

Firmaların Ar-ge Harcamaları ile Etkinlik Düzeyleri ve Toplam Faktör Verimlilikleri Arasındaki Nedensellik İlişkisi (BİST'te Faaliyet Gösteren Firmalar Üzerinde Bir İnceleme)

(Araştırma Makalesi)

The Causality Relationship Between R&D Expenditure, Efficiency Levels and Total Factor Productivity of Firms (A Review on Firms Operating in BIST)

Doi: 10.29023/alanyaakademik.1140736

Yaşar TURNA

Öğr. Gör., Pamukkale Üniversitesi, Çivril Atasay Kamer Meslek Yüksek Okulu, Finans Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü

yturna@pau.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-3972-9099

Abdulvahap ÖZCAN

Prof. Dr., Pamukkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü

aozcan@pau.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-9784-1898

Bu makaleye atıfta bulunmak için: Turna, Y., & Özcan, A. (2023). Firmaların Ar-ge Harcamaları ile Etkinlik Düzeyleri ve Toplam Faktör Verimlilikleri Arasındaki Nedensellik İlişkisi (BİST'te Faaliyet Gösteren Firmalar Üzerinde Bir İnceleme). Alanya Akademik Bakış, 7(1), Sayfa No.375-387.

ÖZET

Anahtar kelimeler:

Firma Etkinliği, AR-GE Harcamaları, Toplam Faktör Verimliliği

Makale Geliş Tarihi:

06.07.2022

Kabul Tarihi:

05.12.2022

Küresel ekonomik koşulların geçerli olduğu günümüzde artan rekabet koşullarının da etkisiyle firma etkinliği kavramı firmaların ulusal ve uluslararası piyasalarda rekabet güçlerinin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Genel olarak firma etkinliği bir firmanın veri girdilerle optimal çıktı bileşimini sağlaması olarak ifade edilmektedir. Firmaların etkinlik performanslarının artırılmasında ise ar-ge harcamaları önemli rol oynamaktadır. İşletmelerin yapmış oldukları ar-ge harcamaları firma büyüklüğünü, karlılığını ve rekabet gücünü artırmaktadır. Bu çerçevede çalışmada Türkiye'de 2009-2020 yılları arasında BİST'te faaliyet gösteren ve kesintisiz ar-ge harcaması yapan imalat sanayii firmalarının ar-ge harcamaları, firma etkinliği ve toplam faktör verimliliği arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan analizlerden nedensellik testi sonuçlarına göre teknik etkinlikten ar-ge harcamalarına doğru ve ar-ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. Ayrıca yapılan Panel ARDL testi sonuçlarına göre ise ar-ge harcamaları ile teknik etkinlik düzeyi ve toplam faktör verimliliği arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmaktadır.

ABSTRACT

Keywords:

Firm Efficiency, R&D Expenditures, Total Factor Productivity

In today's world where global economic conditions prevail, the concept of firm efficiency is important in terms of determining the competitiveness of firms in national and international markets with the effect of increasing competition conditions. In general, firm efficiency is defined as a firm's ability

to achieve the optimal output combination with given inputs. R&D expenditures play an important role in increasing the efficiency performance of firms. R&D expenditures of firms increase firm size, profitability and competitiveness. In this framework, this study examines the relationship between R&D expenditures, firm efficiency and total factor productivity of manufacturing industry firms operating in BIST between 2009 and 2020 in Turkey. According to the causality test results, a unidirectional causality relationship was found from technical efficiency to R&D expenditures and from R&D expenditures to total factor productivity. In addition, according to the results of the Panel ARDL test, there is a long-run relationship between R&D expenditures and technical efficiency level and total factor productivity.

1. GİRİŞ

Küreselleşme ve uluslararası rekabetin etkisiyle birlikte bilgi ve teknolojinin ayırt edici güç haline gelmesi, piyasada faaliyet gösteren firmaların bilgi ve teknoloji yatırımlarını artırarak diğer firmalardan farklılaşma ve rekabet avantajı sağlama isteklerini artırmaktadır. Dolayısıyla artan inovasyon faaliyetleri piyasaların yenilik hızını artırmakta, aynı zamanda üretilen mal ve hizmetlerin ömrünün kısalmasına neden olarak işletmelerin rekabet edebilmeleri ve faaliyetlerini sürdürebilmeleri için yenilikçi faaliyetlere yönelmelerini tetiklemektedir (Demir ve Güleç, 2019:58). Günümüzde rekabet ortamının şiddetlenmesi ile birlikte firma etkinliği kavramı ön plana çıkmaktadır. Firma kar maksimizasyonu hedefi ile doğru orantılı olarak pazar payını artırmak ve büyümek istemektedir. Kar maksimizasyonu sağlamak için ise maliyetleri düşürmek ve üretimi artırmak gerekmektedir. Bunun için ise firmanın veri girdi düzeyi ile optimal çıktı bileşimini sağlayarak etkinlik düzeyini artırması gerekmektedir (Özçelik ve Öztürk, 2019:1012).

