



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



ODTÜ Teknokent firmalarının performanslarının veri zarflama analizi modelleri ile incelenmesi

Analysis of the performance of METU Technoparks firms with data envelopment analysis models

Yazar(lar) (Author(s)): H. Hasan ÖRKÜ¹, Özge SEVİM²

ORCID¹: 0000-0002-2888-9580

ORCID²: 0000-0003-3339-3026

To cite to this article: Örkü, H.H. ve Sevim, Ö. “ODTÜ Teknokent firmalarının performanslarının veri zarflama analizi modelleri ile incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 26(2): 813-821, (2023).

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Örkü, H.H. ve Sevim, Ö. “ODTÜ Teknokent firmalarının performanslarının veri zarflama analizi modelleri ile incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 26(2): 813-821, (2023).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.685005

ODTÜ Teknokent Firmalarının Performanslarının Veri Zarflama Analizi Modelleri ile İncelenmesi

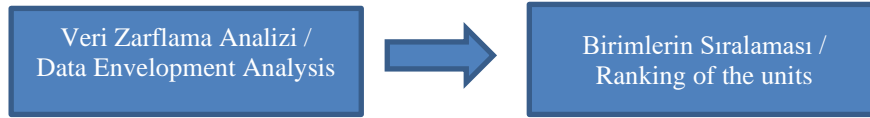
Analysis of the Performance of METU Technoparks Firms with Data Envelopment Analysis Models

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Birimlerin tam sıralaması / Full ranking of units
- ❖ ODTÜ Teknokent firmalarını değerlendirmek ve sıralamak için başvuru / Application to evaluate and rank METU Technopolis firms

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Bu çalışmada, firmaları sıralamak ve en etkin birimi belirlemek için geliştirilen bazı Veri Zarflama Analizi modelleri ele alınmış ve ODTÜ Teknokent bünyesinde faaliyet gösteren firmaların performansı bu modeller ile incelenmiştir. / In this study, some Data Envelopment Analysis models that have been developed to rank firms and identify the most efficient unit has been analyzed and performance of companies that are operating within the scope of METU Technopark has been examined with these models.



Şekil. Grafik özet/ Figure. Graphical Abstract

Amaç (Aim)

Bu çalışma, Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılarak ODTÜ Teknokent firmalarının performansını ele almaktadır. / This study deals with the performance of METU Technopark firms using Data Envelopment Analysis (DEA).

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Klasik Veri Zarflama Analizi (VZA) modeli haricinde beş farklı model kullanılmış ve ardından ODTÜ Teknokent firmaları kullanılarak sıralanmıştır. / Except for the Classical Data Envelopment Analysis (DEA) model, five different models were used and then ranked using METU Technopark firms.

Özgünlük (Originality)

Bu çalışma, ODTÜ Teknokent firmalarının etkinliğine ilişkin ilk çalışmadır. / This is the first study on the efficiency of METU Technopark firms.

Bulgular (Findings)

Toloo ve Salahi modeli ile en iyi firma belirlenmiştir. / The best firm was determined with the Toloo and Salahi model.

Sonuç (Conclusion)

En etkin firmanın belirlenmesinde, Toloo ve Salahi modeli tek bir birim için 1' den büyük bir skor değeri ve diğer tüm firmalar için de 1' den küçük farklı skor değerleri verdiği için başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir. ODTÜ Teknokent' te faaliyette bulunan firmalar arasından en iyiyi seçip diğer firmalara örnek teşkil etmesinin önemi vurgulanmıştır. / In determining the most efficient firm, the Toloo and Salahi model has shown that it can be used successfully as it gives a score value greater than 1 for a single unit and different score values less than 1 for all other firms. The importance of choosing the best among the companies operating in METU Technopark and setting an example for other companies was emphasized.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

ODTÜ Teknokent Firmalarının Performanslarının Veri Zarflama Analizi Modelleri ile İncelenmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

H. Hasan ÖRKÇÜ^{1*}, Özge SEVİM²

¹Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

²ODTÜ Teknokent, Türkiye

(Geliş/Received : 05.02.2020 ; Kabul/Accepted : 03.02.2022 ; Erken Görünüm/Early View : 28.02.2022)

ÖZ

Teknolojik gelişmeler, toplumsal alandaki sosyal ve kültürel etkilerinin yanında, geliştirildiği ülkenin ekonomik kalkınma hamlesinin en önemli adımlarından biri olarak tanımlanmaktadır. Günümüz dünyasında, ülkeler arasında gerçekleşen teknolojik transfer ve etkileşimler, bu alanda gelişmiş ülkelerin ekonomik gelirlerinin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Ülkelerin yüksek teknoloji miktarlarını arttırmak için izledikleri en yaygın strateji, teknokent yapılanmalarını desteklemektir. Bu çalışmada, firmaları sıralamak ve en etkin birimi belirlemek için geliştirilen bazı Veri Zarflama Analizi modelleri ele alınmış ve ODTÜ Teknokent bünyesinde faaliyet gösteren firmaların performansı bu modeller ile incelenmiştir. Firmaların performans değerlendirmesinde girdi olarak personel sayısı ve AR-GE Gideri değişkenleri; çıktı olarak ise proje sayısı, fikri mülkiyet hakkı sayısı, AR-GE geliri, iş birliği sayısı, firma puanı ve desteklenen proje sayısı değişkenleri dikkate alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, en etkin birim, sıralama, firma etkinliği.

Analysis of the Performance of METU Technoparks Firms with Data Envelopment Analysis

ABSTRACT

In addition to their effect on social and cultural aspects of the society, technological advancement is one of the most important contributors to the economic growth of a country. Transnational technological interaction and exchanges constitute the most significant part of the national income for countries that are advanced in the field of technology. Most prevalent strategy used by countries to increase development of advanced technology is to support technoparks. In this study, some Data Envelopment Analysis models that have been developed to rank firms and identify the most efficient unit has been analyzed and performance of companies that are operating within the scope of METU Technopark has been examined with these models. While examining the performance of companies, number of employees and R&D expenses was used as input parameters; number of projects, number of intellectual property rights, R&D income, number of collaborations, company score and number of projects that are funded was used as output parameters.

Keywords: Data Envelopment Analysis, most efficient unit, ranking, firm efficiency.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde, teknolojinin gelişmesindeki ivmenin artmasıyla birlikte, teknolojik gelişmeler ülkelerin ve insan hayatlarının hemen hemen her noktasına etki eder hale gelmiştir. Teknolojinin etki alanının bu kadar artması, birden çok bilim dalının koordineli bir şekilde çalışması zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir.

Disiplinler arası çalışma prensibi olarak da tanımlanabilecek olan bu olgu, teknolojik gelişmelerin başarıya ulaşmasındaki en önemli kriterlerden biri haline gelmiştir.

