

Makale Türü/Article Type: Araştırma Makalesi

BIST Teknoloji/Bilişim Sektöründeki Firmaların Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi ile Etkinlik Ölçümü

Efficiency Measurement of Technology Firms in BIST with Data Envelopment Analysis and Malmquist Total Factor Productivity Index

Zeynep ÇOLAK¹

Öz

Günümüzde artan işletme sayısı ve gelişen küreselleşme olgusu ile birlikte, firmalar, kaynaklarını en etkili bir şekilde kullanmayı amaçlamaktadır. Firmaların bu çabalarının, ne ölçüde başarıya ulaştığını görebilmelerinin en doğru yolu ise, kendileriyle aynı sektörde yer alan diğer firmalarla yapacakları etkinlik karşılaştırmalarıdır. Çalışmada, araştırma kapsamında olan firmaların etkinlikleri ölçülecek ve etkinliği belirleyen finansal oranların neler oldukları ve bu oranların önem düzeyleri tespit edilecektir. Bu amaçla BİST Teknoloji/Bilişim endeksi kapsamında bulunan 29 firmanın 2019-2020-2021 yıllarına ait dönem sonu finansal tabloları kullanarak her yıl için 6 ayrı finansal oran hesaplanmıştır. Veri Zarflama Analizi (VZA) ile firmaların etkinlikleri ölçülmüş ve firmaların etkinliğinin yıllar itibarıyla nasıl değiştiği Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) yaklaşımı ile belirlenmiştir. Analizde yer alan girdi oranları; Cari Oran, Borç/Özkaynak Oranı, Borçlar/Aktifler Oranı, Özsermaye/Aktifler Oranı; çıktı oranları ise; Aktif Karlılık Oranı ve Net Kar Marjı olarak belirlenmiştir. Analizde etkinlik değerleri ve verimlilik Win4DEAP2-Window for Deap paket programıyla ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Veri zarflama analizi, malmquist toplam faktör verimlilik endeksi, etkinlik ölçümü.

Abstract

Today, with the increasing number of businesses and the developing globalization phenomenon, companies aim to use their resources in the most effective way. The most accurate way for companies to see how successful these efforts have been is by comparing their effectiveness with other companies in the same industry. In the study, the efficiency of the companies within the scope of the research will be measured and the financial ratios that determine the efficiency and the importance levels of these ratios will be determined. For this purpose, 6 different financial ratios were calculated for each year by using the end-of-period financial statements of the 29 companies within the scope of the BIST Technology/Informatics index for the years 2019-2020-2021. The efficiency of the companies was

¹ **Sorumlu Yazar:** Dr.Öğr.Üyesi, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Biga İİBF İşletme Bölümü, Çanakkale, Türkiye, zolak.84@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0058-6809>

Bu Yayına Atıfta Bulunmak İçin/Cite as:

Çolak, Z. (2022). BIST Teknoloji/Bilişim Sektöründeki Firmaların Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi ile Etkinlik Ölçümü. *Sosyal Bilimlerde Nicel Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 128-151

measured with Data Envelopment Analysis (DEA), and how the effectiveness of the companies changed over the years, Malmquist Total Factor Determined by Efficiency (MTFV). Input rates included in the analysis; Current Ratio, Debt/Equity Ratio, Debts/Asset Ratio, Equity/Asset Ratio; output rates are; Return on Assets and Net Profit Marj. Efficiency values and efficiency in the analysis were measured with the Win4DEAP 2-Window for Deep package program.

Keywords: Data envelopment analysis, malmquist total factor productivity index, effectiveness measurement

1. Giriş

Günümüzde artan rekabet ortamı ile birlikte, gerek finans sektöründe gerekse reel sektörde firmaların performansları ve etkinliklerinin ölçümü konusu hem ulusal hem uluslararası literatürde önem kazanmaya başlamıştır. Var olan rekabet ortamı, firmaları kaynaklarını optimal bir şekilde kullanmaya itmektedir. Bunu sağlamak için firmaların rekabet ettikleri sektör içinde performanslarını değerlendirmeleri ve etkinlik sınırında var olmak için referans almaları gereken firmaları belirlemeleri gerekmektedir (Atan ve Kılılı, 2005).

Firma yöneticileri firmalarının plan ve hedeflerinden sapmaları belirlemek ve rekabet ettikleri diğer işletmelere göre durumlarını görmek için dönemsel olarak çeşitli ölçüm ve değerlemelere ihtiyaç duymaktadırlar (Sayım ve Yalama, 2008). Finansal etkinlik analizlerinde kullanılan finansal oranlar, finansal tablolarda var olan farklı kalemler arasındaki basit matematiksel ilişkileri göstermektedir (Akgüç, 1991). Anlamlı ve doğru bir finansal analiz için tablolardaki finansal oranlar arasından analiz için gerekli olan oranlar hesaplanmalı ve doğru bir şekilde yorumlanmalıdır.

Finansal oranlar temel olarak dört grupta sınıflandırılmaktadır (İç vd., 2015). Birinci grupta likidite oranları yer almaktadır. Likidite, bir finansal ürünün nakde çevrilebilme kolaylığıdır. İkinci grupta ise finansal yapı oranları yer almaktadır. Finansal yapı oranları, işletmelerin sermayesinin hangi oranda borçlanma kaynaklı finansmandan oluştuğunu ifade eder ve yabancı kaynak finansmanının firma için hangi düzeyde faydalı olabileceğini değerlendirmeye yarayan oranlardır. Üçüncü grupta faaliyet oranları vardır. Faaliyet oranları, firmaların sahip oldukları tüm varlığı ne kadar etkili kullandığını gösteren bir orandır. Dördüncü grupta ise karlılık oranları vardır ve bir işletmenin yatırım ve finansman kararlarının ne derece uygun olduğunu gösteren oranlardır.

Bu kapsamda çalışmada, araştırma kapsamında olan firmaların etkinliklerini ölçmek, etkinliği belirleyen finansal oranların neler oldukları ve bu oranların önem düzeylerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. BİST Teknoloji/Bilişim endeksi kapsamında bulunan 29 firmanın 2019-2020-2021 yıllarına ait dönem sonu finansal tablolarını kullanarak her yıl için 6 ayrı finansal oran hesaplanmış, Veri Zarflama Analizi (VZA) ile firmaların etkinlikleri ölçülmüş ve firmaların etkinliğinin yıllar itibarıyla nasıl değiştiği Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) ile belirlenmiştir.

2. Literatür taraması

Malmquist toplam faktör verimlilik endeksine dayalı veri zarflama analizi uygulaması, ülkelerin karşılaştırılmasında ve farklı iş kollarında (tarım, sağlık, bankacılık sektörü vb.) verimlilik hesaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. VZA'nın en yaygın güçlü yönleri: potansiyel iyileştirme yetenekleri sağlar; verimsizlik kaynaklarını gösterir ve performansları ölçerken yönetim tercihlerini de hesaba katar (Eken ve Kale, 2011). VZA, matematiksel programlamayı kullanan çoklu girdi ve çıktılara sahip bir Karar Verme Birimi (KVB) setinin göreceli etkinliğini ölçmek için bir yaklaşımdır. İlk VZA modeli Charnes vd. (1978) tarafından önerilmiştir. O zamandan beri, çeşitli VZA modelleri geliştirilmiş ve birçok alanda yaygın olarak uygulanmıştır.

Zhu (2000) çalışmasında 204 İzlanda şirketini VZA yöntemi ile incelemiş ve önemli sayıda İzlanda şirketinin üretim sürecinde verimsiz şirketler olarak sınıflandırıldığını bulmuştur. Drake ve Hall (2003) Japon bankacılığindeki teknik ve ölçek etkinliğini analiz etmek için VZA'yı kullanmıştır. Analiz bulguları, sorunlu kredilerin dışsal etkisinin kontrol edilmesinin, özellikle küçük bölgesel bankalar için en önemli faktör olduğunu göstermektedir. Liu vd. (2010) 2004–2006 yılları arasında Tayvan'ın başlıca termik santrallerinin enerji üretim verimliliğini değerlendirmek için VZA yöntemini kullanmış ve incelenen tüm enerji santrallerinin kabul edilebilir genel işletme verimliliklerine ulaştığı sonucuna varmıştır. Bayyurt ve Düz (2008), Türk ve Çinli imalat şirketlerinin performanslarını değerlendirmek için ağırlıklı VZA kullandıkları analizlerin sonucunda, Türk imalat firmalarının Çinli imalatçılardan daha düşük ortalama etkinliğe sahip olduğunu göstermektedir. Edirisinghe ve Zhang (2010) çalışmalarında, optimize edilmiş bir temel güçlendirme endeksi belirlemek için ABD Menkul Kıymetler Piyasasının büyük bir bölümünü içeren 800'den fazla firmanın üç aylık mali verilerini kullanarak VZA yöntemi ile analiz yapmışlardır.

Malmquist modeli, VZA'da üretkenlik ölçümü için çok faydalı bir yaklaşımdır (1982). Färe (1994)'nin araştırmasına göre, Malmquist modelinin biri verimlilik değişikliklerini, diğeri de teknolojik değişiklikleri ölçen iki bileşeni vardır. VZA Malmquist modellerini kullanan birçok uygulama ve araştırmacı bulunmaktadır.

Suh ve Kim (2012), hizmet sektöründeki küçük ve orta ölçekli işletmelerin ürün/hizmet yenilik etkinliği, süreç yenilik etkinliği, patentleme etkinliği ve toplam Ar-Ge etkinliği olmak üzere dört etkinliği değerlendirmiştir. Verimlilikler, dört verimlilik kavramına karşılık gelen girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak VZA ile hesaplanmıştır. Teknoloji edinimi, Ar-Ge işbirliği ve ağ oluşturma dahil olmak üzere işbirliği modlarının dört verimlilik üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Guan vd. (2016), VZA tabanlı Malmquist üretkenlik analizi ile ülkelerin Ar-Ge etkinliğinin zaman içindeki değişimini inceledikleri çalışmalarında, bir işbirliği ağının yapısal özelliklerinin Ar-Ge verimliliğini etkileyip etkilemediğini değerlendirmişlerdir.