1980’li yıllara kadar reel ve finansal sektörde firma karlılığı rekabet koşullarının belirleyicisi olarak kabul görmektedir. 1980’ li yıllardan sonra ise ekonomide liberalleşmenin ve dışa açık ekonomi politikalarının etkisi ile birlikte, sınai ve finansal kuruluşların rekabet gücünün ölçülmesinde etkinlik kavramı ön plana çıkmaktadır. Günümüzde rekabet ortamının daha da şiddetli bir hal alması neticesinde firma etkinliği kavramı daha da önem kazanmakta ve firmaların rakiplerine göre optimal kaynak kullanımını sağlayarak rekabet güçlerini artırmaları gündeme gelmektedir. Dolayısıyla artık firma performansının değerlendirilmesinde etkinlik önemli bir rol oynamaktadır. İşletmelerin stratejik hedeflerine ulaşmalarında ve performanslarının belirlenmesinde etkinlik düzeyinin değerlendirilebilmesi için ise etkinliğin ölçülmesi gerekmektedir. Etkinliğin ölçülmesi ile birlikte firma performansının diğer firmalara göre değerlendirilmesi de daha kolay hale gelmektedir. Dolayısıyla etkinliğin ölçülmesi firmalar için rekabet edebilirliğin göstergesi olarak önem arz etmektedir. (Ata ve Yakut, 2009:80-82). Aynı zamanda Endüstri ya da firma performansının ölçülmesinde etkinliğin yanı sıra Toplam Faktör Verimliliğinde (TFV) önemlidir. Firma performansının değerlendirilmesinde TFV’ nin kullanılması firma performansı hakkında daha tutarlı ve gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Çünkü TFV’ de meydana gelen değişimler teknoloji ve teknik etkinlikte meydana gelen değişimleri de içermektedir. Dolayısıyla firmanın elde ettiği teknik etkinlik ve teknolojik ilerlemeyi ifade eden TFV’ de meydana gelen artış firmanın ekonomik performansını ve rekabet edebilirlik düzeyini de artırmaktadır (Deliktaş, 2002:247-249).

İşletmelerde üretim süreçlerinin geliştirilmesi, firma etkinlik ve verimliliğinin sağlanması amacıyla teknolojik yeniliklere uyum sağlama faaliyetlerine yönelik sistematik aktivitelerin yürütülmesi gerekmektedir. Bu yenilikçi sürece uyum sağlanabilmesi ise ancak ar-ge yatırımları sayesinde mümkün olmaktadır. Ar-ge yatırımları ile firmalar yeni ürün ve hizmet

üretmenin yanı sıra etkinlik ve verimlilik artışıyla birlikte uzun dönemli rekabet avantajı sağlayarak büyüme imkânlarına da sahip olmaktadırlar. Ar-ge yatırımları işletmelerin ürün kalitesini artırmakla birlikte yapılan üretimin rekabetçi şartlara uyumunu artıracığından, firmaların gelirlerini ve karlarını artırmalarına da katkı sağlayacaktır (Demir ve Güleç, 2018:58). Günümüz teknoloji ve bilgi çağında teknolojik inovasyonların takip edilerek üretimde kullanılması uluslararası piyasalarda rekabet edebilme açısından da önem arz etmektedir. Dolayısıyla uluslararası piyasalarda ar-ge faaliyetlerine önem veren, tüketiciye yönelik üretim modelini benimseyen, işgücünün performansını artıran, yenilikleri uygulayan ve yerel kaynakları kullanan, marka ve özgün tasarımını oluşturan aynı zamanda teknoloji üreten firmalar ön plana çıkmaktadır (Dinçer, 2015:2-5). Ar-ge yatırımlarına gerekli önemi vermeyen firmaların ise gelecekte pazar paylarını kaybetmesi ve karlılıklarının düşmesi olasıdır (Cenger vd., 2018:91-92).

Yapılan açıklamalardan hareketle ar-ge harcamalarının firma etkinliğini ve verimliliğini artırdığı vurgulanmaktadır. Ar-ge harcaması yapan firmaların maliyet ve rekabet avantajı sağlaması neticesinde karlılıkları da artmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada imalat sanayinde üretim faaliyetinde bulunan ve kesintisiz ar-ge yatırımları yapan firmaların etkinlik ve verimlilik düzeyleri değerlendirilerek Türkiye’de imalat sanayinde üretim yapan diğer firmalarla karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Bu sayede son dönemde imalat sanayinin performansı değerlendirilerek özellikle ar-ge yatırımları yapan firmaların sektördeki pozisyonları hakkında genel çerçeve çizilmiş olacaktır. Son dönemde imalat sanayinin etkinliği ve ar-ge harcamalarına ilişkin herhangi bir çalışmaya da rastlanmamış olması çalışmanın önemini artırmaktadır.