Birden çok bilim dalındaki bilgi birikimine ve alanlarında gelişmekte olan insan kaynağına erişmenin en kolay yolu üniversitelerdir. Etzkowitz'in "Üçlü Sarmal Modeli" olarak ele alınan üniversite-sanayi-devlet iş birliği yapısı; araştırmalarla bilgiyi üreten

üniversiteyi, bu bilgiyi uygulamaya aktaran sanayiye, verimli iş birliği platformu oluşması için gerekli destekleri sağlayan devleti kapsamaktadır [1]. Teknoparklar, bu üçlü iş birliğini aynı çatı altında buluşturmakta ve akademik kurumlar ile sanayi kuruluşlarının iletişimini kolaylaştırıp, bu iki yapı arasındaki kaynak transferine imkân sağlayarak araştırma ve geliştirme faaliyetlerini desteklemeyi temel amaç edinen organize araştırma merkezleridir. Ayrıca bünyesinde bulunan firma ve akademik kadrolar arasındaki bilgi ve teknoloji transferlerinde de yönlendirici rol almaktadır. Bunun yanı sıra birbirlerinden tamamen bağımsız firmalar arasında koordineli olarak ortak projeler geliştirilmesine öncülük ederek, firmalara büyüme imkânı sağlar. Alanında dünyanın en gelişmiş firmaları sayılan Apple, Google, Microsoft gibi firmaların da teknokent yapılanmalarında yer almaları, teknokent yapılanmasının firmalara sağladığı bilgi ve birikim kaynaklarına erişim ve teknolojik bir ekosistemde yer almanın avantajlarından

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : hhorkcu@gazi.edu.tr

kaynaklanmaktadır. Teknokent kavramının ortaya çıkışı 1950'li yılların başlarına dayanmaktadır. O yıllarda Stanford Üniversitesi'nin akademik kaynaklarının sanayi alanına pazarlanması amacıyla "Stanford Research Park" adıyla bilinen ilk teknokent yapısı ortaya çıkmış, daha sonra bu yapı Silikon Vadisi adıyla ABD'nin en yoksul bölgelerini dünyanın en büyük teknoloji, bilim, ekonomi ve araştırma merkezi haline getirmiştir [2].

Günümüz dünyasının getirdiği olanaklardan biri de müşteri ve kaynaklara erişim kolaylığıdır. Artık ürünlerin ortaya çıktığı yerler ve müşteriye ulaşabilme kriterleri giderek önemini kaybetmektedir. Önemi kaybeden bu erişim kriteri yerini; çalışmaların kalitesi, maddi avantajları ve yenilikçi yönlerine bırakmıştır. Buldukları ülke ya da bölgeden bağımsız olarak dünyanın herhangi bir noktasındaki müşteriye erişim imkânı olan ve benzer firmalarla rekabet olanağı bulan firmalar, istenilen ekonomik ve teknolojik sıçramalara gerekli yenilikçi faaliyetleri uygulayarak rahatlıkla ulaşabilmektedir. Bu durum neticesinde, bilginin kaynağı olan üniversitelere ve disiplinler arası çalışmalara uygun ortamlar sağlayan teknokentlere ihtiyaç, önceki dönemlere göre daha da artmıştır. Teknokentler tarafından bakıldığında ise bu disiplinler arası yapılanmanın kurulmasındaki başarı; doğrudan amaçlarına uygun firmalara erişim ve akademik kaynakların gelişmesine doğrudan imkân sağlamasına katkıda bulunmaktadır. Teknokent firmalarının etkinliklerinin artırılmasını sağlamak ve mevcut ekosistemlerin geliştirilmesine olanak sağlamak da bilimsel analiz ve çalışmalarla desteklenerek üzerinde durulması gereken bir konu haline gelmiştir.

Teknoparklar ile ilgili çalışmalar oldukça azdır. Hu ve diğ. [3] tarafından Çin'de 53 sanayi parkında yapılan araştırmaya göre çevresel faktörler ile teknoparklar irdelenmiştir. Konum, yol yoğunluğu ve ulaşım önemli kriterler olarak tespit edilmiştir. Keleş ve Tunca [4]'nin çalışmasında AR-GE projelerini gerçekleştirmek isteyen firmaların teknokent seçimlerinin de önemli bir kriter olduğunu savunmuştur. Hiyerarşik Electre yöntemi kullanarak firmaların kuruluş yerleri için teknokent seçimlerinin firma çıktılarına etkisinin önemini vurgulamıştır. Her teknokentten firmaya etkisinin artı yönde olmadığı tespit edilmiştir.

Baykul ve diğ. [5], 39 teknoparkı ele aldığı çıktı yönlü CCR modeli sonuçlarına göre 12 teknoparkı etkin olarak değerlendirmiştir. Teknoparkların başarısı bünyesindeki firmaların çıktıları ile doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Eyyuboğlu ve Günay [6] çalışmalarında ülkemizde teknoparkların coğrafi olarak dağılımını incelemiştir. Türkiye'de teknoparkların yoğunluğunun sanayileşmiş il ve bölgelerle kısıtlı kaldığı görülmüştür. Özdemir [7]'nin çalışmasında ODTÜ Teknokent firmalarının etkinlikleri betimleyici istatistiklerle ortaya koymuştur. ODTÜ Teknokent işletmelerinin yoğunlukla AR-GE temelli işletmeler olduğu ve bunun ulusal yenilik ve kalkınma politikalarıyla uyumlu olduğunu tespit etmiştir. ODTÜ Teknokent modeli gibi uluslararası deneyime sahip teknokent sayılarının artırılmasının,

güçlü bir ülke ekonomisinin oluşumu için önemli bir katkı olduğunu saptamıştır. Küresel ortamda rekabet edebilir duruma gelmek, bilginin öneminin kavranmasına ve sınırlarının genişletilerek kullanılmasına bağlıdır. Bu da bilgiyi üreten üniversite ile bu bilgiyi uygulamaya aktaran sanayi iş birliği ile mümkündür. İlyaz [8], bu iş birliğinin teknoparklar aracılığıyla yapılmasının mümkün olduğunu savunmaktadır. Yüksel [9]'in çalışmasında üniversite sanayi iş birliğinde bir araç olarak teknoparkları ele almıştır. Teknoparkların ülkelerin ekonomik kalkınmasına olan etkilerini örneklerle açıklamıştır. Ülkeler için bu kadar önemli bir noktada bulunan teknopark firmalarının çalışma prensiplerini incelemek ülke ekonomilerini daha iyi düzeye taşıma açısından son derece önemlidir. Yang ve diğ. [10] tarafından yenilik merkezi haline gelen teknoparkların verimliliği incelenmiştir. Çok aşamalı analiz yöntemine göre 22 sanayi parkından sadece üçünün etkin olduğu tespit edilmiştir.