Chang vd. (2013) Malmquist modelini kullanarak Çin'deki firmaların sürdürülebilirliğini değerlendirmiş ve yedi sektörün sürdürülebilirlik performanslarını iyileştirdiğini ve doğal kaynaklar sektörünün diğerlerinden daha yüksek performansa sahip olduğunu göstermişlerdir. Wang (2019) 2012–2018 yılları arasında dünyadaki 40 büyük şehrin

performansını ölçmek için Malmquist modelini kullanmış ve şehirlerin dörtte birinin kaynakları çıktı faktörlerine dönüştürmede mükemmel verimlilik elde edebildiğini bulmuştur. Akın (2018) BIST’te işlem gören doküma sektörüne ait 17 firmanın 2013 - 2017 yıllarına ait etkinliklerini VZA ile yıllar içinde firmaların etkinliklerinin nasıl değiştiğini belirlemek için de Malmquist Toplam Faktör Verimlilik (MTFV) endeksi ile analizler gerçekleştirmiştir.

3. Veri zarflama analizi (VZA)

Bugün işletmelerin performans ve etkinliklerinin tespit edilmesinde tek bir model ve yöntemden bahsetmek mümkün değildir. Bu amaçla farklı uygulama ve çalışmalarda performansın farklı yönlerini ön plana çıkartan birçok hesaplama şekli geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında çoklu girdi ve çoklu çıktılarının kullanıldığı üretim ortamlarında kullanıma uygun olan ve parametrik olmayan yöntemler oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Yolalan, 1993). Söz konusu matematiksel programlamayı kullanan parametrik olmayan yöntemlerden en yaygın olanı ise Charnes vd. tarafından 1978 yılında geliştirilen Veri Zarflama Analizi yöntemidir. Charnes, Cooper ve Rhodes' in geliştirdikleri ilk model “Ölçekten Sabit Getiri” varsayımı (CRS- Constant to Return Scale) kapsamında olan CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) modelidir. Daha sonra ise 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından VRS (Variable Return to Scale) modeli olarak bilinen ve “Ölçekten Değişken Getiri” formunu ifade eden yeni bir model oluşturulmuştur (Demir, vd, 2012).

Literatürde VZA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda, karar verme birimlerinin sayısı belirlenirken farklı bilim adamlarının iki farklı kısıttan birisini dikkate aldığı görülmektedir. Bu çalışmada karar verme birimlerinin sayısı 2.kısıt dikkate alınarak belirlenmiştir.

1. Kısıt: Girdi sayısı m , çıktı sayısı n ile ifade edildiğinde, karar verme birimlerinin sayısının en az “ $m + n + 1$ ” olmasıdır (Babacan vd., 2009:26).

$$\text{Karar verme birim sayısı} \geq m + n + 1$$

2. Kısıt: Girdi sayısı m , çıktı sayısı n ise en az $(m + n) * 2$ karar verme birimine ihtiyaç duyulmasıdır (Eleren & Özgür, 2006:66).

$$\text{Karar verme birim sayısı} = (m + n) * 2$$

VZA’ nın parametrik yöntemlere göre sağladığı en önemli avantaj, çoklu girdi ve çıktı değişkenlerinin kullanıldığı çalışmalarda parametrik yöntemlerdeki gibi önceden belirlenen bir analitik üretim fonksiyonunun varlığının öngörülmesi gereksinimi olmadan etkinlik ölçümü yapabilmesidir. Bununla birlikte girdi ve çıktı değişkenleri de birimlerden bağımsızdırlar. Bu ise işletmelerin veya karar verme birimlerinin farklı boyutlarının aynı anda test edilebilmesi imkânını sağlamaktadır (Karsak ve İşcan, 2000). VZA yönteminin sağladığı önemli avantajlardan biri de çok kriterli karar verme sürecinin işletilmesi gerektiği durumlarda analiz öncesi belirlenmesi gereken bir analitik üretim fonksiyonunun varlığına ihtiyaç duyulmamasıdır. Bununla birlikte girdi ve çıktı değişkenleri ile ölçüm birimleri birbirlerinden

bağımsızdırlar. Bu özelliği ile VZA işletmelerin farklı boyutlarının aynı süreç içerisinde ölçülebilmesi imkânını sağlamaktadır (Karsak ve İşcan, 2000).

3.1. Veri zarflama analizi modelleri

VZA' da kullanılan çeşitli modeller vardır. Bu modeller temelde, ölçüğe göre sabit getiri (CCR) ve ölçüğe göre değişken getiri (BCC) ilkesine göre ayrılmaktadır. Ayrıca, yapılan çalışmalarda toplamsal modellerin de kullanıldığı görülmektedir. Hangi modelin kullanılması gerektiği, araştırmanın kapsamına ve kullanılacak varsayımlara göre değişir.

3.1.1. Charnes-Cooper-Rhodes(CRR) modeli

Girdiye yönelik CCR modeli mevcut bulunan çıktı seviyesini karşılayabilecek şekilde girdilerin seviyesini azaltmayı amaçlayan modeldir (Kıran, 2008).Girdi değişkenlerini ağırlık alarak yapılan bu modelde etkin olmayan KVB' lerin etkin olabilmeleri için çıktı değerlerini değiştirmeden girdi değerlerinde ne kadar azaltma yapmaları gerektiği belirlenmektedir. Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından oluşturulan girdiye yönelik CCR modeli ile her bir karar birimine ilişkin etkinlik değeri, ağırlıklandırılmış çıktının ağırlıklandırılmış girdiye oranının maksimum yapılmasıyla elde edilmektedir (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978).

Bir VZA modelinde n adet KVB' nin ele alındığını ve bu KVB' lerin her birine ait m adet girdi ve s adet çıktının olduğu varsayalım. Bu durumda j-inci KVB' nin i-inci girdi miktarı $X_{ij} \geq 0$ ve j-inci KVB tarafından üretilen r-inci çıktı miktarı $Y_{rj} \geq 0$ olmak üzere girdiye yönelik kesirli CCR modeli aşağıdaki gibi olacaktır (Cooper vd., 2004).

$$Enb \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}, \quad Enb \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 0 \quad j = 0, 1, \dots, n \quad u_r, v_i \geq 0 \quad (1)$$

Enb = Enbüyükleme, ,

u_r = k-inci KVB tarafından r-inci çıktıya verilen ağırlık,

v_i = k-inci KVB tarafından r-inci girdiye verilen ağırlık

y_{rj} = j-inci KVB tarafından üretilen r-inci çıktı

x_{ij} = j-inci KVB tarafından kullanılan i-inci girdi

VZA' da oluşturulacak model sayısı analiz edilmek istenen KVB sayısı kadardır. Örneğin analiz edilmek istenen KVB sayısı n ise bu durumda oluşturulacak model sayısı da n olacaktır. KVB' lerin etkinliklerinin hesaplanabilmesi için bu n adet modelin ayrı ayrı çözümlenmesi gerekir. Yukarıdaki kesirli modelin doğrusal programlama (primal) modeli ise aşağıdaki gibi oluşmaktadır (Cooper vd., 2004).

$$Enbz = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro}, \quad \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 0, \quad \mu_r, v_i \geq 0 \quad (2)$$

Bu modelin de tüm doğrusal programlama modellerinde olduğu gibi duali de vardır. Yukarıdaki modelin duali aşağıdaki gibidir.

$$Enk\theta, \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{i0}, \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{r0}, \quad \lambda_j \geq 0 \quad (3)$$

$$i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s; j = 1, \dots, n$$

Herhangi bir KVB' nin görece etkin olması demek primal modeldeki amaç fonksiyonunun 1'e eşit olması demektir. Dual modelde herhangi bir KVB' nin etkin olması için ise:

$$\theta = 1, \quad s_i^- = 0, \quad s_i^+ = 0$$

koşullarının birlikte sağlanması gerekmektedir.

Doğrusal programlama modellerindeki eşitsizliklerin eşitlik haline dönüştürülebilmesi için s_i^- , fazla kullanılan girdilerle ilgili aylak değişkenlerini, s_r^+ ise eksik üretilen çıktılarla ilgili aylak değişkenlerini ifade etmektedir (Erpolat, 2011).

Çıktıya Yönelik CCR Modeli:

Bu model, mevcut girdilerden daha fazlasına ihtiyaç duyulmayacak biçimde çıktıları azami hale getirmeyi hedefleyen bir modeldir (Kıran, 2008). Çıktıya yönelik CCR modelinin, girdiye yönelik CCR modelinden farkı, ağırlıklandırılmış girdi ile ağırlıklandırılmış çıktı oranlaması sonucunun minimum seviyeye indirilmesidir (Erpolat, 2011:77).

Çıktıya yönelik kesirli CCR modeli aşağıdaki gibi oluşmaktadır (Cooper, vd., 2004):

$$Enk \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{i=1}^m u_r y_{r0}} \geq 1, \quad \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}{\sum_{i=1}^m u_r y_{rj}} \geq 1, \quad u_r \geq 0, \quad v_i \geq 0,$$

$$r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n, \quad Enk: Enküçükleme \quad (4)$$

Çıktıya yönelik primal CCR modelinin doğrusal programlama modeli olarak ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}, \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{i=1}^m \mu_r Y_{rj} \geq 0, \quad \sum_{i=1}^s \mu_r Y_{r0} = 1, \quad u_r \geq 0, \quad v_i \geq 0, \quad \mu_r \geq 0 \quad (5)$$

Yukarıdaki primal çıktıya yönelik CCR modelinin dual modeli ise aşağıdaki gibi oluşmaktadır:

$$Enb \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+, \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0}, \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^+ = \phi y_{r0}, \quad \lambda_j \geq 0,$$

$$\phi > 0, \quad r = 1, \dots, s, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

3.1.2. Banker-Charnes-Cooper (BCC) modeli

BCC Modeli aynı CCR Modeli gibi girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olarak iki farklı şekilde yorumlanmaktadır. Girdiye yönelik BCC Modeli, girdilerin oransal azalması boyunca,

sınır doğrusunda maksimum hareketi, çıktıya yönelik BCC Modeli ise çıktıların oransal artırımı ile sınır doğrusunda maksimum hareketi amaçlamaktadır.

CCR ve BCC modelleri arasındaki tek fark, CCR modellerinin dualine konvekslik kısıtı denilen ve etkinlik sınırının ölçeğe göre değişken getiri özelliğini göstermesini sağlayan aşağıdaki kısıtın eklenmiş olmasıdır (Ramathan, 2003; Cooper, Seiford ve Tone, 2000; Cooper, vd., 2004).