2. LİTERATÜR

Firma etkinliğinin sağlanmasında ve geliştirilmesinde önemli yere sahip olan ar-ge yatırımlarına ve harcamalarına ilişkin teorik literatür incelendiğinde; Adam Smith ar-ge faaliyetlerinin artmasının inovasyon ve keşifleri artırdığını, ancak iş bölümü ve uzmanlaşmanın ar-ge’yi kısıtladığını öne sürmektedir. Ricardo, Teknoloji ve ar-ge’yi emek verimliliğini artıran dışsal bir faktör olarak değerlendirmektedir. Marx, ar-ge ile gelişen teknolojik sürecin rekabet artışına neden olduğunu ifade etmektedir. Ancak gelişen iktisadi süreç içerisinde ar-ge yatırımlarının ve harcamalarının temeli içsel büyüme teorilerine dayandırılmaktadır. Çünkü İçsel büyüme teorilerinde işletmelerin ar-ge yatırımları sonucu elde ettikleri teknoloji ve yenilikler daha açıklayıcı ve belirgin olarak tanımlanmaktadır. Buna göre ar-ge faaliyetlerinin temeli olarak Schumpeter’ in kuramsal çerçevesi ön plana çıkmaktadır. Schumpeter yenilik kavramını yeni bir üretim fonksiyonunun oluşturulması olarak tanımlamaktadır. Bu üretim fonksiyonu ise yeni ürün ya da üretim yöntemini kapsayabileceği gibi yeni organizasyon biçimi ya da yeni piyasa açılmasını da kapsayabilir. Schumpeter’ e göre ar-ge sektörü üretimde yenilikçi teknolojilerin elde edilebilmesi, sürdürülebilir büyüme ve firma etkinliğinin sağlanması açısından anahtar sektör olarak değerlendirilmektedir (Çiftçi, 2010:512). Ayrıca Romer (1990) ve Lucas (1988) tarafından öne sürülen içsel büyüme teorilerinde TFV teknolojik gelişme ile ilişkilendirilmektedir. İçsel büyüme teorilerine göre teknolojik ilerleme TFV’yi artırmaktadır. Teknolojik ilerlemenin sağlanması ise ar-ge harcamalarının sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Öte yandan Grossman ve Helpman (1991) içsel büyüme teorilerine dayanarak yatay ve dikey ürün farklılaştırmasıyla birlikte TFV’ nin önemini vurgulamaktadır. (Aydın ve Yalçınkaya, 2017: 179-180).

Son dönemde ise ar-ge ile etkinlik ve TFV arasındaki ilişkiyi mikro düzeyde firmalar ve makro düzeyde ulusal ekonomi çerçevesinde ele alıp inceleyen çalışmaların arttığı

gözlemlenmektedir. Bu çalışmada mikro düzeydeki ilişki incelendiği için firma düzeyinde ar-ge ile etkinlik ve TFV ilişkisini konu alan literatüre yer verilmektedir. Perelman (1995) ar-ge harcamalarının teknik ilerleme üzerinde pozitif ve önemli bir etkiye sahip olmasının yanında etkinlik üzerinde de olumlu etkisinin olduğunu gözlemiştir. Zhang vd. (2003) yüksek ar-ge harcaması yapan firmaların etkinlik düzeylerinin daha fazla olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Badunenko ve Stephany (2004) Almanya’ da firmaların teknik etkinlik düzeyleri ile beşeri sermaye arasında pozitif ilişkinin olduğu, ancak teknik etkinlik ile ar-ge harcamaları, sermaye yoğunluğu ve firma büyüklüğü arasında ise bir ilişkinin olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Kim ve Lee (2006)’ e göre ar-ge harcamalarının süreklilik arz etmesi toplam faktör verimliliğini artıracaktır. Raheman vd. (2008) Pakistan’da imalat sanayinde teknik etkinlik düzeyinin artırılarak teknolojik gelişmenin sağlanabilmesi için ar-ge harcamalarının artırılması gerektiğini ifade etmektedir. Kumbhakar vd. (2009) düşük teknoloji kullanan firmalarda ar-ge yatırımlarının teknik etkinlik üzerindeki etkisinin düşük seviyede, yüksek teknoloji firmalarda ise ar-ge yatırımlarının teknik etkinlik üzerindeki etkisinin daha büyük olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Mitra vd. (2011) ar-ge yoğunluğunun yüksek olduğu sektörlerde toplam faktör verimliliğinin daha yüksek değerler aldığı, ancak ar-ge yoğunluğu azaldıkça firmaların teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği değerlerinin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. König vd. (2012) yapmış oldukları çalışmada firma etkinliğinin firmalar arasında yapılan ar-ge iş birliğinin marjinal maliyetine eşit olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Tian (2014)’ a göre ar-ge faaliyetleri teknolojik ilerlemeyi artırarak firma etkinliğini ve verimliliğini artırmaktadır. Kalaycı ve Pamukçu (2014) ar-ge harcamalarının düşük teknolojiye sahip firmalarda teknik etkinlik düzeyine katkı yapmadığı, ancak orta ve yüksek teknoloji firmalarda teknik etkinlik düzeylerini olumlu etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Liik vd. (2014)’e göre yapılan ar-ge harcamaları yüksek teknoloji imalat sanayi firmalarında teknolojik verimliliği artırarak endüstriyel ve sektörel anlamda etkinliğin artmasına neden olmaktadır. Ancak düşük teknolojiye sahip sektörlerde firma etkinliğine etki etmemektedir. Fikirli ve Çetin (2015) ar-ge sermaye birikiminin TFV üzerinde bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Zhao (2015) bölgesel olarak teknolojik gelişimini sağlayan yerlerde ar-ge etkinliğinin yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Barasa (2015) ar-ge harcamaları ve yabancı teknolojilerin firma etkinlik düzeyini olumsuz etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Bonanno (2016) ar-ge harcamaları ve bilgi iletişim teknolojileri modele girdi olarak dahil edildiğinde firmaların etkinlik seviyelerinin oldukça yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Berghall (2016)’ a göre teknik etkinlik ile ar-ge yoğunluğu ilişkisi önemsenmeyecek kadar az olarak değerlendirilmektedir. Kreuser ve Newman (2018)’ a göre firma büyüme hızı arttıkça teknik etkinlik artmakta ve bunun sonucunda ar-ge harcamaları artmaktadır. Li (2018)’ ye göre ar-ge harcamalarının teknik etkinlik üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Grant vd. (2020) ar-ge harcamaları ile firma etkinliği arasında “U” şeklinde bir ilişki vardır. Yani teknoloji seviyesi düşük firmalarda ar-ge harcamalarının etkisi belirli bir eşik noktasına kadar azalmakta bu eşik noktasından sonra ise artmaktadır. Dolayısıyla ar-ge ile etkinlik arasında doğrusal bir ilişki yoktur.