Veri Zarflama Analizi (VZA), karar verme birimlerinin (KVB) performanslarını ölçmek için geliştirilmiş doğrusal programa tabanlı popüler bir yöntemdir [11]. Son yıllarda çeşitli alanlarda başarıyla kullanılmaktadır [12, 13, 14]. Yöntem aynı girdileri kullanıp aynı çıktuları üreten birimlerin performansları ölçebilmenin yanında birimleri etkin ve etkin olmayan şekilde ayırabilir ve mümkün olduğunca birimleri sıralayabilir. Bununla birlikte, bazı durumlarda, VZA'nın birimleri tam olarak ayırt edemediği yani sıralamadığı durumlarda ayırma gücü sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu sorunu çözmeye yönelik ilk girişim Sexton ve diğ. [15] tarafından önerilen çapraz etkinlik modelidir. Daha sonra Andersen ve Petersen [16] tarafından süper etkinlik modeli önerilmiştir. Sıralama problemi ile yakından ilgili olan bir diğer problem ise birçok problemde karar vericilerin en etkin birimi belirlemek istemesi ile ilgilidir. Örneğin, robot seçimi [17], en iyi şehir seçimi [18], makine seçimi ve ERP sistemi [19] gibi uygulamalarda en iyiyi seçmek, birimleri sıralamak kadar önemlidir. Bu problemin çözümü için önemli çalışmalar yapılmıştır.

En etkin birimi belirlemek üzere yapılan ilk çalışma Karsak ve Ahiska [20] tarafından en iyi robotu seçmek için çok kriterli karar verme (MCDM) metodolojisine dayalı bir sıralama algoritmasıdır. Ertay ve diğ. [21], en iyi tesis yerleşimi alternatifini belirlemede bir minimax modeli önermiştir. Amin ve Toloo [22], iki adımda daha az formülasyon ve doğrusal programlama kullanarak en etkin birimi bulmak için bir yaklaşım önermiştir. Amin ve Toloo [22] tarafından önerilen yaklaşımın birden fazla etkin birim ile sonuçlanma ve hatalı modelleme gibi bazı kusurları vardır. Bu nedenle Amin [23], Amin ve Toloo [22] tarafından önerilen yaklaşımı modifiye ederek yeni bir model önermiştir. Bununla birlikte Foroughi [24], Amin [23] tarafından değiştirilen modelin bazı durumlarda çözüm üretmekte başarısız olabileceğini iddia etmiş ve en etkin birimi bulmak için süper etkinlik ve tamsayı programlama yöntemlerine dayalı yeni bir model önermiştir. Daha sonra, Wang ve Jiang [25],

Foroughi [24] modelinin fazladan birçok kısıtlamaya sahip olduğunu iddia ederek yeni bir öneri yapmıştır. Toloo [26], Wang ve Jiang [25] modelinin minimum tabanlı versiyonunu geliştirmiştir. Toloo ve Salahi [27], tüm birimleri tamamen sıralayabilen iki aşamalı bir model sunmuşlardır. Toloo ve Salahi [27] modeli, en etkin birimi ikinci aşamada, birinci aşamada elde edilen epsilon değerini kullanarak elde etmektedir.

Teknoloji firmaları ve girişimcilerin projelerini gerçekleştirmek üzere faaliyette buldukları, üniversite-sanayi iş birliğinin yapıldığı teknokentlerin sayısı ülkemizde de gün geçtikçe artmaktadır. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı verilerine göre ülkemizde 64’ü aktif olmak üzere 84 teknokent yapılanması bulunmaktadır [28]. Tüm bu gelişmelerle birlikte, bu teknolojik alanlarda bulunan firmaların büyümesine ve ülkemizin kalkınmasına katkı sağlamaları amacıyla performanslarının incelenmesi önemli bir rol oynamaktadır. Çalışma kapsamında ODTÜ Teknokent firmalarının performansları Veri Zarflama Analizi modelleri ile irdelendi.

2. KLASİK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri Zarflama Analizi (VZA), Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından KVB’lerin performanslarının ölçülmesi amacı ile geliştirilmiş olan doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir [11]. VZA’da ölçüğe göre sabit getiri varsayımına dayanan CCR modeli, Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında önerilmiştir [11] ve bu model birimlerin teknik etkinliğini ölçmektedir. Ölçeğe göre getiri varsayımına dayanan CCR modelinde en iyi birimler orijinden geçen doğrusal bir etkinlik sınırı ile temsil edilmektedir. Diğer birimler yani etkin olmayan birimler ise bu doğrunun altında etkinlik sınırına uzaklıkları ile ölçülen performans değerlerine göre konumlanmaktadır. Performans incelemesine konu olan n tane KVB olduğunu varsayalım. x_{ij} ($i=1,\dots,m$) ve y_{rj} ($r=1,\dots,s$) değerleri sırasıyla $[[KVB]]_j$ ($j=1,\dots,n$) birimi için girdi ve çıktı değerlerini gösterebilir. Herhangi bir KVB için etkinlik skoru (1)’de verildiği gibi tanımlanabilir.

$$Etkinlik = \frac{\text{Çıktıların Ağırlıklı Toplamı}}{\text{Girdilerin Ağırlıklı Toplamı}} \quad (1)$$

İşlem altındaki birim o indisi ile diğerleri ise j indisi ile gösterilsin. Etkinlik skorları oran formunda

$$E_o = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io}} \quad (2)$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m$$

biçiminde tanımlanabilir. Burada u_r ve v_i sırasıyla çıktı ve girdi değişkenlerine atanan ağırlıkları göstermektedirler. $\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}$ çıktı toplamını,

$\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}$ ise girdi toplamını ifade etmektedir. $\frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io}}$ değeri KVB_o birimi için etkinlik skorunu tanımlamakta ve bu skor fonksiyonu maksimum yapılarak bu birim için E_o etkinlik skor değeri elde edilmektedir. $\frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} \leq 1$ kısıtı aynı ağırlıklarla tüm

KVB’lerin etkinlik skorlarının 1 değerini aşmamasını garanti eder. Çözüm sonunda elde edilen etkinlik dereceleri $E_o = 1$ ise o – uncu karar verme birimi KVB_o etkindir.

(2) ile verilen model yaklaşımı anlatım bakımından uygun olmakla birlikte hesaplama açısından zorluklar içerir. Bu nedenle, daha uygun bir yapıya dönüştürmek için doğrusal dönüştürme yöntemi ile klasik CCR modeli KVB_o için (3)’de verildiği gibi elde edilebilir.

$$E_o = \max \sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro} \quad (3)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_{rj}, v_{ij} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Bu modelden, herhangi bir birimin söz gelimi KVB_o ’nın etkinlik değeri, $\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io} = 1$ olduğundan, $E_o = \sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}$ olarak hesaplanır.