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1 \quad (7)$$

Bu kısıt ile KVB'lerin ölçeğe göre getiri türlerinin belirlenebilmesi de sağlanmıştır. KVB için hesaplanan λ_j 'lerin toplamı 1'den çok ise KVB ölçeğe göre azalan getiriyle 1'den az ise artan getiriyle ve 1 ise sabit getiriyle faaliyet gösteriyor demektir (Erpolat, 2011).

Girdiye Yönelik BCC Modeli:

Bu model, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı durumunda, çıktılarda bir değişim yapmadan, en etkin biçimde bu çıktı seviyesine ulaşmak amacıyla, girdi değişkenlerinin ne kadar azaltılması gerektiğini belirleyen modeldir (Erpolat, 2011).

Girdiye yönelik BCC modelinin kesirli, primal doğrusal programlama ve dual doğrusal programlama formülizasyonları aşağıdaki gibi oluşmaktadır (Cooper vd., 2000).

Kesirli modeli:

$$Enb \frac{uy_0 - u_0}{vx_0}, \quad Enb \frac{uy_j - u_0}{vx_j} \leq 1, \quad (j = 1, \dots, n), \quad v \geq 0, \quad u \geq 0, \quad u_0: serbest \quad (8)$$

Primal doğrusal programlama modeli:

$$Enk \theta_b, \quad \theta_b X_0 - X\lambda \geq 0, \quad Y\lambda \geq y_0, \quad e\lambda = 1, \quad \lambda \geq 0 \quad (9)$$

Dual modeli ise:

$$Enb z = uy_0 - u_0, \quad vx_0 = 1, \quad -vX + uY - u_0e \leq 0, \quad v, u \geq 0, \quad u_0: serbest \quad (10)$$

Bu modelde de CCR modeline benzer olarak iki safhada etkinlik çözümü yapılmaktadır. İlk olarak θ_B minimize edilmeli ve girdi eksiklikleri ile çıktı fazlalıkları maksimize edilmelidir. Modelde herhangi bir KVB'nin etkin olması için amaç fonksiyonunun 1'e eşit olması gerekmektedir (Cooper vd. 2000).

Çıktıya Yönelik BCC Modeli:

Bu model, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı durumunda, girdilerde bir azaltma yapmadan, maksimum çıktı seviyesine ulaşmak amacıyla, çıktı değişkenlerinin ne kadar artırılması gerektiğini belirleyen modeldir (Erpolat, 2011).

Bu modelin kesirli, primal doğrusal programlama ve dual doğrusal programlama formülasyonları aşağıdaki gibi oluşmaktadır (Cooper vd., 2000).

Kesirli model:

$$Enk \frac{ux_0 - v_0}{vy_0}, \quad Enb \frac{ux_j - u_0}{vy_j} \geq 1, \quad (j = 1, \dots, n), \quad v \geq 0, \quad u \geq 0, \quad v_0: serbest \quad (11)$$

Primal model:

$$Enb\eta_B, \quad X\lambda \leq x_0, \quad \eta_B y_0 - Y\lambda \leq 0, \quad e\lambda = 1, \quad \lambda > 0 \quad (12)$$

Dual modeli ise.

$$Enk z = vx_0 - u_0, \quad u_y = 1, \quad uX - uY - v_0e \geq 0, \quad v, u \geq 0, \quad v_0: serbest \quad (13)$$

BCC ve CCR değerlerinin her ikisi de 1 ise KVB' ler tam etkindir. Bu durumda KVB' ler optimal ölçek büyüklüğüne sahiptirler. Yani optimal ölçekte faaliyet göstermektedirler. CCR değeri 1 ve BCC değeri 1' den küçük ise KVB ölçek büyüklüğüne göre toplam etkin fakat teknik etkin değildir (Kutlar ve Babacan, 2008).

4. Yöntem

Araştırmada, etkinlik ve verimlilik ölçümlerinde son yıllarda uygulama alanı genişleyen Veri Zarflama Analizi yöntemi ve Malmquist toplam verimlilik analizi kullanılmıştır. 2019-2020-2021 yıllarında faaliyet gösteren 14 Teknoloji/Bilişim firmasının cari oran, borç-öz kaynak oranı, borç-aktif oranı, özsermaye-aktif oranı, aktif karlılık ve net kâr marjı değişkenleri ekseninde toplam faktör verimlilik değişimleri ve bu değişimin nedenleri Malmquist toplam verimlilik endeksi ile incelenmiştir. Endeksin oluşturulması için gerekli olan “teknolojik değişim, tam teknik etkinlik ve ölçek etkinlik değişim değerleri” hesaplanarak, firmaların kendilerine uygun ölçekte faaliyet gösterip göstermedikleri, aynı girdiyle üretilen çıktı miktarlarındaki değişimin yönü ve yönetsel etkinlikler de belirlenerek sektörün gelecek ile ilgili stratejilerinin oluşturulmasında belirleyici sonuçlar elde edilmiştir.

Analizde 14 firmanın 2019-2020-2021 yıllarındaki etkinlik değerleri ve verimlilikleri Win4DEAP2-Window for Deap paket programıyla ölçülmüştür. 1 değerini alan firmalar etkin firma, 1' in altında değer alan firmalar ise etkin olmayan firmalar olarak kabul edilmiştir.

Veri Zarflama analizde; ‘orientation-yönelim’, ‘zarflama yüzeyi’ ve ‘model’ seçimine aşağıdaki aşamalar kullanılarak karar verilmiştir:

1. Orientation-yönelim; ‘DEA Girdi Yönelimli Yaklaşım’ ile
 - Returns to Scale-ölçeğe göre getiri; ‘CCR Variable-Sabit Getirili Model’,
 - Returns to Scale-ölçeğe göre getiri; ‘BCC Variable-Değişken Getirili Model’,
 - Calculate-hesaplama; ‘DEA multi-stage’ aşamalarıdır.
2. Orientation-yönelim; ‘DEA Çıktı Yönelimli Yaklaşım’,
 - Returns to Scale-ölçeğe göre getiri; ‘CCR Variable-Sabit Getirili Model’,
 - Returns to Scale-ölçeğe göre getiri; ‘BCC Variable-Değişken Getirili Model’,
 - Calculate-hesaplama; ‘DEA multi-stage’ aşamalarıdır.

4.1.Çalışmanın amacı ve veriler

Çalışmanın amacı, araştırma kapsamında olan firmaların etkinliklerini ölçmek, etkinliği belirleyen finansal oranların neler olduklarının ve bu oranların önem düzeylerinin tespit edilmesidir. Bu amaçla BİST Teknoloji/Bilişim endeksi kapsamında bulunan 29 firmanın 2019-2020-2021 yıllarına ait dönem sonu finansal tablolarını kullanarak her yıl için 6 ayrı finansal oran hesaplanmıştır. Verileri süreklilik arz etmeyen 10 firma ve negatif değere sahip 5 firma olmak üzere toplamda 15 firma veri zarflama analizine dâhil edilmemiştir.

Firmaların mali tabloları Kamuyu Aydınlatma Platformu (KAP) sitesinden (www.kap.org.tr) faydalanarak elde edilmiştir. Firmaların etkinliklerini ölçmek için 2019-2020-2021 dönemine ait 3 yıllık Bilanço ve Gelir tablolarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışmaya dâhil edilen firmaların listesi Tablo 1’ de yer almaktadır.

Tablo 1. Çalışmaya Dâhil Edilen Firmalar

KOD	FİRMA UNVANI
ARDYZ	ARD GRUP BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ A.Ş.
ARENA	ARENA BİLGİSAYAR SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
DESPC	DESPEC BİLGİSAYAR PAZARLAMA VE TİCARET A.Ş.
DGATE	DATAGATE BİLGİSAYAR MALZEMELERİ TİCARET A.Ş.
FONET	FONET BİLGİ TEKNOLOJİLERİ A.Ş.
İNDES	İNDEKS BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
KFEIN	KAFEİN YAZILIM HİZMETLERİ TİCARET A.Ş.
KAREL	KAREL ELEKTRONİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
KRONT	KRON TELEKOMÜNİKASYON HİZMETLERİ A.Ş.
LINK	LİNK BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ YAZILIMI VE DONANIMI SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
LOGO	LOGO YAZILIM SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
PAPIL	PAPİLON SAVUNMA TEKNOLOJİ VE TİCARET A.Ş.
PKART	PLASTİKKART AKILLI KART İLETİŞİM SİSTEMLERİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
SMART	SMARTİKS YAZILIM A.Ş.

Analizde kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin seçiminde literatürdeki çalışmalardan faydalanılmış olup girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 2’ de yer almaktadır.

Tablo 2. Girdi ve Çıktı Değişkenler

Girdi/Çıktı	Oranlar	Tanımlar
Girdi	Cari Oran	Dönen varlıklar / Kısa vadeli yükümlülükler
	Borç/Özkaynak Oranı	Toplam yükümlülükler / Toplam özkaynaklar
	Borçlar/Aktifler Oranı	Toplam yükümlülükler / Toplam varlıklar

	Özsermaye/Aktifler Oranı	Toplam Öz kaynaklar / Toplam varlıklar
Çıktı	Aktif Karlılık Oranı	Net dönem karı (zararı) / Toplam varlıklar
	Net Kar Marjı	Net kar / Net satışlar

Analiz kapsamında olan 14 firmanın 2019-2020-2021 yıllarındaki bilançoları ve gelir tabloları incelenerek elde edilen veriler analize dahil edilmiştir. VZA’ da karar birim sayısı, girdi sayısı ile çıktı sayısı toplamının bir fazlası, girdi sayısı ile çıktı sayısı toplamının iki katı olmalıdır (Bousofiane, Dyson ve Thanassoulis, 1991: 1-15. akt.Kayalidere ve Kargın 2004: 205). VZA’ nın güvenilirliği için bu iki kısıt sağlanmıştır.

5. Uygulama

Girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak, yıllara göre yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen finansal oralar Tablo 3’ te yer almaktadır.