Yapılan literatür incelemesine göre ar-ge ile firma etkinliği ve toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi aynı ya da farklı yöntemlerle inceleyen çok sayıda çalışmanın olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmalardan hareketle ar-ge ile etkinlik düzeyi ve toplam faktör verimliliği arasındaki ilişki konusunda tartışmalar olsa da büyük oranda teorik literatürü destekleyen bir fikir birliği olduğu gözlemlenmektedir.

3. VERİ SETİ VE MODEL

Çalışmada 2009-2020 yılları arasında Türkiye’de sanayi sektöründe faaliyet gösteren ve kesintisiz ar-ge harcaması yapan 10 firmanın ar-ge harcamaları ile teknik etkinlik düzeyi ve

toplam faktör verimliliği arasındaki ilişki test edilmektedir. Çalışmada firmaların etkinlik ve toplam faktör verimliliğinin hesaplanmasında girdi olarak sabit varlıklar, öz kaynaklar ve toplam maliyet, çıktı olarak toplam satışlar ve brüt kar verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Kamuyu Aydınlatma Platformu veri tabanından elde edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin test edilmesinde temel ve yardımcı yöntem olmak üzere iki aşamalı analiz yöntemi benimsenmiştir. Firmaların teknik etkinlik düzeyleri ile toplam faktör verimliliği değerleri yardımcı yöntem olarak kullanılan veri zarflama analizi yöntemi (VZA) ile hesaplanmıştır. Firmaların ar-ge harcamaları, etkinlik düzeyleri ve toplam faktör verimliliği arasındaki nedensellik ve eş bütünleşme ilişkisinin test edilmesi amacıyla ise temel yöntem olarak panel nedensellik testi ve panel ARDL eş bütünleşme testleri kullanılmıştır. VZA yönteminde DEA 2.0 programından, panel veri analizinde ise STATA 15 programından yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan verilerin ait olduğu firmalar aşağıda Tablo 1’ de yer almaktadır.

Tablo 1. 2009-2020 Yılları Arasında Kesintisiz Ar-Ge Harcaması Yapan Firmalar

ŞİRKETLER		ŞİRKETLER	
1	ARÇELİK	6	İHLAS
2	ASELSAN	7	EGE SERAMİK
3	PETKİM	8	BURSA ÇİMENTO
4	AYGAZ	9	KÜTAHYA PORSELEN
5	FORD OTOMOTİV	10	ÇEMTAŞ

3.1. Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama analizi ilk olarak 1957 yılında Farrel tarafından kullanılmıştır. Veri zarflama analizi bütün bir ekonomiye uygulanabilme özelliği bakımından önem arz etmektedir. VZA genel olarak etkinlik ölçüm metodu olarak kullanılmakta ve bu yöntemle hesaplanan etkinlik kendi içerisinde parçalara ayrılmaktadır (Özçelik ve Kandemir, 2017:45). VZA aynı girdiyi kullanan homojen birimlerin aynı çıktıyı elde etmesi sonucunda elde edilen etkinlik sonuçlarını değerlendirmede ve diğer birimlerin etkinlik değerleri ile karşılaştırmada kullanılmaktadır. VZA’ nın etkinlik ölçümünde homojen küme yapısı kullanması sonuçları anlamlı hale getirmekte ve sağlıklı ölçüm yapılmasını sağlayarak diğer yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır.

Veri zarflama analizi ile etkinlik sınırının oluşturulmasında belirli bir fonksiyona bağlı olmayan gözlem değerleri kullanılmakta ve etkinliğe sahip olmayan karar birimleri için sınır noktaları belirlenmektedir. Bu karar verme birimi sınır noktasında yer alıyorsa karar biriminin etkin olduğu, bu sınır üzerinde bulunmuyorsa etkin olmadığı sonucuna ulaşılır. VZA’ da veri zarflama şekline ve etkin olmayan birimlerin etkinlik sınırına olan uzaklıklarına göre kullanılan modeller farklılık göstermektedir (Bozkurt ve Topçuoğlu, 2019:144). Bunlardan en çok kullanılanlardan ilki Chornes, Chooper ve Rhodes’ un (1978) ortaya atmış olduğu CCR modelidir. Bu model ölçeğe göre sabit getiri varsayımından hareketle toplam etkinliğin ölçümünün yapılmasını sağlamaktadır. İkincisi ise, Banker, Chornes ve Cooper (1984) tarafından geliştirilen BCC modelidir. Bu model ise, ölçeğe göre değişken getiri varsayımından hareketle teknik etkinliğin ölçümünde kullanılmaktadır. VZA’ da toplam etkinlik değeri teknik etkinlik değeri ile ölçek etkinliği değerinin çarpımı ile bulunmaktadır. Buna göre, CCR modelinden elde edilen toplam etkinlik değerinin, BCC modelinden elde edilen teknik etkinlik değerine bölünmesi ile ölçek etkinliği elde edilmektedir. VZA modelleri girdiye yönelik modeller ve çıktıya yönelik modeller olmak üzere iki şekilde kurulabilmektedir (Özçelik ve Öztürk, 2019:1017-1018). Bu çalışmada ölçeğe göre sabit getiri varsayımından hareketle girdiye yönelik CCR modelleri kullanılarak etkinlik değeri hesaplanmaktadır.

