yirmi işletmeden yedi tanesi performans etkinliğine ulaşmış görünmektedir. Etkin çıkan karar verme birimlerinin kendi içerisinde etkinlik skorlarına göre sıralanabilmesi için. Andersen ve Petersen (1993) tarafından geliştirilen süper etkinlik modeli uygulanmış, işletmeler için performans etkinlik değerleri belirlenmiş ve işletmeler etkinlik değerlerine göre sıralanmıştır. İşletmelerin klasik veri zarflama analizi modeli ile hesaplanan etkinlik değerlerine göre sıralaması Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3:** Veri Zarflama Analizi Etkinlik Sonuçları ve Sıralama Değerleri

FİRMA NO	ETKİNLİK KATSAYISI	SIRA NO
1	1 (1,146)	4
2	0,7933	18
3	0,86	16
4	0,96	10
5	0,912	13
6	0,864	15
7	0,942	11
8	1 (1,2)	3
9	0,718	20
10	0,99	9
11	0,83	17
12	1 (1,091)	6
13	1 (1,221)	2
14	0,916	12
15	0,992	8
16	0,792	19
17	1 (1,262)	1
18	1 (1,125)	5
19	0,910	14
20	1 (1,072)	7

Her iki yöntemle elde edilen sonuçlara göre işletmelerin etkinlik sıralamaları arasındaki ilişki düzeyinin analiz edilmesi amacıyla Despotis – Smirlis modeli ve klasik veri zarflama analizi yöntemi ile elde edilen işletme sıralama değerlerine Pearson sıra korelasyonu analizi uygulanmıştır. Tablo 4’de görüldüğü gibi her iki yöntemle elde edilen sonuçlara göre yapılan sıralama değerleri arasında orta düzeyde bir korelasyon bulunmuştur. Bu durum, bulanık etkinlik analizi ve klasik veri zarflama analizi yöntemleri ile elde edilen etkinlik sonuçları arasında kayda değer farklılıklar olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4:** Pearson Sıra Korelasyon Analizi Sonuçları

		DESPOTİS	VZA
DESPOTİS	Korelasyon	1	,605**
	p	.	0,005
VZA	Korelasyon		1
	p		.

## 5. Sonuç

Günümüzde işletmeler varlıklarını sürdürebilmek, pazar paylarını büyütebilmek ve rakiplerine nazaran bir adım önde olabilmek için yeni stratejik araçlar uygulamaya başlamışlardır. Bu stratejik araçlardan en önemlisi işletmelere rekabet avantajı kazandırabilecek nitelikte yenilikçi ve katma değere sahip ürün geliştirebilme yeteneğidir. İşletmeler geçmişe göre Ar-Ge faaliyetlerinin önemin anlamışlar ve Ar-Ge faaliyetlerine daha fazla kaynak ayırmaya başlamışlardır. Ar-Ge faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan inovatif ürünler ile işletmeler önemli düzeyde karlılık artışı elde edebilmektedir. Bu çalışmada yazılım sektöründe faaliyet gösteren işletmeler bulanık veri zarflama analizi yöntemi ile performans etkinlik düzeylerine göre sıralanmıştır. Ayrıca bulanık VZA ile klasik VZA sonuçları da karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Girdi değişkenleri olarak ürün inovasyonu, süreç inovasyonu ve üniversite-sanayi işbirliği, çıktı değişkenleri olarak da yazılım geliştirme performansı, pazarlama performansı ve finans performansı değişkenleri kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre bulanık veri zarflama analizi ile yapılan etkinlik analizi ile 11 işletme performans etkinliğine ulaşmış görünürken, klasik veri zarflama analizi ile yapılan etkinlik analizinde 7 işletme performans etkinliğine ulaşmış olarak bulunmuştur. Literatürde bulanık VZA ve klasik VZA modelleri ile elde edilen sonuçların karşılaştırıldığı çalışmalarda da benzer sonuçlar görülmektedir. Kesin değeri bilinen verilerin kullanıldığı klasik veri zarflama analizi modellerinde veriler arasındaki değer farkı net olarak belirlenebilmektedir. Bu nedenle etkinlik sınırı nispeten daha net belirlenebilmekte ve etkin çıkan karar verme birimi sayısı nispeten daha düşük kalabilmektedir. Sıralı verilerin kullanıldığı bulanık veri zarflama analizi modellerinde sıralı veriler arasındaki büyüklük küçüklük farkları  $10^{-6}$  olarak alınmaktadır. Bu durum karar verme birimlerine