Tablo 3. Firmaların Yıllara Göre Finansal Oranları

Firma	Yıl	Girdi Değişkenler				Çıktı Değişkenler	
		Cari Oran	Borç/Özkaynak Oranı	Borçlar/Aktifler Oranı	Özsermaye/Aktifler Oranı	Aktif Karlılığı	Net Kar Marjı
ARDYZ	2019	3.860	0.226	0.184	0.816	0.297	0.465
	2020	6.172	0.119	0.106	0.894	0.338	0.525
	2021	5.533	0.113	0.101	0.899	0.419	0.544
ARENA	2019	1.582	1.681	0.627	0.373	0.025	0.010
	2020	1.527	1.855	0.650	0.350	0.039	0.013
	2021	1.259	3.872	0.795	0.205	0.017	0.011
DESPC	2019	2.056	0.939	0.484	0.516	0.083	0.044
	2020	1.532	1.827	0.646	0.354	0.073	0.031
	2021	1.531	1.858	0.650	0.350	0.104	0.054
DGATE	2019	1.777	1.211	0.548	0.452	0.086	0.031
	2020	1.555	1.730	0.634	0.366	0.074	0.022
	2021	1.640	1.518	0.603	0.397	0.087	0.028
FONET	2019	1.322	0.185	0.156	0.844	0.185	0.298
	2020	2.953	0.146	0.127	0.873	0.255	0.427
	2021	2.715	0.445	0.308	0.692	0.197	0.439
INDES	2019	1.236	3.624	0.784	0.216	0.045	0.020
	2020	1.164	5.090	0.836	0.164	0.041	0.016
	2021	1.171	5.361	0.843	0.157	0.063	0.033
KFEIN	2019	4.084	0.211	0.174	0.826	0.141	0.181
	2020	1.216	0.430	0.301	0.699	0.102	0.194
	2021	1.503	0.669	0.401	0.599	0.056	0.064
KAREL	2019	1.567	1.939	0.660	0.340	0.101	0.139
	2020	1.406	2.005	0.667	0.333	0.086	0.127
	2021	1.542	2.416	0.707	0.293	0.034	0.041
KRONT	2019	1.918	0.490	0.329	0.671	0.144	0.199
	2020	1.531	0.710	0.415	0.585	0.104	0.198

	2021	1.443	0.972	0.493	0.507	0.222	0.415
LINK	2019	9.144	0.165	0.141	0.859	0.184	0.475
	2020	12.629	0.129	0.115	0.885	0.235	0.618
	2021	7.642	0.184	0.155	0.845	0.325	1.185
LOGO	2019	1.553	0.966	0.491	0.509	0.111	0.204
	2020	1.338	1.041	0.510	0.490	0.104	0.209
	2021	1.073	1.169	0.539	0.461	0.153	0.362
PAPIL	2019	10.331	0.117	0.105	0.895	0.090	0.479
	2020	29.278	0.051	0.048	0.952	0.100	0.353
	2021	12.639	0.090	0.083	0.917	0.198	0.839
PKART	2019	2.025	0.763	0.433	0.567	0.082	0.041
	2020	2.827	0.451	0.311	0.689	0.078	0.028
	2021	2.062	0.749	0.428	0.572	0.127	0.054
SMART	2019	2.842	0.190	0.160	0.840	0.107	0.289
	2020	2.100	0.247	0.198	0.802	0.046	0.137
	2021	1.378	0.354	0.261	0.739	0.041	0.105

Analiz için VZA' nın hem girdi hem de çıktı yönelimli CCR ve BCC modelleri kullanılarak girdi ve çıktıların optimizasyonu amaçlanmıştır. Analiz kapsamında yer alan firmaların 2019-2020-2021 dönemine ait 3 yıllık finansal oranlara ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 4' te yer almaktadır.

Tablo 4. Tanımlayıcı İstatistik Bilgiler

	Yıl	N	Ort.	Medyan	S. Sapma	Min	Max
Cari Oran	2019	14	3.24	1.97	2.90	1.24	10.33
	2020	14	4.80	1.54	7.69	1.16	29.28
	2021	14	3.08	1.54	3.34	1.07	12.64
	Toplam	42	3.71	1.61	5.00	1.07	29.28
Borç/Özkaynak Oranı	2019	14	0.91	0.63	0.98	0.12	3.62
	2020	14	1.13	0.58	1.36	0.05	5.09
	2021	14	1.41	0.86	1.55	0.09	5.36
	Toplam	42	1.15	0.73	1.28	0.05	5.36
Borçlar/Aktifler Oranı	2019	14	0.38	0.38	0.23	0.11	0.78
	2020	14	0.40	0.36	0.26	0.05	0.84
	2021	14	0.45	0.46	0.25	0.08	0.84
	Toplam	42	0.41	0.43	0.24	0.05	0.84
Özsermaye/Aktifler Oranı	2019	14	0.62	0.62	0.23	0.22	0.90
	2020	14	0.60	0.64	0.26	0.16	0.95
	2021	14	0.55	0.54	0.25	0.16	0.92
	Toplam	42	0.59	0.58	0.24	0.16	0.95
Aktif Karlılığı	2019	14	0.12	0.10	0.07	0.03	0.30
	2020	14	0.12	0.09	0.09	0.04	0.34
	2021	14	0.15	0.12	0.12	0.02	0.42
	Toplam	42	0.13	0.10	0.09	0.02	0.42
Net Kar Marjı	2019	14	0.21	0.19	0.17	0.01	0.48
	2020	14	0.21	0.17	0.20	0.01	0.62

	2021	14	0.30	0.08	0.36	0.01	1.18
	Toplam	42	0.24	0.16	0.25	0.01	1.18

Teknoloji/bilişim firmalarının cari oran ortalamaları 3.71 ile ideal değerin üstünde olduğu (ideal değer: cari oran>1), borç özkaynak oranının 1.15 katı olduğu ve firmaların ortalama aktiflerinin %41' inin borçla finanse edildiği ve ortalama aktiflerinin %59' unun özsermaye ile finanse edildiği tespit edilmiştir. Teknoloji/bilişim firmalarının 3 yıllık verilerine göre aktif karlılıklarının %13, net kar marjının %24 olduğu tespit edilmiştir.

VZA analizi için seçilen girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki Pearson korelasyon analiz sonuçlarına ilişkin katsayılar Tablo 5' tedir.

Tablo 5. Değişkenler Arasındaki Pearson Korelasyon Analizi

N=14	Yıl	Cari Oran	Borç/Özkaynak Oranı	Borçlar/Aktifler Oranı	Özsermaye/Aktifler Oranı	Aktif Karlılığı	Net Kar Marjı
Cari Oran	2019	1.00					
	2020	1.00					
	2021	1.00					
Borç/Özkaynak Oranı	2019	-0.48	1.00				
	2020	-0.37	1.00				
	2021	-0.46	1.00				
Borçlar/Aktifler Oranı	2019	-0.63*	0.91**	1.00			
	2020	-0.58*	0.87**	1.00			
	2021	-0.72**	0.88**	1.00			
Özsermaye/Aktifler Oranı	2019	0.63*	-0.91**	-1.00**	1.00		
	2020	0.58*	-0.87**	-1.00**	1.00		
	2021	0.72**	-0.88**	-1.00**	1.00		
Aktif Karlılığı	2019	0.25	-0.59*	-0.65*	0.65*	1.00	
	2020	0.21	-0.50	-0.64*	0.64*	1.00	
	2021	0.57*	-0.56*	-0.71**	0.71**	1.00	
Net Kar Marjı	2019	0.75**	-0.66*	-0.82**	0.82**	0.72**	1.00
	2020	0.51	-0.60*	-0.78**	0.78**	0.88**	1.00
	2021	0.81**	-0.54*	-0.74**	0.74**	0.79**	1.00

*%5 düzeyinde, **%1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

2019 yılı korelasyon değerlerine göre; Cari oran ile borç-özkaynak ($r=-0.48$, $p>0.05$), aktif kârlılık ($r=0.25$, $p>0.05$) arasında anlamlı bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Cari oran ile borç-aktif oranı ($r=-0.63$, $p<0.05$) arasında negatif yönde; özsermaye-aktif oranı ($r=0.63$, $p<0.05$), net kâr marjı ($r=0.75$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Borç-özkaynak oranı ile borç-aktif oranı ($r=0.91$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde; özsermaye-aktif oranı ($r=-0.91$, $p<0.01$), aktif kârlılık ($r=-0.59$, $p<0.05$), net kâr marjı ($r=-0.66$, $p<0.05$) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Borç-aktif oranı ile özsermaye-aktif oranı ($r=-1.00$, $p<0.01$), aktif kârlılık ($r=-0.65$, $p<0.05$), net kâr marjı ($r=-0.82$, $p<0.01$) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Özsermaye-aktif oranı ile aktif kârlılık ($r=0.65$, $p<0.05$), net kâr marjı ($r=0.82$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı

bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Aktif kârlılık ile net kâr marjı ($r=0.72$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

2020 yılı korelasyon değerlerine göre; Cari oran ile borç-özkaynak ($r=-0.37$, $p>0.05$), aktif kârlılık ($r=0.21$, $p>0.05$), net kâr marjı ($r=0.51$, $p>0.05$) arasında anlamlı bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Cari oran ile borç-aktif oranı ($r=-0.58$, $p<0.05$) arasında negatif yönde; özsermaye-aktif oranı ($r=0.58$, $p<0.05$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Borç-özkaynak oranı ile aktif kârlılık ($r=-0.50$, $p>0.05$) arasında anlamlı bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Borç-özkaynak oranı ile borç-aktif oranı ($r=0.87$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde; özsermaye-aktif oranı ($r=-0.87$, $p<0.01$), net kâr marjı ($r=-0.60$, $p<0.05$) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Borç-aktif oranı ile özsermaye-aktif oranı ($r=-1.00$, $p<0.01$), aktif kârlılık ($r=-0.64$, $p<0.05$), net kâr marjı ($r=-0.78$, $p<0.01$) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Özsermaye-aktif oranı ile aktif kârlılık ($r=0.64$, $p<0.05$), net kâr marjı ($r=0.78$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Aktif kârlılık ile net kâr marjı ($r=0.88$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

2021 yılı korelasyon değerlerine göre; Cari oran ile borç-özkaynak ($r=-0.46$, $p>0.05$) arasında anlamlı bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Cari oran ile borç-aktif oranı ($r=-0.72$, $p<0.01$) arasında negatif yönde; özsermaye-aktif oranı ($r=0.72$, $p<0.01$), aktif kârlılık ($r=0.57$, $p<0.05$), net kâr marjı ($r=0.81$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Borç-özkaynak oranı ile borç-aktif oranı ($r=0.88$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde; özsermaye-aktif oranı ($r=-0.88$, $p<0.01$), aktif kârlılık ($r=-0.56$, $p<0.05$), net kâr marjı ($r=-0.54$, $p<0.05$) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Borç-aktif oranı ile özsermaye-aktif oranı ($r=-1.00$, $p<0.01$), aktif kârlılık ($r=-0.71$, $p<0.01$), net kâr marjı ($r=-0.74$, $p<0.01$) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Özsermaye-aktif oranı ile aktif kârlılık ($r=0.71$, $p<0.01$), net kâr marjı ($r=0.74$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Aktif kârlılık ile net kâr marjı ($r=0.79$, $p<0.01$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

5.1. Veri zarflama analizi etkinlik sonuçları

Teknoloji/bilişim endeksinde yer alan 14 firmanın yıllara göre CCR modeli girdi ve çıktı odaklı ölçek etkinlik sonuçları Tablo 6' da yer almaktadır.