(3) ile verilen model çözüldükten sonra, elde edilen etkinlik skorlarına göre birimlerin performans değerlendirilmesi ve sıralanması yapılır. Analiz sonucunda etkin birimlere “1” etkinlik değerinin atanması, etkin birimlerin tam olarak sıralanmasını mümkün kılmamaktadır. Bu güçlüğü aşmak için çeşitli öneriler yapılmıştır [29]. Etkin ve etkin olmayan birimlerin yeniden sıralanması için önerilen ilk yöntem Sexton ve diğ. [15] tarafından ortaya konulan çapraz etkinlik matrisi yöntemidir. Basitçe her bir KVB ’nin etkinliğini optimal ağırlıklara göre n defa tekrar hesaplama esasına dayanır. Bu yaklaşımda, önce her bir KVB için VZA ile etkinlik skorları ve ağırlıklar bulunur. Bulunan bu ağırlıklar ile diğer KVB’lerin etkinlik skoru hesaplanır. Bu şekilde elde edilen çapraz etkinlik skorlarının oluşturduğu çapraz etkinlik matrisi bulunur. Çapraz değerlendirmenin ana fikri öz değerlendirme (self evaluation) yerine eş değerlendirme (peer evaluation) modülünü kullanmaktır. u_{rk}^* ($r = 1, \dots, s$) ve v_{ik}^* ($i = 1, \dots, m$), KVB_k için model (3)’ün optimal çözümleri olsunlar. $E_k^* = 1$ ise KVB_k etkindir. $E_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{rk}^* y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ik}^* x_{ij}}$, KVB_j ’nin KVB_k ’nin optimal ağırlıklarına göre oluşturulan çapraz etkinlik skorları olarak isimlendirilir ve KVB_j ’nin ($j = 1, \dots, n$)

çapraz değerlendirmesini yansıtır. E_{kj} değerleri çapraz etkinlik matrisini oluşturmaktadır. Matrisin köşegen değerleri her bir birim için öz değerlendirme skorlarını yansıtmaktadır örneğin KVB_k için $E_{kk}^* = \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk}$ olduğu açıktır. KVB_j 'nin ($k = 1, \dots, n$) çapraz etkinlik değeri $k = 1, \dots, n$ olmak üzere tüm E_{kj} 'lerin ortalaması alınarak elde edilir; $\bar{E}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n E_{kj}$.

Çapraz etkinlik yöntemi klasik VZA' daki optimal girdi ve çıktı ağırlıklarını kullandığı için klasik VZA' dan kaynaklı bazı problemlerden de etkilenmektedir. Klasik VZA modeli bazı durumlarda girdi ve çıktı ağırlıklarında çoklu optimal ağırlıklara sahip olmaktadır. Bu durumda elde edilecek her farklı ağırlık için farklı çapraz etkinlik skoru elde etmek mümkün olabilecek ve bu durum da çapraz etkinlik skorlarının tutarlılığını etkileyecektir. Çapraz etkinlik değerlendirmesi genellikle iki aşamada yapılmaktadır. Birinci aşamada klasik VZA etkinlik hesaplamaları ile her bir KVB için optimal ağırlıklar elde edilir. Klasik VZA ile elde edilen optimal ağırlıklar özellikle etkin KVB' ler için çoklu çözümlü olmakta ve gerçekçi olmayan (sıfır ya da ekstrem değerli) durumdadır. İkinci aşama ise bu olumsuzlukları azaltmak ve her bir KVB için klasik VZA ile elde edilen etkinlik değerlerini muhafaza edecek uygun bir ağırlık kümesi seçmek üzerinedir. Bu problemi çözmek için, Doyle and Green [30] agresif (aggressive) ve yardımsever (benevolent) modelleri önermişlerdir. Agresif çapraz etkinlik yaklaşımında ilgili KVB 'nin etkinlik skoru muhafaza edilirken diğer KVB'lerin etkinliği ise minimum yapılmaya çalışılmaktadır, yani bu model diğer KVB 'lere agresif bir şekilde davranmaktadır. Agresif çapraz etkinlik modeli (4) ile verilmektedir.

$$\max \sum_{r=1}^s u_{rk} \left(\sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \right)$$

Kısıtlar

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_{ik} (\sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij}) &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - E_{kk}^* \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} &= 0 \\ \sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n; j \neq k \\ u_{rj}, v_{ij} &\geq 0, \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \tag{4}$$

Yardımsever yaklaşımda ise diğer KVB 'lerin etkinlikleri de maksimum yapılmaya çalışılmaktadır, yani ilgili KVB kendi etkinliğini maksimum yapmaya çalışırken diğer KVB 'lerin de etkinliklerinin maksimum olmasını istemektedir. Bu model (5) ile verilmektedir.

$$\max \sum_{r=1}^s u_{rk} \left(\sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \right)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m v_{ik} (\sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij}) = 1$$

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} - E_{kk}^* \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} &= 0 \\ \sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n; j \neq k \\ u_{rj}, v_{ij} &\geq 0, \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Etkin karar birimlerin sıralanması için geliştirilen diğer bir yöntem de Andersen ve Petersen [16] tarafından geliştirilen süper etkinlik modelidir. Bu yöntemde işlem altındaki birim veri setinden çıkartılır ve tüm diğer birimlerinin doğrusal kombinasyonları ile karşılaştırılır.

Etkin birimler için süper etkinlik skoru 1'den büyük bir değer olurken, etkin olmayan birimlerin süper etkinlik skorları klasik CCR çözümlenmesinden elde edilen etkinlik skoru ile aynı olmaktadır. Buradan, süper etkinlik skoru en yüksek olan birim birinci sırada yer alacak ve diğer birimler de süper etkinlik skor değerine göre büyükten küçüğe sıralanacaktır. Değerlendirme altındaki birim için, CCR tabanlı süper etkinlik modeli (6)'de verildiği gibi ifade edilebilir.

$$SE_o = \max \sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}$$

Kısıtlar

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_{io} x_{io} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} &\leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; j \neq o \\ u_{rj}, v_{ij} &\geq 0, \quad r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \tag{6}$$

Wang [31], ne agresif ne de yardımsever olan tarafsız bir çapraz verimlilik modeli önermiştir. Bu modelde, her KVB, diğer KVB 'lere etkilerini düşünmeden ağırlıkları sadece kendi bakış açısıyla belirler. Doğrusal programlama biçimindeki bu nötr model (7)'de verildiği gibidir.