Firma etkinliğinin ölçülmesi amacıyla kullanılan veri zarflama analizi statik bir analiz olmakla birlikte analize konu olan firmanın sadece bir dönemdeki etkinliğini ölçmektedir. VZA yöntemi kullanılarak cari dönemde etkin olan firma bir sonraki dönemde etkin olmayabilir. Ya da cari dönemde etkin olmayan firma bir sonraki dönemde etkin duruma gelebilmektedir. Bu şekilde meydana gelen değişimler nedeniyle firmaların etkinlik düzeylerinin incelemeye konu olan zaman aralığındaki değişimi de incelenmelidir. Etkinlik analizinde incelemeye konu olan zamandaki değişimleri ölçmek amacıyla Malmquist indeksi (TFV indeksi) kullanılmaktadır. Bu indekse göre, incelemeye konu olan iki veri arasındaki TFV değişimi ve bu noktaların ortak teknolojiye olan uzaklıkları uzaklık fonksiyonu aracılığıyla hesaplanarak TFV' de meydana gelen değişim ölçülmektedir. Malmquist TFV indeksinde hesaplanan verimlilik değişimi teknoloji ve teknik etkinlik düzeyine bağlıdır (Atukalp, 2018:26).

3.2. Panel Granger Nedensellik Testi

Granger nedensellik analizi ilk defa 1969 yılında Granger tarafından geliştirilmiştir. Granger nedensellik analizi bir değişken hakkında gelecek değer tahmininin yapılabilmesi için diğer değişkenlerin buna katkısının olup olmadığını test edebilmesi bakımından önem arz etmektedir. Çalışmada kullanılan panel verilerin analiz edilmesinde panel Granger nedensellik analizinin kullanılma nedeni yapılan değişkenlerin homojen dağılmış olması ve panel verilerin sağlamış olduğu avantajlardan yararlanma isteğidir. Buna göre herhangi bir birim için geçerli olan iktisadi bir olgunun farklı birimler içinde geçerliliğinin test edilmesi imkanı ortaya çıkmaktadır (Bozoklu ve Yılanıcı, 2013).

Panel veri analizinde kullanılan nedensellik testleri homojen ve heterojen paneller için farklılık göstermektedir. Dolayısıyla panel veriye uygulanan Swamy-S homojenlik testi sonucuna göre (prob S> 0.05) sabit parametresi heterojen ve eğim parametresi homojen olan nedensellik testi üzerinde durulmaktadır. Çalışmada kullanılan panel granger nedensellik analizi için;

$$Y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_k Y_{it-k} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{it-k} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Eşitliği tanımlanmaktadır. Eşitlikte yer alan γ_k otoregresif parametre, β_k ise eğim parametresi olarak tanımlıdır. Elde edilen bu eşitlik sabit parametrenin birimlere göre değişken, eğim parametresinin ise birimlere göre değişken olmadığını ifade etmektedir. Bu durum panelin homojen bir panel olduğunu göstermektedir. Bu noktadan hareketle panel granger nedensellik testi için kurulan temel hipotez;

$$H_0: \beta_k = 0 \quad (2)$$

Şeklinde kurulur. Burada H_0 temel hipotezi “X’ ten Y’ ye doğru nedensellik yoktur” biçiminde tanımlanmaktadır. Ayrıca temel hipotezin test edilmesinde zaman serilerinde kullanılan Granger nedensellik analizine benzer şekilde Wald ya da F testi kullanılmaktadır (Tatoğlu; 2017:152-153).

3.3. ARDL Panel Eş bütünleşme Testi

Çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi test etmek amacıyla gecikmesi dağıtılmış otoregresif model (autoregressive distributed lag-ARDL) kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin test edilebilmesi için farklı test yöntemleri olmakla birlikte ARDL modeli birim kök testi sonuçlarının dikkate alınması yönünden diğer testlerden farklılaşmaktadır. Dolayısıyla diğer eş bütünleşme testlerinde değişkenlerin aynı derecede durağan olması koşulu aranırken ARDL modelinde değişkenlerin düzeyde ya da farkta durağan olması modelin tahminine engel değildir. ARDL modeline göre sadece

değişkenler arasındaki durağanlık ilişkisinin I(2) olması modelin tahminine engel olmaktadır. Modelin tahmininde kullanılan Panel ARDL modeli;

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij} Y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \delta'_{ij} X_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Panel ARDL denklemi çalışmada kullanılan değişkenlere göre tanımlandığında;

$$TE_{it} = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij} TE_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \delta'_{ij} LARGE_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$TFV_{it} = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij} TFV_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \delta'_{ij} LARGE_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

olarak gösterilir. ARDL modeline uygun olarak oluşturulan hata düzeltme denklemi kullanılan değişkenlere göre oluşturulduğunda;