Tablo 6. CCR Teknik Etkinlik Değişimleri

Firma	CCR Teknik Etkinlik Değişimleri					
	Girdi Odaklı			Çıktı Odaklı		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
ARDYZ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ARENA	0.235	0.355	0.205	0.235	0.355	0.205
DESPC	0.466	0.621	0.638	0.660	0.621	0.638
DGATE	0.607	0.596	0.506	0.607	0.596	0.506
FONET	1.000	1.000	0.960	1.000	1.000	0.960

İNDES	0.621	0.654	0.804	0.621	0.654	0.804
KFEIN	0.511	1.000	0.317	0.511	1.000	0.317
KAREL	0.814	0.853	0.226	0.814	0.853	0.226
KRONT	0.755	0.855	1.000	0.755	0.855	1.000
LINK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LOGO	0.856	1.000	1.000	0.856	1.000	1.000
PAPIL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PKART	0.453	0.367	0.542	0.453	0.367	0.542
SMART	0.780	0.450	0.357	0.780	0.450	0.357
Ort.	0.721	0.768	0.682	0.721	0.768	0.682
Etkin Karar Birim Sayısı	4	6	5	4	6	5
Etkinlik Yüzdesi	29%	43%	36%	29%	43%	36%

CCR teknik etkinlik değerlerine göre 2019, 2020 ve 2021 yıllarında görece olarak etkin olan 3 firma tespit edilmiştir. Bu firmalar ARDYZ, LINK ve PAPIL' ın 3 yılda hem girdi odaklı hem çıktı odaklı olarak etkin olduğu gözlenmiştir.

Girdi odaklı CCR teknik etkinlik değerlerine baktığımızda; 2019 yılında 14 firmadan %29' u (ARDYZ, FONET, LINK, PAPIL), 2020 yılında 14 firmadan %43' ü (ARDYZ, FONET, KFEIN, LINK, LOGO, PAPIL), 2021 yılında 14 firmadan %36' sı (ARDYZ, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL) görece olarak etkin faaliyet göstermektedir. Ortalama etkinlik değerlerine bakarsak, teknoloji/bilişim firmalarının 2019 ve 2021 yılına kıyasla 2020 yılında daha etkin faaliyet gösterdiği söylenebilir.

Çıktı odaklı CCR teknik etkinlik değerlerine baktığımızda; 2019 yılında 14 firmadan %29' u (ARDYZ, FONET, LINK, PAPIL), 2020 yılında 14 firmadan %43' ü (ARDYZ, FONET, KFEIN, LINK, LOGO, PAPIL), 2021 yılında 14 firmadan %36' sı (ARDYZ, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL) görece olarak etkin faaliyet göstermektedir. Ortalama etkinlik değerlerine bakarsak, teknoloji/bilişim firmalarının 2019 ve 2021 yılına kıyasla 2020 yılında daha etkin faaliyet gösterdiği söylenebilir.

Tablo 7. BCC Teknik Etkinlik Değişimleri

Firma	BCC Teknik Etkinlik Değişimleri					
	Girdi Odaklı			Çıktı Odaklı		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
ARDYZ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ARENA	1.000	1.000	1.000	1.000	0.510	1.000
DESPC	1.000	1.000	1.000	0.715	1.000	1.000
DGATE	1.000	1.000	1.000	1.000	0.878	1.000
FONET	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
İNDES	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
KFEIN	1.000	1.000	1.000	0.583	1.000	1.000
KAREL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
KRONT	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LINK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

LOGO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PAPIL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PKART	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
SMART	1.000	1.000	1.000	0.967	1.000	1.000
Ort.	1.000	1.000	1.000	0.948	0.956	1.000
Etkin Karar Birim Sayısı	14	14	14	11	12	14
Etkinlik Yüzdesi	100%	100%	100%	79%	86%	100%

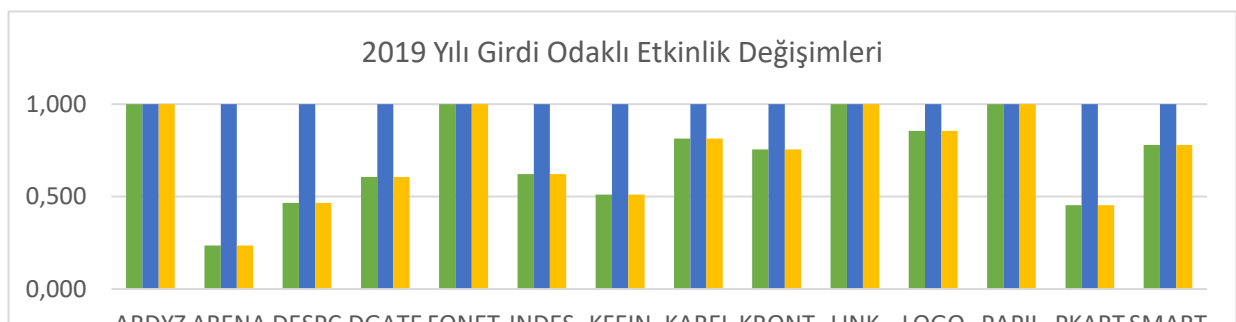
BCC teknik etkinlik değerlerine göre 2019, 2020 ve 2021 yıllarında görece olarak etkin olan 9 firma tespit edilmiştir. Bu firmalar ARDYZ, FONET, INDES, KAREL, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL ve PKART' ın 3 yılda hem gir odaklı hem çıktı odaklı olarak etkin olduğu gözlenmiştir. Girdi odaklı BCC teknik etkinlik değerlerine baktığımızda; 2019, 2020 ve 2021 yılında 14 firmanın %100' ü görece olarak etkin faaliyet göstermektedir. Çıktı odaklı BCC teknik etkinlik değerlerine baktığımızda; 2019 yılında 14 firmadan %79' u (ARDYZ, ARENA, DGATE, FONET, INDES, KAREL, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL, PKART), 2020 yılında 14 firmadan %86' sı (ARDYZ, DESPC, FONET, INDES, KFEIN, KAREL, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL, PKART), 2021 yılında 14 firmadan %100' ü görece olarak etkin faaliyet göstermektedir. Ortalama etkinlik değerlerine bakarsak, teknoloji/bilişim firmalarının 2019 ve 2020 yılına kıyasla 2021 yılında daha etkin faaliyet gösterdiği söylenebilir.

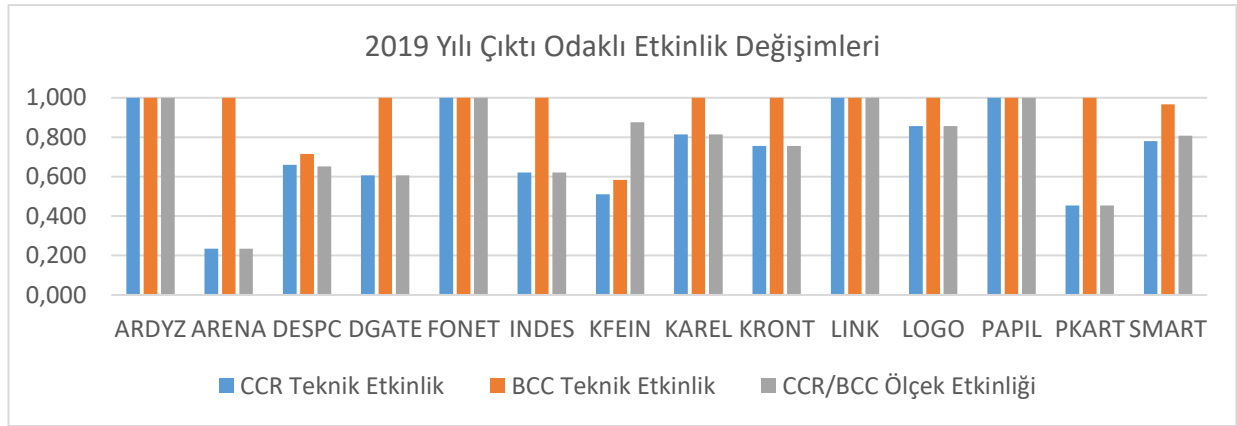
Teknoloji/bilişim endeksinde yer alan 14 firmanın yıllara CCR/BCC modeli girdi ve çıktı odaklı ölçek etkinlik sonuçları Tablo 8' de yer almaktadır.