$\max \delta$

Kısıtlar

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ik} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_{rk} y_{rk} &= E_k^* \\ \sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n; j \neq k \\ u_{rk} y_{rk} - \delta &\geq 0, \quad r = 1, \dots, s \\ u_{rj}, v_{ij} &\geq 0, \quad r = 1, \dots, s, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \\ \delta &\geq 0 \end{aligned} \tag{7}$$

Bu modelde ilgili KVB sadece kendisiyle ilgilidir, çıktı ağırlıklarını sadece KVB_k kendisinin açısından belirler. Bu modelde E_k^* değeri klasik CCR modelinden elde edilen etkinlik değeridir.

3. EN ETKİN BİRİMİ BELİRLEMEK İÇİN ÖNERİLEN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİ

x_{ij} ($i = 1, \dots, m$) ve y_{rj} ($r = 1, \dots, s$) değerleri, ($j = 1, \dots, n$) olmak üzere KVB_j 'nin girdi ve çıktılarını gösterebilir. Wang ve Jiang [25] tarafından önerilen model (8) ile verilmiştir.

$$\min \sum_{i=1}^m v_i \left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right) - \sum_{r=1}^s u_r \left(\sum_{j=1}^n y_{rj} \right)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq I_j \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n I_j = 1$$

$$I_j \in \{0,1\} \quad , \quad j = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$u_r \geq \frac{1}{(m+s) \max_j(y_{rj})} \quad , \quad r =$$

1, ..., s

$$v_i \geq \frac{1}{(m+s) \max_j(x_{ij})} \quad , \quad i =$$

1, ..., m

(8) modelinde I_j değişkenleri sadece 0 ya da 1 değerini alabilen ikili değişkenlerdir ve $\sum_{j=1}^n I_j = 1$ kısıtından dolayı bu değişkenlerden yalnızca bir tanesi 1 değerini alabilmektedir. Eğer $I_o = 1$ ise $o - uncu$ karar verme birimi için $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 1$ elde edilir ve bu birim için etkinlik skoru 1'den büyük olur. $j \neq o$ olmak üzere diğer birimler için $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$ elde edilir ve bu durumda ilgili birimler için klasik VZA'da olduğu gibi 1 ve 1'den küçük skorlar bulunur. Bu modelde, $I_o^* = 1$ elde edilirse KVB_o en etkin birim olarak tanımlanır ve bu birimin etkinlik skoru 1'den büyük olur. Diğer birimler için ise etkinlik skorları 1 ve 1'den daha küçük kalır.

Toloo [26] en etkin birimin elde edilmesi için (9) ile verilen minimax modeli önermiştir.

$$\min d_{max}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j - \beta_j = \quad (9)$$

$$0 \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$d_{max} - d_j + \beta_j \geq 0 \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n d_j = n - 1$$

$$d_j \in \{0,1\} \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$\beta_j \leq 1 \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \frac{1}{(m+s) \max_j(y_{rj})} \quad , \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq \frac{1}{(m+s) \max_j(x_{ij})} \quad , \quad i = 1, \dots, m$$

Bu modelde, $d_j - \beta_j$ değerleri KVB_j 'nin etkinlik skorundan sapmaları ve d_{max} ise minimum yapılmaya çalışılan en büyük sapmayı göstermektedir. Bu modelde $d_o^* = 0$ ise, KVB_o en etkin birim olarak değerlendirilmektedir.

Toloo ve Salahi [27] tarafından önerilen model, (10) modeli ile verilmektedir. Bu modelde, M büyük bir pozitif sayı olmak üzere, $\sum_{j=1}^n I_j = 1$ olduğundan $j \neq o$ birimleri için, ilk iki kısıttan $-M \leq \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq -h \leq h \leq \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$ elde edilir.

$$h^* = \max h$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq M I_j - h(1 - I_j) \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \geq h I_j - M(1 - I_j) \quad , \quad j = 1, \dots, n \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n I_j = 1$$

$$I_j \in \{0,1\} \quad , \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \varepsilon^* \quad , \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq \varepsilon^* \quad , \quad i = 1, \dots, m$$

$$h \geq 0$$

Toloo ve Salahi [27] optimal h^* değerinin kesin pozitif olduğunu ispatlamışlardır. Model (10) için optimal ε^* değeri (11) ile verilen modelin çözülmesi ile elde edilmektedir.

$$\varepsilon^* = \max \varepsilon$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq M I_j - h(1 - I_j) \quad , \quad j = 1, \dots, n \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\geq hI_j - M(1 - I_j) & , j = 1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n I_j &= 1 \\ I_j &\in \{0,1\} & , j = 1, \dots, n \\ u_r &\geq \varepsilon & , r = 1, \dots, s \\ v_i &\geq \varepsilon & , i = 1, \dots, m \\ h &\geq \varepsilon \\ \varepsilon &\geq 0 \end{aligned}$$

Toloo ve Salahi ε değerinin kesin bir pozitif sayı olduğunu ispatlamıştır ve bu sayede bu model kesin bir h değeri ve yalnızca bir tane en etkin birim vermektedir. Model (10) ve (11) doğrusal olmayan yapıda olduklarından z_j pozitif ve sürekli bir karar değişkeni olmak üzere $z_j = hI_j$ dönüştürmesi ile doğrusal programlama modeline dönüşmektedirler. Dönüştürülmüş modeller sırasıyla (12) ve (13) nolu modellerde verilmektedir.

$$h^* = \max h$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq MI_j - h + z_j & , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\geq z_j - M(1 - I_j) & , j = 1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n I_j &= 1 \\ z_j &\leq MI_j & , j = 1, \dots, n \\ z_j &\leq h & , j = 1, \dots, n \\ h &\leq z_j + M(1 - I_j) & , j = 1, \dots, n \\ I_j &\in \{0,1\} & , j = 1, \dots, n \\ u_r &\geq \varepsilon & , r = 1, \dots, s \\ v_i &\geq \varepsilon & , i = 1, \dots, m \\ \varepsilon &\geq 0 \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned} v_i &\geq \varepsilon & , i = 1, \dots, m \\ z_j &\geq 0 & , j = 1, \dots, n \\ h &\geq 0 \\ \varepsilon^* &= \max \varepsilon \end{aligned}$$

Kısıtlar:

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq MI_j - h + z_j & , j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\geq z_j - M(1 - I_j) & , j = 1, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n I_j &= 1 \\ z_j &\leq MI_j & , j = 1, \dots, n \\ z_j &\leq h & , j = 1, \dots, n \\ h &\leq z_j + M(1 - I_j) & , j = 1, \dots, n \\ I_j &\in \{0,1\} & , j = 1, \dots, n \\ u_r &\geq \varepsilon & , r = 1, \dots, s \\ v_i &\geq \varepsilon & , i = 1, \dots, m \\ h &\geq \varepsilon \\ z_j &\geq 0 & , j = 1, \dots, n \\ \varepsilon &\geq 0 \end{aligned} \tag{13}$$

Toloo ve Salahi modeli iki aşamalı bir modeldir. İlk aşamada, kesin pozitif olduğu ispatlanan ε değeri elde edilir. İkinci aşamada, girdi-çıkış değişkenlerinin ağırlıkları için alt sınır değeri ilk aşamada belirlenen ε değeri almır ve ayrıca bu pozitif ε değeri h değerini de pozitif yapmaktadır. h değerinin pozitif olması da yalnızca 1 tane birimin en etkin birim olarak elde edilmesini, bu birimin etkinlik skorunun kesin olarak 1'den büyük olmasını diğer birimlerin etkinlik skorlarının ise kesin olarak 1'den küçük kalmasını sağlamaktadır.