$$\Delta TE_{it} = \theta_i (TE_{i,t-1} - \theta_i' LARGE_{it}) + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{it}^* \Delta TE_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta_{ij}^* \Delta LARGE_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$\Delta TFV_{it} = \theta_i (TFV_{i,t-1} - \theta_i' LARGE_{it}) + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{it}^* \Delta TFV_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta_{ij}^* \Delta LARGE_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Şeklinde gösterilmektedir. Burada θ_i hata teriminin düzeltme hızını temsil etmektedir. Eğer $\theta_i = 0$ ise değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki yoktur. Bu parametrenin uzun dönemli ilişkiyi yansıtması varsayımı altında, parametre negatif değerler alacaktır. Yukarıda yapılan açıklamalara göre ARDL modelinde değişkenlerin düzeyde ya da farkta durağan olması önemli değildir. Fakat değişkenlerin ikinci farkta durağan olması ihtimaline karşılık birim kök testleri uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Yukarıda açıklanan yöntemlere istinaden çalışmadan elde edilen bulgular ve değerlendirmeler başlıklar halinde aşağıda yer almaktadır. Çalışmada kullanılan değişkenlere yapılan homojenlik ve birimler arası korelasyon testi sonuçlarına göre uygulanacak testler farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle verilerin analiz edilmesinde uygulanacak testlerin belirlenmesi amacıyla önsel testler yapılmıştır. Bu açıklamaya istinaden yapılan Swamy-S Homojenlik ve Pesaran CD birimler arası korelasyon testi sonuçları tabloda yer almaktadır.

Tablo 2. Swamy-S Homojenlik ve Pesaran CD Birimler Arası Korelasyon Testi Sonuçları

Değişkenler	SWAMY-S TESTİ		PESARAN CD TESTİ	
	Wald (Chi2)	Prob	Cd Test	Prob
TE=>ARGE	1.80	0.4066	6.92	0.000***
TFV=> ARGE	0.00	0.9643	6.92	0.000***

*, **, *** ifadeleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 2' de yer alan Swamy-S testi sonucuna göre H_0 hipotezi reddedilememiştir. Dolayısıyla yapılan Swamy-S testi sonucu değişkenlerin homojen dağıldığını ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan birimlere ilişkin yapılan Pesaran CD testi sonucuna göre ise "birimler arası korelasyon yoktur" şeklinde kurulan H_0 temel hipotezi reddedilerek birimler arasında korelasyonun olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

4.1. Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Panel birim kök testleri örnek çekim sürecinin sonucuna göre birinci kuşak ve ikinci kuşak panel birim kök testleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Birinci kuşak birim kök testleri değişkenlere ait seriler arasında korelasyon olmaması durumunda kullanılabilen iken ikinci kuşak birim

kök testleri birimlere ait seriler arasında korelasyonun varlığı durumunda kullanılabilir. Çalışmada kullanılan birimlere ilişkin yapılan Pesaran CD testi sonucunda birimler arasında korelasyonun olduğu bulgusuna ulaşılmış ve değişkenlerin durağanlık düzeylerinin belirlenmesinde ikinci kuşak birim kök testi olan Fisher ADF ve IPS (In Pesaran Shin) birim kök testleri kullanılmıştır.

Tablo 3. Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	CADF		CIPS	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
R&D	-1.322	-3.956 ***	-3.532***	----
TE	-1.092	-2.321*	0.953	-1.477*
TFP	-1.757	-3.182***	-0.135	-3.495***

*, **, *** ifadeleri sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 3’ te yer alan birim kök testi sonuçlarına göre ar-ge ve teknik etkinlik değişkenleri İPS ve Fisher ADF birim kök testlerine göre farkta %1 anlamlılık düzeyinde farkta durağan olarak test edilmiştir. Toplam Faktör Verimliliği ise %1 anlamlılık düzeyinde düzeyde olarak gözlemlenmiştir. Elde edilen birim kök testi sonuçları değişkenlerin durağanlık düzeylerini göstermektedir. Buna göre, panel nedensellik ve panel eş bütünleşme testlerinin yapılmasında değişkenlerin durağan seviyelerinin kullanılmasının yeterli olması nedeniyle panel nedensellik ve panel ARDL eş bütünleşme testleri bu değişkenlere uygulanabilmektedir.

4.2. Panel Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin test edilmesi amacıyla panel granger nedensellik analizi kullanılmıştır. Birim kök testi sonuçlarına göre değişkenlerin farkta durağan olması nedeniyle nedensellik analizinde fark serileri ile tahmin yapılmaktadır.

Tablo 4: Panel Granger Nedensellik Analiz Sonuçları

Variables	Wald test (chi-square)	Prob
R&D => TE	1.669	0.434
TE => R&D	5.812	0.055**
R&D =>TFP	18.882	0.000***
TFP => R&D	3.956	0.138

*, **, *** ifadeleri sırasıyla %10, %5, ve %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 4’ te yer alan granger nedensellik testine göre teknik etkinlikten ar-ge harcamalarına doğru nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. ARGE harcamalarından teknik etkinliğe doğru ise nedensellik ilişkisi gözlemlenmemiştir. Bu durumda ar-ge harcamaları ile teknik etkinlik arasındaki nedensellik ilişkisi tek yönlüdür. Dolayısıyla teknik etkinlik ar-ge’nin granger nedenidir sonucuna ulaşılabilmektedir. Toplam faktör verimliliği ve ar-ge arasındaki nedensellik ilişkisi incelendiğinde ise ar-ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğru nedensellik ilişkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Toplam faktör verimliliğinden ar-ge’ ye doğru ise bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır.