Tablo 8. CCR/BCC Ölçek Etkinlik Değişimleri

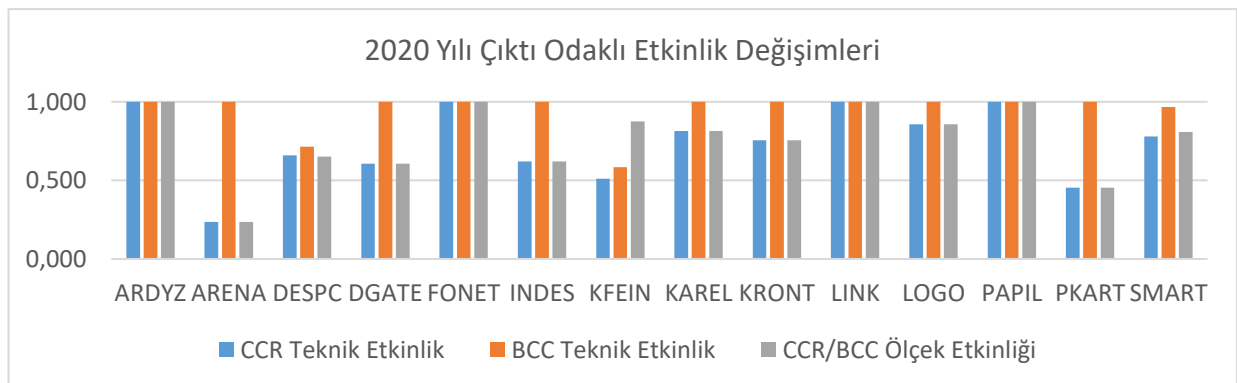
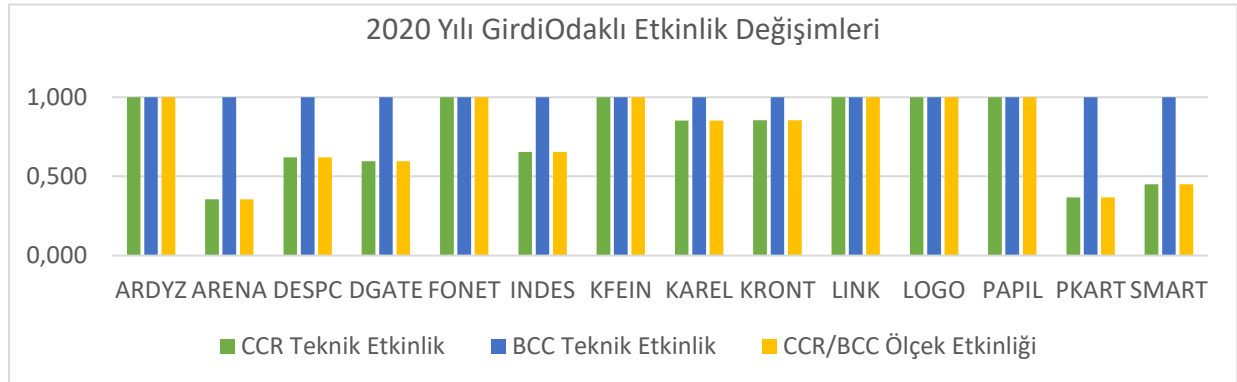
Firma	CCR/BCC Ölçek Etkinlik Değişimleri					
	Girdi Odaklı			Çıktı Odaklı		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
ARDYZ	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ARENA	0.235	0.355	0.205	0.235	0.697	0.205
DESPC	0.466	0.621	0.638	0.652	0.621	0.638
DGATE	0.607	0.596	0.506	0.607	0.679	0.506
FONET	1.000	1.000	0.960	1.000	1.000	0.960
INDES	0.621	0.654	0.804	0.621	0.654	0.804
KFEIN	0.511	1.000	0.317	0.876	1.000	0.317
KAREL	0.814	0.853	0.226	0.814	0.853	0.226
KRONT	0.755	0.855	1.000	0.755	0.855	1.000
LINK	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LOGO	0.856	1.000	1.000	0.856	1.000	1.000
PAPIL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PKART	0.453	0.367	0.542	0.453	0.367	0.542
SMART	0.780	0.450	0.357	0.807	0.450	0.357
Ort.	0.721	0.768	0.682	0.763	0.798	0.682
Etkin Karar Birim Sayısı	4	6	5	4	6	5
Etkinlik Yüzdesi	29%	43%	36%	29%	43%	36%

CCR/BCC ölçek etkinlik değerlerine göre 2019, 2020 ve 2021 yıllarında görece olarak etkin olan 3 firma tespit edilmiştir. Bu firmalar ARDYZ, LINK ve PAPIL' ın 3 yılda hem girdi odaklı hem çıktı odaklı olarak etkin olduğu gözlenmiştir.

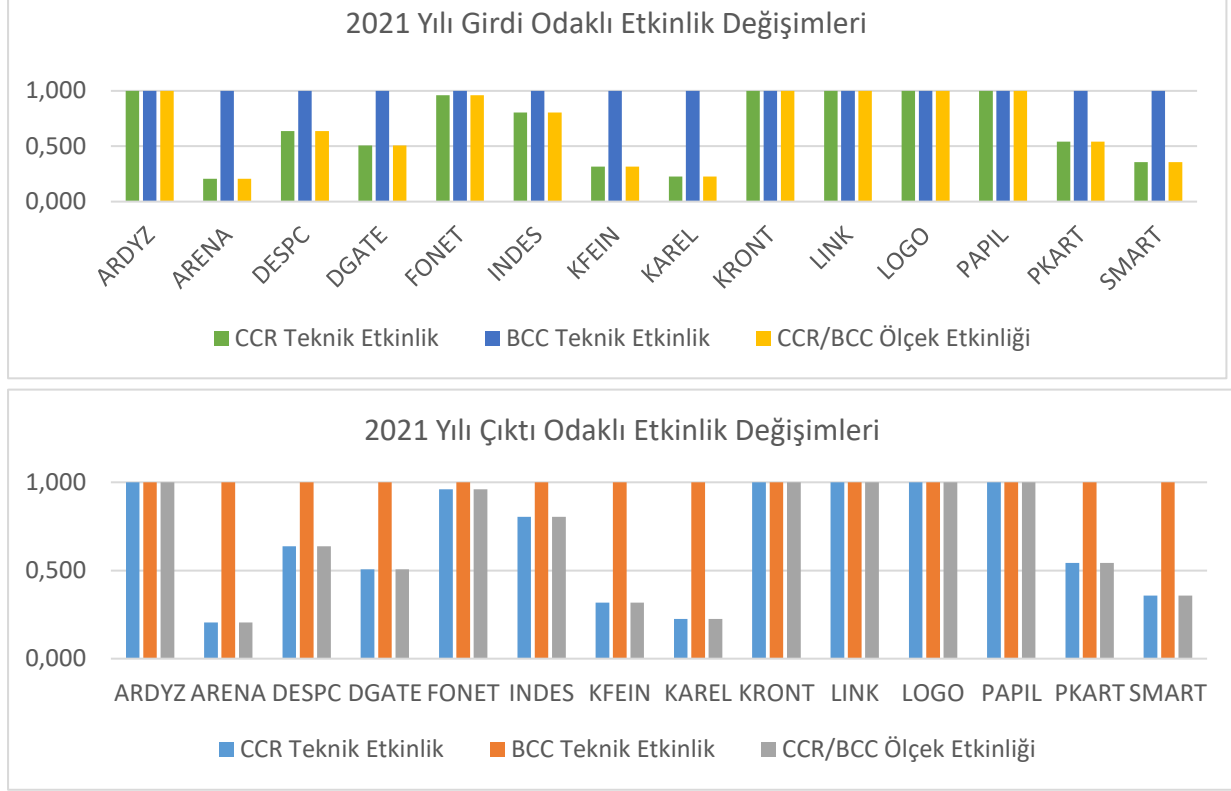




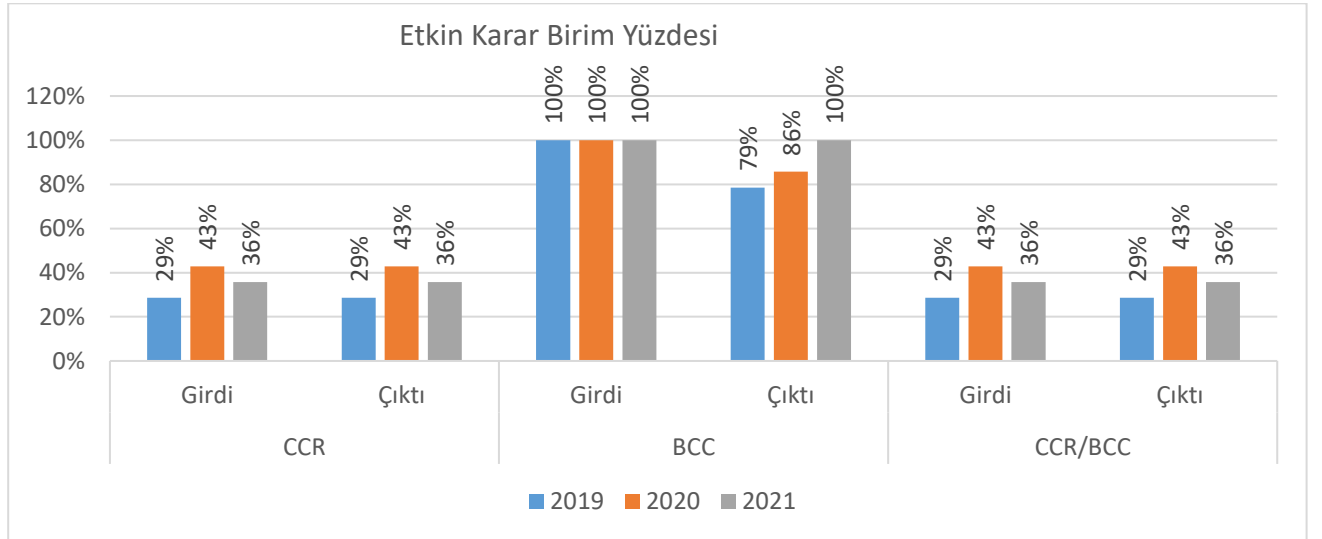
Grafik 1. 2019 Yılı Girdi ve Çıktı Odaklı Etkinlik Değişimleri



Grafik 2. 2020 Yılı Girdi ve Çıktı Odaklı Etkinlik Değişimleri



Grafik 3. 2021 Yılı Girdi ve Çıktı Odaklı Etkinlik Değişimleri



Grafik 4. Etkin Karar Birim Yüzdesi

5.2.Malmquist toplam faktör verimlilik endeksi

Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi, iki gözlemin toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ortak bir teknolojiye olan uzaklıkların oranı olarak ölçen bir yöntemdir. Bu ölçüm için “uzaklık fonksiyonu” kullanılmaktadır. Caves vd. (1982) tarafından geliştirilen bu endekse, ilk defa uzaklık fonksiyonları yardımıyla endeks kurma fikrinin Sten Malmquist (Malmquist, 1953) tarafından ortaya atılmasından dolayı Malmquist ismi verilmiştir. Uzaklık fonksiyonu ile girdilerin ve çıktıkların olduğu durumlarda maliyetin minimizasyonu veya karın maksimizasyonu gibi hedefler söz konusu olduğunda kullanılmaktadır.