4. ODTÜ TEKNOKENT FİRMALARININ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ: EN ETKİN FİRMANIN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada kullanılan karar verme birimleri, ODTÜ Teknokentte faaliyet gösteren 3 milyon TL'nin üzerinde AR-GE geliri olan 23 firma olup, veriler 2018 yılını kapsamaktadır. Firma isimleri kullanılmamıştır ve kod isimleri verilmiştir. VZA' da birimlerin benzer olması özelliği AR-GE gelir düzeyleri belirli bir miktarın üzerinde olan firmaları seçilmesine sebep olmuştur. Çalışmada ele alınan girdi-çıkıtı değişkenlerinin belirlenmesinde teknoparkların değerlendirildiği çalışmalar dikkate alınmıştır. Keleş ve Tunca [4]'nün çalışmasında AR-GE projelerini gerçekleştirmek isteyen firmaların teknokent seçimlerinin de önemli bir kriter olduğunu savunmuştur. Baykul ve diğ. [5], 39 teknoparkı ele aldığı çıkıtı yönlü CCR modeli çalışmasında, toplam iş birliği sayısı, anahtar personel sayısı, kapasite geliştirme sayısı, firma sayısı, yabancı uyruklu firma sayısı ve toplam istihdam değişkenleri dikkate alınmıştır. Özdemir [7]'in çalışmasında ODTÜ Teknokent firmalarının etkinlikleri betimleyici istatistiklerle ortaya koymuştur. ODTÜ Teknokent işletmelerinin yoğunlukla AR-GE temelli işletmeler olduğu ve bunun ulusal yenilik ve kalkınma politikalarıyla uyumlu olduğunu tespit etmiştir. Yang ve diğ. [10] tarafından inovasyon merkezi haline gelen teknoparkların etkinliği çok aşamalı analiz yöntemi ile incelendiği çalışmalarında, teknopark alanı, teknopark varlığı, proje yatırımları, yerli yatırımlar, endüstriyel çıkıtı ve vergi değişkenleri dikkate alınmıştır.

Kullanılan girdi değişkenleri, AR-GE Personel Sayısı (x_1) ve AR-GE Gideri (x_2) olarak, çıkıtı değişkenleri ise Proje Sayısı (y_1), Fikri Mülkiyet Hakkı Sayısı (y_2), AR-GE Geliri (y_3), İş birliği Sayısı (y_4), Firma Puanı (y_5) ve Desteklenen Proje Sayısı (y_6) olarak belirlenmiştir. Bu değişkenler aşağıda verildiği gibi tanımlanmaktadır.

AR-GE Personel Sayısı: Teknokentte faaliyet gösteren firmaların hizmet ettiği kesimin memnuniyetini sağlamak için yeterli sayıda iş gücüne ihtiyacı vardır ve bunları personelleri aracılığıyla sağlarlar, fazla sayıda çalışan faaliyet giderlerini arttırdığından optimum personel sayısını bulmak bu maliyeti azaltır.

AR-GE Gideri: Firmalar tarafından yürütülen AR-GE projeleri kapsamında yapılan gider harcamalarının tümüdür.

Proje Sayısı: Proje, belirli bir süre içerisinde, belirli bir bütçe ile net olarak tanımlanan hedeflere ulaşmaya yönelik olarak planlanan faaliyetler bütünüdür. Firmalar Teknokentte faaliyetlerine devam edebilmek için tasarım, AR-GE ya da yazılım projelerini yürütmesi gerekmektedir. Firmaların devam eden en az bir projesi bulunması zorunludur.

Fikri Mülkiyet Hakkı: Firmalar yaptıkları projeler sonucunda bilimsel ve teknik bir buluşun ya da böyle bir buluşun uygulama alanında kullanma hakkının kendilerine ait olduğunu gösteren resmi belge almaktadırlar. Patent, Faydalı Model, Marka Tescil,

Endüstriyel Tasarım, Telif Hakkı, Coğrafi İşaretler ve Entegre Devre Topoğrafyaları mülkiyet tiplerindedir.

AR-GE Geliri: Firmalar tarafından yürütülen AR-GE projeleri kapsamında elde ettikleri kazançların tümüdür.

İş birliği Sayısı: Teknokent ekosistemlerinde yer alan firmalar ihtiyaç duydukları konularda farklı kişi, kurum ve kuruluşlarla iş birliği yapmaktadır. Bunlar; üniversite, akademisyen, diğer firmalar, uluslararası şirketler ve kamu kurumlarıdır.

Desteklenen Proje Sayısı: Firmaların proje yapabilme kapasitesinin artırılması için belirli süre için belirli bir bütçe ile farklı kurum kuruluşlar ile desteklenmesidir. Bu destek kollarından bazıları; Avrupa Birliği, Kalkınma Ajansları, KOSGEB, TÜBİTAK ve TTGV' dir.

Firma Puanı: ODTÜ Teknokentte faaliyet gösteren firmalar her yıl ODTÜ akademisyenleri tarafından denetime girmektedir. Denetimler sonucunda akademisyenler yüz üzerinden firmalara puan vermektedir.

Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri (Descriptive statistics of variables)

| | Min | Max | Ortalama | Medyan |
|-------|-------|----------|----------|--------|
| x_1 | 1 | 317 | 77.826 | 54 |
| x_2 | 0.203 | 71.325 | 9.840 | 3.814 |
| y_1 | 1 | 27 | 7.391 | 5 |
| y_2 | 1 | 21 | 5.782 | 3 |
| y_3 | 3.274 | 1304.966 | 69.785 | 7.559 |
| y_4 | 2 | 72 | 21.478 | 13 |
| y_5 | 38 | 93 | 77.220 | 78.5 |
| y_6 | 0 | 35 | 6.260 | 5 |

23 firmaya ilişkin, klasik VZA modeli, süper etkinlik modeli, Wang ve Chin [31] neutral tabanlı çapraz etkinlik modeli, Wang ve Jiang [25], Toloo [26] ve Toloo ve Salahi [27] modeli sonuçları Çizelge 2'de verilmektedir. Çizelge 2'de klasik VZA-CCR sonuçlarına göre F15, F16, F17, F18 ve F19 firmaları etkin olarak elde edilmiştir. Bu firmalar arasından, süper etkinlik modeline göre 13.9299 skoru ile F18 firması ilk sırada yer almıştır. Wang ve Jiang [25] ve Toloo [26] modelleri de sırasıyla 7.5008 ve 7.3164 skor değerleri ile F18 firmasını en etkin olarak belirlerken her iki model de F15 ve F20 firmasının etkinlik skorlarını 1 elde ettikleri için F15 ve F20 arasında bir ayrım sağlayamamışlardır.