4.3. Panel ARDL Testi Sonuçları

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin test edilmesi amacıyla aynı ya da farklı durağanlık seviyelerine sahip olan değişkenlere eş bütünleşme testi uygulanabilmektedir. Çalışmada farklı durağanlık seviyelerine sahip değişkenlerin test edilebileceğini öne süren

Panel ARDL eş bütünleşme testi kullanılmıştır. Ar-ge harcamalarının teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amacıyla teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliğinin bağımlı değişken olarak yer aldığı iki farklı model tahmin edilerek sonuçlar karşılaştırmalı olarak Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5. Panel ARDL Test Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	T İstatistiği
TE=> R&D	0.061742	5.791341***
TFP=> R&D	0.078354	7.241821***
TE=>TFV	0.516115	11.98459***

*, **, *** ifadeleri sırasıyla %10, %5, ve %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 5' te yer alan Panel ARDL testi sonuçlarına göre uzun dönemde ar-ge harcamalarında meydana gelen %1' lik artış firmanın teknik etkinlik düzeyini %0.06 oranında, toplam faktör verimliliğini ise %0.07 oranında artırmaktadır. Ar-ge harcamalarının uzun dönemde toplam faktör verimliliğini teknik etkinlikten daha fazla artırmasının nedeni toplam faktör verimliliğinin içerisinde teknik etkinliğinde yer almasından kaynaklanabilir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada BİST' de işlem gören ve kesintisiz ar-ge harcaması yapan 10 firmanın 2009-2020 yılları arasında yapmış oldukları ar-ge harcamaları ile teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği arasındaki nedensellik ve eş bütünleşme ilişkileri panel nedensellik ve panel eş bütünleşme analizleri yardımıyla incelenmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin test edilmesinde temel ve yardımcı yöntem olmak üzere iki aşamalı analiz yöntemi benimsenmiştir. Firmaların teknik etkinlik düzeyleri ile toplam faktör verimliliği değerleri yardımcı yöntem olarak kullanılan veri zarflama analizi yöntemi ile hesaplanmıştır. Firmaların ar-ge harcamaları, etkin düzeyleri ve toplam faktör verimliliği arasındaki nedensellik ve eş bütünleşme ilişkisinin test edilmesi amacıyla ise temel yöntem olarak panel nedensellik testi ve panel ARDL eş bütünleşme testleri kullanılmıştır. Teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği hesaplamalarında girdi olarak sabit varlık, öz kaynak ve toplam maliyet verileri, çıktı olarak ise brüt kar ve toplam satış verileri kullanılmıştır.

Elde edilen nedensellik testi sonuçlarına göre teknik etkinlikten ar-ge harcamalarına doğru ve ar-ge harcamalarından toplam faktör verimliliğine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. Panel ARDL testi sonuçlarına göre uzun dönemde ar-ge harcamalarında meydana gelen %1' lik artış firmanın teknik etkinlik düzeyini %0.06 oranında, toplam faktör verimliliğini ise %0.07 oranında artırmaktadır. Buna göre Etkinlik düzeyi yüksek olan firmaların ar-ge harcamasına önem verdiği sonucuna ulaşılabilir. Ar-ge harcamasına önem veren ve ar-ge yatırımlarını artıran firmaların ise etkinlik düzeylerinin ve rekabet gücünün arttığı sonucuna ulaşılabilir. Ar-ge harcamalarının uzun dönemde toplam faktör verimliliğini teknik etkinlikten daha fazla artırmasının nedeni toplam faktör verimliliğinin içerisinde teknik etkinliğinde yer almasından kaynaklanabilir.

6. TARTIŞMA VE ÇIKARIMLAR

Yapılan nedensellik ve eş bütünleşme testleri firmaların yaptığı ar-ge harcamalarının teknik etkinliği ve toplam faktör verimliliğini artırdığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla Türkiye'de imalat sanayinde üretim yapan firmaların yaptıkları ar-ge harcamaları sonucunda rekabet güçlerinin ve karlılıklarının arttığı söylenebilir. Bu şirketlerin bilançoları değerlendirildiğinde bu sonuç açıkça görülmektedir. Ayrıca analize konu olan firmaların teknolojik üretim yapan ve

pazarda lider firmalar olması teorik literatürü de desteklemektedir. Buna göre, Türkiye'de imalat sanayinde üretim yapan şirketler için yüksek teknoloji şirketlerinin daha fazla ar-ge yatırımı yaptığı fikri doğrulanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, düşük teknoloji ile üretim yapan firmaların ar-ge harcamalarına yeterli kaynak ayıramamasıdır. Bu nedenle düşük teknoloji ile üretim yapan firmaların sermaye kısıtları nedeniyle devlet tarafından desteklenmesi gerekmektedir. Bu sayede imalat sanayinde firmalar arasındaki rekabet koşulları artırılabilir ve sanayide tekelleşme önenebilir. Aksi takdirde imalat sanayinde yüksek sermaye ve teknolojiye sahip firmalar gelecekte piyasada tek el haline gelebilirler. Ayrıca Türkiye'de imalat sanayinde üretim yapan firmaların rekabetçi ve teknolojik yapıları ile ar-ge harcamaları uluslararası firmalarla kıyaslanabilir. Nitekim ar-ge harcamalarının sağladığı teknolojik yenilik süreci, üretimde verimliliği artırarak şirketlerin büyüme sürecine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle ar-ge harcamalarının firmaların teknolojik gelişimini ve rekabet gücünü artırması açısından önemi bir kez daha vurgulanmaktadır. Aynı zamanda teknolojik gelişmelere ve yeniliklere uyum sağlayan firmaların ar-ge harcamaları sonucunda artan verimlilik ve verimlilik düzeyleri küresel rekabette maliyet avantajı sağlamak ve firmaların kar maksimizasyon hedeflerine ulaşmalarını sağlamaktadır.