Çıktıya göre uzaklık fonksiyonu;

$$d(x, y) = \min \{ \delta : (y / \delta) \in S \}$$

olarak tanımlanır ve uzaklık fonksiyonu $d(x, y)$ ' nin alacağı değerler,

- y vektörü S sınırı (üretim sınırı) üzerinde ise =1
- y vektörü S içindeki teknik etkin olmayan bir noktayı tanımlıyorsa >1
- y vektörü S dışındaki mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa <1 ’ dir.

Esas alınan s dönemi ve izleyen t dönemi arasındaki çıktıya göre Malmquist toplam faktör verimlilik değişim endeksi, “uzaklık fonksiyonu” ekseninde,

$$m(Y_s, X_s, Y_t, X_t) = \sqrt{\frac{d^s(Y_t, X_t)}{d^s(Y_s, X_s)} \times \frac{d^t(Y_t, X_t)}{d^t(Y_s, X_s)}} \quad (14)$$

formülü ile hesaplanır. Bu gösterimde $d^s(Y_t, X_t)$, t dönemi gözleminin $s(t = s + 1)$ dönemi teknolojisinden olan uzaklığını ifade eder. Burada $m(Y_s, X_s, Y_t, X_t)$ fonksiyonunun değerinin 1’ den büyük olması s döneminden t dönemine toplam faktör verimliliğinde büyüme olduğunu, 1’ den az olması ise aynı dönemler dikkate alındığında toplam faktör verimliliğinde azalma olduğunu göstermektedir (Cingi, ve Tarım, 2000).

Analizde yer alan 14 teknoloji/bilişim firması için (2019-2021) 3 yıllık döneme ait etkinlik değişimi (effch), teknolojik değişim (techch), saf etkinlik (pech), ölçek etkinlik değişimi (sech) ve toplam faktör verimlilik değişimi (tfpch) değerleri hesaplanarak yıllar bazında ve ortalama Malmquist indeksleri tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 9. 2019-2020 Yılı Malmquist Endeks Özeti

Firmalar	2019-2020 Yılı Malmquist Endeks Özeti				
	Teknik Etkinlik Değişimi	Teknolojik Etkinlik Değişimi	Saf Etkinlik Değişimi	Ölçek Etkinlik Değişimi	Toplam Faktör Verimlilik Değişimi
ARDYZ	1.00	1.40	1.00	1.00	1.40
ARENA	1.51	0.92	1.00	1.51	1.39
DESPC	1.33	0.93	1.00	1.33	1.24
DGATE	0.98	0.94	1.00	0.98	0.92
FONET	1.00	0.93	1.00	1.00	0.93
INDES	1.05	1.00	1.00	1.05	1.06

KFEIN	1.96	0.86	1.00	1.96	1.69
KAREL	1.05	0.92	1.00	1.05	0.96
KRONT	1.13	0.93	1.00	1.13	1.05
LINK	1.00	1.38	1.00	1.00	1.38
LOGO	1.17	0.99	1.00	1.17	1.16
PAPIL	1.00	1.55	1.00	1.00	1.55
PKART	0.81	0.96	1.00	0.81	0.78
SMART	0.58	1.00	1.00	0.58	0.58
Ort.	1.07	1.03	1.00	1.07	1.11

Malmquist Indeks (2019-2020) tablosu incelendiğinde 2019 -2020 yılı için ARDYZ, ARENA, DESPC, INDES, KFEIN, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL firmalarının 2019 yılına kıyasla 2020 yılında Malmquist toplam faktör verimliliğinde artış olduğu; DGATE, FONET, KAREL, PKART, SMART firmalarının 2019 yılına kıyasla 2020 yılında Malmquist toplam faktör verimliliğinde azalış olduğu tespit edilmiştir.2019-2020 yılına ilişkin teknik etkinlikteki değişime bakarsak; ARDYZ ARENA, DESPC, FONET, INDES, KFEIN, KAREL, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL firmalarının teknik etkinlik değişimi 1 ve üstünde olduğundan bu firmaların üretim sınırını yakaladığı söylenebilir. Teknik olarak en etkin firma ise KFEIN’ dir.2019-2020 yılına ilişkin teknolojik etkinlik değişime bakarsak; ARDYZ, INDES, LINK, PAPIL, SMART firmalarının teknolojik etkinlik değişimini daha etkin kullandıkları söylenebilir. Teknolojik etkinlik değişimini en etkin kullanan firma ise PAPIL’ dır.2019-2020 yılına ilişkin ölçek etkinlik değişimine bakarsak; en etkin üretim büyüklüğüne ulaşan firma ise KFEIN (1.96) olarak belirlenmiştir. Sonrasında ARENA (1.51), DESPC (1.33), LOGO (1.17), KRONT (1.13), INDES (1.05), KAREL (1.05) gelmektedir.

Tablo 10. 2020-2021 Yılı Malmquist Endeks Özeti

Firma	2020-2021 Yılı Malmquist Endeks Özeti				
	Teknik Etkinlik Değişimi	Teknolojik Etkinlik Değişimi	Saf Etkinlik Değişimi	Ölçek Etkinlik Değişimi	Toplam Faktör Verimlilik Değişimi
ARDYZ	1.00	1.28	1.00	1.00	1.28
ARENA	0.58	1.34	1.00	0.58	0.77
DESPC	1.03	1.39	1.00	1.03	1.43
DGATE	0.85	1.41	1.00	0.85	1.19
FONET	0.96	1.03	1.00	0.96	0.99
INDES	1.23	1.22	1.00	1.23	1.50
KFEIN	0.32	1.38	1.00	0.32	0.44
KAREL	0.27	1.36	1.00	0.27	0.36
KRONT	1.17	1.74	1.00	1.17	2.03
LINK	1.00	1.74	1.00	1.00	1.74
LOGO	1.00	2.02	1.00	1.00	2.02
PAPIL	1.00	1.52	1.00	1.00	1.52
PKART	1.48	1.29	1.00	1.48	1.90
SMART	0.79	1.24	1.00	0.79	0.98
Ort.	0.83	1.41	1.00	0.83	1.16

Malmquist İndeks (2020-2021) tablosu incelendiğinde 2020 -2021 yılı için ARDYZ, DESPC, DGATE, INDES, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL, PKART firmalarının 2020 yılına kıyasla 2021 yılında Malmquist toplam faktör verimliliğinde artış olduğu; ARENA, FONET, KFEIN, KAREL, SMART firmalarının 2020 yılına kıyasla 2021 yılında Malmquist toplam faktör verimliliğinde azalış olduğu tespit edilmiştir.2020-2021 yılına ilişkin teknik etkinlikteki değişime bakarsak; ARDYZ, DESPC, INDES, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL, PKART firmalarının teknik etkinlik değişimi 1 ve üstünde olduğundan bu firmaların üretim sınırını yakaladığı söylenebilir. Teknik olarak en etkin firma ise PKART' tır. 2020-2021 yılına ilişkin teknolojik etkinlik değişime bakarsak; 14 firmanın da teknolojik etkinlik değişimini etkin kullandıkları söylenebilir. Teknolojik etkinlik değişimini en etkin kullanan firma ise LOGO' dur.2020-2021 yılına ilişkin ölçek etkinlik değişimine bakarsak; en etkin üretim büyüklüğüne ulaşan firma ise PKART (1.48) olarak belirlenmiştir. Sonrasında INDES (1.23), KRONT (1.17), DESPC (1.03) gelmektedir.

Tablo 11. Firma Ortalamalarının Malmquist Endeks Özeti

Firma	Firma Ortalamalarının Malmquist Endeks Özeti				
	Teknik Etkinlik Değişimi	Teknolojik Etkinlik Değişimi	Saf Etkinlik Değişimi	Ölçek Etkinlik Değişimi	Toplam Faktör Verimlilik Değişimi
ARDYZ	1.00	1.34	1.00	1.00	1.34
ARENA	0.93	1.11	1.00	0.93	1.04
DESPC	1.17	1.14	1.00	1.17	1.33
DGATE	0.91	1.15	1.00	0.91	1.05
FONET	0.98	0.98	1.00	0.98	0.96
INDES	1.14	1.11	1.00	1.14	1.26
KFEIN	0.79	1.09	1.00	0.79	0.86
KAREL	0.53	1.12	1.00	0.53	0.59
KRONT	1.15	1.27	1.00	1.15	1.46
LINK	1.00	1.55	1.00	1.00	1.55
LOGO	1.08	1.41	1.00	1.08	1.53
PAPIL	1.00	1.54	1.00	1.00	1.54
PKART	1.09	1.11	1.00	1.09	1.21
SMART	0.68	1.12	1.00	0.68	0.76
Ort.	0.94	1.21	1.00	0.94	1.13

Firma ortalamalarının 3 yıllık Malmquist İndeks tablosu incelendiğinde ARDYZ, ARENA, DESPC, DGATE, INDES, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL, PKART firmaların Malmquist toplam faktör verimliliğinde artış olduğu; FONET, KFEIN, KAREL, SMART firmalarının Malmquist toplam faktör verimliliğinde azalış olduğu tespit edilmiştir. Firma ortalamalarının 3 yıllık teknik etkinlikteki değişime bakarsak; ARDYZ, INDES, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL, PKART firmalarının teknik etkinlik değişimi 1 ve üstünde olduğundan bu firmaların üretim sınırını yakaladığı söylenebilir. Teknik olarak en etkin firma ise DESPC' dir.Firma ortalamalarının 3 yıllık teknolojik etkinlik değişime bakarsak; ARDYZ, ARENA, DESPC, DGATE, INDES, KFEIN, KAREL, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL, PKART, SMART firmalarının teknolojik etkinlik değişimini daha etkin kullandıkları söylenebilir.

Teknolojik etkinlik değişimini en etkin kullanan firma ise LINK' tır. Firma ortalamalarının 3 yıllık ölçek etkinlik değişimine bakarsak; en etkin üretim büyüklüğüne ulaşan firma ise DESPC (1.17) olarak belirlenmiştir. Sonrasında KRONT (1.15), INDES (1.14), PKART (1.09), LOGO (1.08) gelmektedir.