ilişkin etkinlik değeri ayrımının daha yakın olmasına ve etkin çıkan karar verme birimi sayısının nispeten daha fazla olmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte bulanık VZA modellerinin kullanılması ile özellikle dilsel değışkene sahip olan işletme problemlerinde bulanık VZA modelleri kullanılarak etkin sonuçlara ulaşılabilir.

Klasik VZA modelinden elde edilen sonuçlarla bulanık VZA modelinden elde edilen sonuçların benzerliğinin test edilmesi amacıyla iki modelden elde edilen sonuçlar arasında spearman sıra korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre iki modelden elde edilen sıralama değerlerine ilişkin spearman korelasyon katsayısı 0,605 olarak bulunmuştur. İşletmelerin iki modelden elde edilen etkinlik sonuçlarına göre yapılan sıralama değerleri arasında orta düzey bir korelasyon söz konusudur. Bu sonuçlara göre orta düzey korelasyon bulunması iki modelle elde edilen sıralama değerleri arasında kayda değer farklılıklar olduğunu göstermektedir. Nitekim Tablo-2 ve Tablo-3 incelendiğinde klasik VZA ve bulanık VZA modelleri ile elde edilen etkinlik sonuçlarına göre yapılan sıralama değerlerine göre her iki model içinde ilk üç işletmenin aynı olduğu, sonraki sıralama değerlerinde ise kayda değer farklılıklar olduğu görülmektedir.

#### **KAYNAKÇA**

- Ayar, Bahadır & Erdil, Tayyip, Sabri “İnovasyon ve Ar-Ge Faaliyetlerinin İhracat Performansına Etkisi: Türk İşletmeleri Üzerine Algısal Bir Araştırma”, *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 49, 2018, s. 45-68
- Azadeh, Ali, Fam, Mohammad, Iraj & Nazifkar, Nikou, “The Evaluation and Improvement of Safety Behaviours Among Contractors of a Large Steel Manufacturing Company by Fuzzy Data Envelopment Analysis”, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 6, 2010, s. 824
- Bal, Vedat, “Vakıf Üniversitelerinde Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Belirlenmesi”, *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1, s.4
- Coelli, Timoty, J., Rao, Dodla, Sai, Parasado, O’Donnel, Christopher, J., & Battese, George Edward, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, New York. Spriger, 2005, s.162-172
- Çiçek, Hüseyin, & Onat, Osman Kürşat, “İnovasyon Odaklı Faaliyetlerin Firma Performansına Etkisinin Veri Zarflama Analizi İle Belirlenmesi; İMKB Üzerine Bir Araştırma”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7, 2012, s. 46-53