Toloo ve Salahi [26] modeli ise 8.9402 skor değeri ile diğer modellerle uyumlu olarak F18 firmasını en etkin firma olarak belirlerken diğer tüm firmaların etkinlik skorları 1'in altında kalmış ve tüm firmalar tam olarak birbirlerinden ayrılabilmişlerdir.

ODTÜ Teknokentteki en iyi firmanın belirlenmesi diğer firmalara örnek olacak bir lider firmanın belirlenmesi

açısından önem arz etmektedir. Elde edilen sonuçlar, en etkin firmanın belirlenmesinde, Toloo ve Salahi [26] modelinin tek bir birim için 1'den büyük bir skor değeri ve diğer tüm firmalar için de 1'den küçük farklı skor değerleri verdiği için başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda F18 firması diğer firmalara örnek teşkil edebilecek çalışma standartlarına sahiptir.

Çizelge 2. Modellerin etkinlik skorları (Efficiency scores of models)

| Firma | CC R | Super Etkinlik | Neutral Çapraz Etkinlik | Wang ve Jiang | Toloo [26] | Toloo ve Salahi [27] |
|-------|------|----------------|-------------------------|---------------|------------|----------------------|
| F1 | 0.84 | 0.844 | 0.263 | 1 | 0.552 | 0.503 |
| F2 | 0.16 | 0.160 | 0.085 | 0.134 | 0.111 | 0.092 |
| F3 | 0.41 | 0.415 | 0.267 | 0.699 | 0.562 | 0.536 |
| F4 | 0.19 | 0.198 | 0.107 | 0.140 | 0.131 | 0.086 |
| F5 | 0.20 | 0.204 | 0.108 | 0.129 | 0.120 | 0.110 |
| F6 | 0.43 | 0.430 | 0.205 | 0.151 | 0.127 | 0.118 |
| F7 | 0.09 | 0.091 | 0.060 | 0.175 | 0.150 | 0.163 |
| F8 | 0.08 | 0.081 | 0.050 | 0.185 | 0.159 | 0.173 |
| F9 | 0.15 | 0.155 | 0.082 | 0.115 | 0.099 | 0.105 |
| F10 | 0.20 | 0.207 | 0.128 | 0.237 | 0.229 | 0.208 |
| F11 | 0.18 | 0.183 | 0.126 | 0.340 | 0.316 | 0.375 |
| F12 | 0.33 | 0.335 | 0.132 | 0.200 | 0.202 | 0.184 |
| F13 | 0.38 | 0.380 | 0.215 | 0.346 | 0.344 | 0.305 |
| F14 | 0.26 | 0.262 | 0.097 | 0.297 | 0.276 | 0.347 |
| F15 | 1 | 1.513 | 0.764 | 1 | 1 | 0.990 |
| F16 | 1 | 1.509 | 0.571 | 0.754 | 0.773 | 0.657 |
| F17 | 1 | 2.625 | 0.809 | 0.913 | 0.932 | 0.891 |
| F18 | 1 | 13.929 | 0.951 | 7.500 | 7.316 | 8.940 |
| F19 | 0.75 | 0.754 | 0.513 | 0.875 | 0.878 | 0.992 |
| F20 | 1 | 1.559 | 0.618 | 1 | 1 | 0.944 |
| F21 | 0.19 | 0.199 | 0.104 | 0.152 | 0.154 | 0.163 |
| F22 | 0.88 | 0.880 | 0.520 | 0.726 | 0.747 | 0.688 |
| F23 | 0.27 | 0.279 | 0.138 | 0.189 | 0.193 | 0.217 |

5. SONUÇLAR

Günümüzde hızla artan küresel rekabet, teknoloji firmalarının içinde buldukları yarış ortamını körüklemekte, yeni fikir, yöntem ve ürünlerin geliştirilmesi ve hızla ticarileşmesini gerekli kılmaktadır. Firmaların karlılık, ihracat gelirleri, ortaya koydukları bilimsel ya da teknik buluşlar başarı kriterlerini oluşturmuştur. Ülkelerin teknoloji alanındaki gelişmişlik düzeyi sahip oldukları yüksek katma değerli ileri teknoloji ile doğru orantılıdır. Teknolojik olarak ileri düzeylere gelebilme hem ülkeler hem de firmalar açısından uluslararası sahada rekabet edilebilirliğin göstergesidir. Teknoloji firma yönetim anlayışlarının temelini oluşturan kavramların başında etkinlik ve verimlilik gelmektedir. Ne kadar etkin firma varsa ülkeler için o kadar karlılık, getiri ve ihracat düzeyi artışı var demektir. İktisadi kalkınmaya olumlu etkileri olan teknoparklar firmaların AR-GE boyutundaki projelerini gerçekleştirmelerine olanak sağlamaktadır. Bünyesinde birçok firma bulduran bu ekosistemlerde firmalar etkinliklerini koruyarak rakiplerine karşı gücünü sürdürülebilir kılmayı amaçlamaktadır.

Birçok alanda en etkin yani en iyi çalışan birimin belirlenmesi çok önemli bir problem olup bu problem için VZA literatüründe tamsayı programlama tabanlı çok sayıda model önerisi yapılmıştır. Bu çalışmada en etkin birimi belirlemek için son yıllarda geliştirilen bazı VZA modelleri ele alınmış ve Türkiye'nin en önemli teknokentlerinden biri konumundaki ODTÜ Teknokent bünyesindeki firmaların performansları bu modeller aracılığıyla incelenmiştir. ODTÜ Teknokent' deki en etkin firmanın belirlenmesi diğer firmalara örnek olacak bir lider firmanın belirlenmesi açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada bir firmanın minimum olmasını istediği personel sayısı ve AR-GE gideri girdi, maksimum olmasını tercih ettiği AR-GE geliri, fikri mülkiyet hakkı sayısı, işbirlikleri, proje sayısı, firma puanı çıktı olarak kullanılmıştır. Uygulamalarda en iyiyi seçmek, birimleri sıralamak kadar önemli olması sebebiyle etkin çıkan firmalar arasında da sıralama için analizler yapılmıştır. En etkin firmanın belirlenmesinde, Toloo ve Salahi [27] modeli tek bir birim için 1' den büyük bir skor değeri ve diğer tüm firmalar için de 1' den küçük farklı skor değerleri verdiği için başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir. ODTÜ Teknokent' te faaliyette bulunan firmalar arasından en iyiyi seçip diğer firmalara örnek teşkil etmesinin önemi vurgulanmıştır. ODTÜ Teknokent gibi uluslararası deneyime sahip teknopark bünyesinde bulunan başarılı firmaların sayılarının artırılması, güçlü ülke ekonomisinin oluşumu için önemli bir katkıdır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Makaleye katkılarından dolayı editöre ve hakemlere teşekkür ederiz.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