Tablo 12. Malmquist Ortalamalar Endeks Özeti

Malmquist Ortalamalar Endeks Özeti					
	Teknik Etkinlik Değişimi	Teknolojik Etkinlik Değişimi	Saf Etkinlik Değişimi	Ölçek Etkinlik Değişimi	Toplam Faktör Verimlilik Değişimi
2019-2020	1.07	1.03	1.00	1.07	1.11
2020-2021	0.83	1.41	1.00	0.83	1.16
Ort.	0.94	1.21	1.00	0.94	1.13

Malmquist İndeks ortalamaları ekseninde 2019-2021 periyodunda 14 teknoloji/bilişim firmasının etkinlik değerleri incelendiğinde teknik etkinlik ve ölçek etkinlik değişiminin en yüksek olduğu dönemin 2019-2020 dönemi olduğu görülmektedir. teknolojik etkinlik değişimi ve toplam faktör verimlilik değişiminin en yüksek olduğu dönemi ise 2020-2021 dönemi olduğu görülmektedir. Ayrıca 2019-2020-2021 yılları için ortalama sektör teknolojik etkinlik değişiminde %21' lik ve toplam faktör verimlilik değişiminde %13' lük iyileşme olduğu söylenebilir. Teknik etkinlik değişiminde %6' lık, ölçek etkinlik değişiminde %6' lık kötü gidişatın söz konusu olduğu söylenebilir.

Tablo 13. Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Sıralaması

Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Sıralaması					
Teknik Etkinlik Değişimi		Teknolojik Etkinlik Değişimi		Toplam Faktör Verimlilik Değişimi	
Firma	Verimlilik	Firma	Verimlilik	Firma	Verimlilik
DESPC	1.17	LINK	1.55	LINK	1.55
KRONT	1.15	PAPIL	1.54	PAPIL	1.54
INDES	1.14	LOGO	1.41	LOGO	1.53
PKART	1.09	ARDYZ	1.34	KRONT	1.46
LOGO	1.08	KRONT	1.27	ARDYZ	1.34
ARDYZ	1.00	DGATE	1.15	DESPC	1.33
LINK	1.00	DESPC	1.14	INDES	1.26
PAPIL	1.00	KAREL	1.12	PKART	1.21
FONET	0.98	SMART	1.12	DGATE	1.05
ARENA	0.93	ARENA	1.11	ARENA	1.04
DGATE	0.91	PKART	1.11	FONET	0.96
KFEIN	0.79	INDES	1.11	KFEIN	0.86
SMART	0.68	KFEIN	1.09	SMART	0.76
KAREL	0.53	FONET	0.98	KAREL	0.59

6. Sonuç

Çalışmada firmaların etkinliklerini ölçmek, etkinliği belirleyen finansal oranların neler olduklarının ve bu oranların önem düzeylerinin tespit edilmesi amacıyla, BİST Teknoloji/Bilişim endeksi kapsamında bulunan 29 firmanın 2019-2020-2021 yıllarına ait dönem sonu finansal tabloları kullanarak her yıl için 6 ayrı finansal oran hesaplanmış ve veri zarflama analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre;

Girdi odaklı CCR/BCC ölçek etkinlik değerlerine bakıldığında; 2019 yılında 14 firmadan %29' u (ARDYZ, FONET, LINK, PAPIL), 2020 yılında 14 firmadan %43' ü (ARDYZ, FONET, KFEIN, LINK, LOGO, PAPIL), 2021 yılında 14 firmadan %36' sı (ARDYZ, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL) görel olarak etkin faaliyet göstermektedir. Ortalama etkinlik değerlerine göre, teknoloji/bilişim firmalarının 2019 ve 2021 yılına kıyasla 2020 yılında daha etkin faaliyet gösterdiği söylenebilir.

Çıktı odaklı CCR/BCC ölçek etkinlik değerlerine bakıldığında ise; 2019 yılında 14 firmadan %29' u (ARDYZ, FONET, LINK, PAPIL), 2020 yılında 14 firmadan %43' ü (ARDYZ, FONET, KFEIN, LINK, LOGO, PAPIL), 2021 yılında 14 firmadan %36' sı (ARDYZ, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL) görel olarak etkin faaliyet göstermektedir. Ortalama etkinlik değerlerine bakılacak olursa, teknoloji/bilişim firmalarının 2019 ve 2021 yılına kıyasla 2020 yılında daha etkin faaliyet gösterdiği söylenebilir.

Teknik olarak en etkin firma ise DESPC' dir. Firma ortalamalarının 3 yıllık teknolojik etkinlik değişime bakarsak; ARDYZ, ARENA, DESPC, DGATE, INDES, KFEIN, KAREL, KRONT, LINK, LOGO, PAPIL, PKART, SMART firmalarının teknolojik etkinlik değişimini daha etkin kullandıkları söylenebilir. Teknolojik etkinlik değişimini en etkin kullanan firma ise LINK' tir. Firma ortalamalarının 3 yıllık ölçek etkinlik değişimine bakarsak; en etkin üretim büyüklüğüne ulaşan firma ise DESPC (1.17) olarak belirlenmiştir. Sonrasında KRONT (1.15), INDES (1.14), PKART (1.09), LOGO (1.08) gelmektedir.

Gelecekte yapılacak çalışmalar için elde edilen girdi ve çıktı değişkenleri değiştikçe bulgular da büyük oranda değişiklik gösterecektir. Bu nedenle farklı girdi ve çıktı değişkenleri ile sonraki yıllarda yapılacak olan çalışmalar yapılan bu çalışma ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

- Akgüç, Ö., (1991). Kredi Taleplerinin Değerlendirilmesi, Avcıol Basın-Yayın, 5.baskı, İstanbul.
- Akın, N. G. (2018). Dokuma Sektöründe Veri Zarflama Analizi Ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi / Data Envelopment Analysis And Malmquist Total Factor Productivity Index In The Weaving Sector . Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi , 2 (2) , 241-260 . DOI: 10.29216/ueip.464950
- Atan, M. ve Kılılı, M. (2005). Etkinlik / Verimlilik Çalışmalarında Kullanılan Veri Zarflama Analizi Üzerine Karşılaştırmalı Yaklaşımlar. 4. İstatistik Kongresi, İstatistik Mezunları Derneği ve Türk İstatistik Derneği, Antalya.

- Babacan, A., Kısakürek, M. M., & Özcan, S. (2009). İMKB'ye kote edilmiş firmaların VZA yöntemleri ile performans ölçümleri. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23-36.
- Bayyurt, N., & Düz, G. (2008). Performance measurement of Turkish and Chinese manufacturing firms: A comparative analysis. *Eurasian J. Bus. Econ.* 1, 71–83.
- Boussofiane, A., Dyson, R., & Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.
- Caves, D.W., Christensen, L.R., & Diewert, W.E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econ. J. Econ. Soc.* 1393–1414.
- Chang, D., Kuo, L., & Chen, Y. (2013). Industrial changes in corporate sustainability performance—An empirical overview using data envelopment analysis. *J. Clean. Prod.* 56, 147–155.
- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decisions making units. *European Journal of Operation Research*, 2: 429-444.
- Cingi, S., & Tarım, Ş. A. (2000). Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü Dea-Malmquist Tfp Endeksi Uygulaması. *Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliği Serisi*, Sayı :2000-01, ss.1-35
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., & Tone, K., (Ed.) (2000). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software.* Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., & Zhu, J. (Ed.), (2004). *Handbook on data envelopment analysis.* Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Demir, P., Derbentli, Ö., & Sakarya, E. (2012). Kars İlinde Bulunan Mandıraların Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçülmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 169-176.
- Drake, L., & Hall, M. J. (2003). Efficiency in Japanese banking: An empirical analysis. *Journal of Banking & Finance*, 27(5), 891-917.
- Edirisinghe, N. C. P., & Zhang, X. (2010). Input/output selection in DEA under expert information, with application to financial markets. *European Journal of Operational Research*, 207, 1669-1678. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2010.06.027>
- Eken, M. H., & Kale, S. (2011). Measuring bank branch performance using Data Envelopment Analysis (DEA): The case of Turkish bank branches. *African Journal of Business Management*, 5(3), 889-901.
- Eleren, A., & Özgür, E. (2006). Türkiye'de yabancı sermayeli mevduat bankalarının veri zarflama yöntemi ile etkinlik analizlerinin yapılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (8), 53-76.
- Erpolat, S. (2011). Veri zarflama analizi: ağırlık kısıtlamasız, ağırlık kısıtlamalı, şans kısıtlı, bulanık. *Evrin Yayinevi*, İstanbul.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American economic review*, 66-83.

- Guan, J., Zuo, K., Chen, K., & Yam, R. C. M. (2016). Does country-level R&D efficiency benefit from the collaboration network structure? *Research Policy*, 45(4), 770–784. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.003>.
- İç, Y. T., Tekin, M., Pamukoğlu, F. Z., & Yıldırım, S. E. (2015). Kurumsal Firmalar İçin Bir Finansal Performans Karşılaştırma Modelinin Geliştirilmesi. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 30(1).
- Karsak, E.E., & İşcan, F. (2000). Çimento Sektöründe Görelî Faaliyet Performanslarının Ağırlıklı Kısıtlamaları ve Çapraz Etkinlik Kullanılarak Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt : 11, Sayı : 3, ss: 2 - 10.
- Kıran, B. (2008). Kalkınmada Öncelikli İllerin Ekonomik Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Kutlar, A., & Babacan, A. (2008). Türkiye’deki kamu üniversitelerinde CCR etkinliği- ölçek etkinliği analizi: DEA etkinliği uygulaması. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15 (1), 148-172.
- Liu, C. Lin, S., & Lewis, C. (2010). Evaluation of thermal power plant operational in Taiwan by data envelopment analysis. *Energy Policy*, 38, 1049–1058
- Ramathan, R. (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*. Sage Publications, New Delhi.
- Sayım, M., & Yalama, A. (2008). Veri Zarflama Analizi İle İmalat Sektörünün Performans Değerlendirmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 23, Sayı 1: 89-107.
- Suh, Y., & Kim, M. S. (2012). Effects of SME collaboration on R&D in the service sector in open innovation. *Innovation: Management, Policy and Practice*, 14(3), 349–362. <https://doi.org/10.5172/impp.2012.14.3.349>
- Wang, D. (2019). Performance assessment of major global cities by DEA and Malmquist index analysis. *Comput. Environ. Urban Syst.* 77, 101–365.
- Yolalan, R. (1993). İşletmelerarası Göreceli Etkinlik Ölçümü. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No:483.
- Zhu, J. (2000). Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 companies. *European journal of operational research*, 123(1), 105-124.