- D'Attoma, Ida, & Pacci, Silvia “Evaluating the Effects of Product Innovation on the Performance of European Firms by Using the Generalised Propensity Score”, *German Economic Review*, 1, 2016, s. 94-112.
- Emrouznejad, Ali & Tavana, Madjid, Performance Measurement With Fuzzy Data Envelopment Analysis, New York, Springer, 2014, s.2.
- Erdil, T., Sabri, Aydoğan, Sibel, Ayar, Bahadır, Güvendik, Özge, Diler, Seren, & Gusinac, Kemal, “İnovasyon Performansının Rekabet Gücü, Firma Performansı ve İhracat Performansı Üzerindeki Etkisi: Birleşme ve Satın Alma İşlemleri Üzerine Bir Araştırma”, *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2, 2018, s. 137-166
- Günay, Burhan, “BİST’de İşlem Gören KOBİ Gıda İşletmelerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi İle Etkinliklerinin Ölçülmesi”, *Akademik Bakış Dergisi*, 47, s.18.
- Günday, Gürhan, Ulusoy, Gündüz, Kılıç, Kemal, & Alpkan, Lütfihak “Effects of Innovation Types on Firm Performance”, *Internatioanl Journal of Production Economics*, 133, 2015, 2011, s. 662–676.
- Güngör, İbrahim & Oruç, Kenan Oğuzhan, “Bulanık Veri Zarflama Analizi Modellerinin Karşılaştırılması: Sıralı ve Sınırlandırılmış Bulanık Veriler İçin”, *Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 1, 2009, s. 19.
- Gürkan, Nurhan & Gürkan, Serkan “Yenilikçilik Kavramının İşletmelerin Finansal Performansı Üzerindeki Etkisi”, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, ICMEB17 Özel Sayısı, 2017, s. 213-226
- Hassan, Mossoud, Ul, Shaukat, Ssadia, Nawaz, Muhammad Saqib. & Naz, Saman, “Effects of Innovation Types on Firm Performance: An Empirical Study on Pakistan’s Manufacturing Sector”, *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 2, 2013, s. 243-262
- Howell, Anthony, “Innovation and Firm Performance In The People’s Republic Of China: A Structural Approach With Spillovers”, *Asian Development Bank Institute Working Paper Series*, 2018, s. 1-27
- Karabulut, Ahu, Tuğba, “Effects of Innovation Types on Performance of Manufacturing Firms in Turkey”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2015, s. 1355-1364
- Kelly, Eoin, Shalloo, Laurence, Geary, Una, Kinsella, Anne & Wallace, Michael, T., “Application of data Envelopment Analysis to Measure Technical

- Efficiency on a Sample of Irish Dairy Farms”, *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 2012, 51, s.65.
- Küçük, Orhan, “Faktör Esnekliği ve Ölçeğe Göre Getiri: Kobi’lerde Karşılaştırmalı Bir Cobb – Douglas Üretim Fonksiyonu Uygulaması”, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2, s. 354
- Oruç, Kenan, Oğuzhan: Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. 2008. s. 66
- Oruç, Kenan, Oğuzhan, Güngör, İbrahim ve Demiral, Mehmet, Fatih, “Üniversitelerin Etkinlik Ölçümünde Bulanık Veri Zarflama Analizi Uygulaması”, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22, 2009, s.280
- Özdemir, Aslı & Demireli, Erhan, “Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi ile Mevduat Bankalarının Etkinlik Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama”, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 19, 2013, s. 223.
- Prajogo, Daniel, I., “The Relationship Between Innovation and Business Performance-A Comparative Study Between Manufacturing and Service Firms”, *Knowledge and Process Management*, 3, 2006, s. 218–225.
- Rajapathirana, R.P., Jayani, ve Hui, Yan, “Relationship Between Innovation Capability, Innovation Type and Firm Performance”, *Journal of Innovation & Knowledge*, 3, 2018, s. 44-55
- Tavassoli, Sam, & Karlsson, Charlie, “Innovation Strategies and Firm Performance”, *The Royal Institute of Technology Centre of Excellence for Science and Innovation Studies*, 401, 2015, s. 1-32
- Türkiye Bilişim Derneği Küresel Gelişmeler Raporu, <https://www.tbd.org.tr/wpcontent/uploads/2019/02/2018-kuresel-gelismeler-raporu.pdf>
- Tütek, Hülya, Gümüšoğlu, Şevkinaz ve Özdemir, Aslı, Sayısal Yöntemler Yönetmelik Yaklaşım, İstanbul: Beta Basım Yayım, 2012, s. 223,233
- Wang, Diya, Shin, “Association Between Technological Innovation and Firm Performance in Small and Medium-Sized Enterprises: The Moderating Effect of Environmental Factors”, *International Journal of Innovation*, 2, 2019, <https://doi.org/10.1108/IJIS-04-2018-0049>

Yavuz, Çağla, “İşletmelerde İnovasyon-Performans İlişkisinin İncelenmesine  
Dönük Bir Çalışma”, *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 2, 2010, s. 143-173.

**Çatışma beyanı:** Makalenin yazarları bu çalışma ile ilgili taraf olabilecek herhangi  
bir kişi ya da finansal ilişkileri bulunmadığını dolayısıyla herhangi bir çıkar  
çatışmasının olmadığını beyan ederler.

**Destek ve teşekkür:** Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek  
alınmamıştır.

**Katkı Oranı Beyanı:** Her iki yazar da makaleye eşit oranda (%50-%50) katkı  
sunmuşlardır.