H. Hasan ÖRKÇÜ: Modellerin bilgisayarda kodlamasını gerçekleştirmiştir. Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Özge SEVİM: She obtained the data and made it ready for analysis. Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Etzkowitz, H., "The Triple Helix of University - Industry - Government Implications for Policy and Evaluation". Stockholm: Institutet för studier av ut b i l dning och forskning, 1650-3821, (2002).
- [2] Wesner, C. W., "Understanding Research, Science and Technology Parks: Global Best Practices". *Washington, DC: National Academies Press*, (2009).
- [3] Hu, J., Han, T., Yeh, F., Lu, C., "Efficiency of Science and Technology Industrial Parks in China", *Journal of Management Research*, 10 (3): 151-166, (2010).
- [4] Keleş, M., Tunca, M., "Hiyerarşik Electre Yönteminin Teknokent Seçiminde Kullanımı Üzerine Bir Çalışma", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Doktora Tezi, Isparta, (2015).
- [5] Baykul, A., Sungur, O., Dulupçu, M., "Teknoloji Geliştirme Bölgesi Yönetici Şirketlerinin Yönetim Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta. *Vizyoner Dergisi*, 7(15): 70-82, (2016).
- [6] Eyyuboğlu, B., Günay S., "Türkiye' de Teknoparkların Coğrafi Dağılım ve Yoğunluğu (2001-2015)", *Doğu Coğrafya Dergisi* 21 (35): 75-88, (2016).
- [7] Özdemir, Y., "Teknoparklar Üzerine Bir Değerlendirme: ODTÜ Teknokent Firmalarının Etkinlik Analizi", *AJIT-e: Online Academic Journal of Information Technology Informatics and Communication Technologies Special Issue/İletişim ve Bilişim Teknolojileri*, 9 (35): (2018).
- [8] İlkyaz, G. "İnovasyon, Teknoparklar ve Savunma Sanayi Sektörü: ODTÜ Teknokent Örneği". <http://www.ssm.gov.tr/anasayfa/kurumsal/SSM%20Dergisi/2009-3/55-59.pdf>
- [9] Yüksel U., "Üniversite Sanayi İşbirliğinde Bir Araç Olarak Teknoparklar", http://www.emo.org.tr/ekler/6a93ba89a5b5c6c_ek.doc, (2016).
- [10] Yang, Z. ve Hao, G. ve Cheng, Z. "Investigating Operations of Industrial Parks in Beijing: efficiency at different stages". *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, 31 (1): 755-777, (2018).
- [11] Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444, (1978).
- [12] Koçak, İ., Boran, K., "Türkiye'deki İllerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi", *Politeknik Dergisi*, 22(2): 351-365, 2019.
- [13] Aydın Yenioğlu, Z., Ateş, V., "Yenilenebilir Enerji Kullanımındaki Göreceli Etkinliklerin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi: Türkiye ve Yedi Avrupa Ülkesi Örneği", *Politeknik Dergisi*, 22(4): 863-869, 2019.
- [14] Aydın Yenioğlu Z., Toklu B., "Stokastik veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü: Türkiye elektrik dağıtım şirketlerinin karşılaştırmalı analizi", *Politeknik Dergisi*, 24(1): 87-101, (2021).
- [15] Sexton, T. R. , Silkman, R. H. , & Hogan, A. J. Data envelopment analysis: Critique and extensions. *New Directions for Evaluation*, 32: 73-105, (1986).
- [16] Andersen, P., Petersen, N. "A procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 39(10): 1261-1264, (1993).
- [17] Khouja, M., "The use of data envelopment analysis for technology selection". *Computers & Industrial Engineering*, 28(1): 123-132, (1995).
- [18] Zhu, J., "Multidimensional quality-of-life measure with an application to Fortune's best cities.", *Socio-Economic Planning Sciences*, 35(4): 263-284, (2001).
- [19] Karsak, E. E., Özogul, C. O., "An Integrated Decision Making Approach for ERP System Selection", *Expert Systems with Applications*, 36(1): 660-667, (2009).
- [20] Karsak, E. E., Ahiska, S. S., "Practical common weight multi-criteria decision-making approach with an improved discriminating power for technology selection". *International Journal of Production Research*, 43(8): 1537-1554, (2005).
- [21] Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U., "Integrating data envelopment analysis and analytic hierarchy for the facility layout design in manufacturing system", *Information Sciences*, 176 (3): 237-262, (2006).
- [22] Amin, G. R., Toloo, M., "Finding the most efficient DMUs in DEA: An improved integrated model". *Computers & Industrial Engineering*, 52(1): 71-77, (2007).
- [23] Amin, G. R., "Comments on finding the most efficient DMUs in DEA: An improved integrated model". *Computers & Industrial Engineering*, 56(4): 1701-1702, (2009).
- [24] Ferooghi, A. A., "A new mixed integer linear model for selecting the best decision making units in data envelopment analysis". *Computers & Industrial Engineering*, 60(4): 550-554, (2011).
- [25] Wang, Y. M., Jiang, P., "Alternative mixed integer linear programming models for identifying the most efficient decision making unit in data envelopment analysis". *Computers & Industrial Engineering*, 62(2): 546-553, (2012)
- [26] Toloo, M., "Alternative minimax model for finding the most efficient unit in data envelopment analysis". *Computers & industrial engineering*, 81, 186-194, (2015).
- [27] Toloo, M., Salahi, M., "A powerful discriminative approach for selecting the most efficient unit in DEA". *Computers and Industrial Engineering*, 115, 269-277, (2018)
- [28] <https://teknopark.sanayi.gov.tr/Home/TgbListesi>, erişim tarihi: 04.02.2020
- [29] Anderson, T.R., Hollingsworth, K., Inman, L., "The fixed weighting nature of a cross-evaluation model". *Journal of Productivity Analysis*, 17(3): 249-255, (2002)
- [30] Doyle, J., Green R. "Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivations, Meaning and Uses", *Journal of Operational Research Society*, 45(5): 567-578, (2002).
- [31] Wang, Y. M., Chin, K. S., "A neutral DEA model for cross efficiency evaluation and its extension". *Expert Systems with Applications*, 37(5): 3666-3675, (2010).