Bu çalışma, analizde kullanılan yöntemler ve elde edilen sonuçlar açısından literatürdeki diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Literatürde ar-ge harcamaları ile firmaların verimliliği arasındaki ilişkiyi test eden çalışmalarda bu ilişki açısından farklı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Ancak ar-ge ile teknik etkinlik düzeyi arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna varılan tüm çalışmalarda, ar-ge harcamalarının firmanın teknik etkinlik düzeyini artırdığı konusunda görüş birliği bulunmaktadır. Bu çalışmada, teknik etkinliği yüksek olan firmaların ar-ge'ye harcama yaptıkları ve etkinlik düzeyi arttıkça ar-ge harcamalarının miktarının da arttığı görülmüştür. Bu sonuç, bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan farkını ortaya koymaktadır. Aynı zamanda kullanılan paneller ve panel ARDL Türkiye nedensellik analizi' imalat sektöründe faaliyet gösteren firmaların ar-ge harcama düzeyleri ile teknik etkinlik arasındaki ilişkiyi test etmek için ilk kez kullanıldı. Ayrıca çalışmadan elde edilen bulgular, Grossman ve Helpman'ın içsel büyüme teorilerinde ifade ettikleri ar-ge harcamalarındaki artışların teknolojik ilerlemeyi hızlandıracağı ve ara malı nitelik ve niceliğini artırarak toplam faktör verimliliğini artıracığı görüşünü desteklemektedir. Buna göre nedensellik ve eş bütünleşme testleri firmaların yaptıkları ar-ge harcamalarının teknik etkinliği ve toplam faktör verimliliğini artırdığını ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- ATA, H. A., & YAKUT, E. (2009). “Finansal Performansa Dayalı Etkinlik Ölçümü: İmalat Sektörü Uygulaması” *Journal of Kocaeli University Institute of Social Sciences*, Vol 18, pp.80 – 100. <https://pdfs.semanticscholar.org/be80/5590c4d686eaf5cf04e9e371fd3f0cfa8aa9.pdf>
- ATUKALP, M., E. (2018). “Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ile Türk Bankacılık Sisteminde Bölgesel Performans Ölçümü” *Financial Political and Economic Comments*, Vol: 638, pp.17-34. <http://www.ekonomikyorumlar.com.tr/files/articles/1530692309.pdf>
- AYDIN, H. İ., & YALÇINKAYA, Ö. (2017). “Ar-Ge Yatırımlarının Toplam Faktör Verimliliği Üzerindeki Etkileri: OECD Ülkeleri Üzerinde Panel Veri Analizi (1994-2014)”. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (26), 178-196. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/pausbed/issue/34756/384426>

- BARASA, L. (2015). "R&D, Foreign Technology and Technical Efficiency in Developing Countries" (DFID Working Paper). Tilburg University.
- BADUNENKO, O., & STEPHANY, A. (2004). "The Potential Determinants of German Firms' Technical Efficiency: An Application Using Industry Level Data" German Stata Users' Group Meetings
- BERGHÄLL, E. (2016). "Innovation, competition and technical efficiency, Cogent Business & Management, Taylor & Francis, Abingdon, Vol:3, pp.1-23.
- BONANNO, G. (2016). "ICT and R&D As Inputs Or Efficiency Determinants? Analysing Italian Manufacturing Firms 2007-2009" Eurasian Business Review, Vol: 6 (3), pp.383-404.
- BOZKURT, E., & TOPÇUOĞLU, Ö. (2019). "AR-GE Etkinliğinin Belirleyicileri Üzerine Bir Tobit Model Uygulaması" Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Vol: 21, pp.141-163.
- BOZOKLU, Ş., & YILANCI, V. (2013). "Finansal Gelişme ve İktisadi Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Gelişmekte Olan Ekonomiler İçin Analiz" Journal of Dokuz Eylül University Faculty of Economics and Administrative Sciences, Vol: 2, pp.161-187.
- CENGER, H., GÜLCÜ, A., & KARACA, F., B. (2018). "Borsa İstanbul'da İşlem Gören İmalat Sanayi Firmalarının Görelî Etkinlik (VZA) Düzeylerinin Ar-Ge Yoğunlukları İle İlişkisi" JEBPIR Journal of Economics, Business, Politics and International Relations, Vol:4(1-2), pp.89-110.
- ÇİFTÇİ, N. (2010). "İçsel Büyüme Teorileri Çerçevesinde Yenilikçi Faaliyetler, Ar-Ge Harcamaları ve Yüksek Teknoloji İhracatı Arasındaki İlişkiler: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi" International Congress of History and Culture in the Balkans.
- DELİKTAŞ, E. (2002). "Türkiye özel sektör imalat sanayiinde etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizi" METU Development Journal, Vol: 29 (3-4), pp.247-284.
- DEMİR, C. VE GÜLEÇ, Ö. F. (2019). "Araştırma Ve Geliştirme Giderlerinin Firma Kârlılığı Üzerine Etkisi: Bist İmalat Sektörü Örneği" Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute, Vol: 34, pp.57-72.
- DİNÇER, D. (2015). "Türkiye'de 2000-2011 Yılları Arasında Gerçekleşen Ar-Ge Faaliyetlerinin Değerlendirilmesi" Tekirdağ SMMM Chamber Journal of Financial Advisors, Vol: 4.
- FİKİRLİ, Ö., & ÇETİN, A., K. (2015). "Ar-Ge Sermaye Birikiminin Toplam Faktör Verimliliğine Etkisi: Türkiye Örneği", Journal of Entrepreneurship and Innovation Management, Vol: 4, Issue:2, pp.147-166.
- GRANT, K., MATOUSEK, R., MEYER, M., & TZEREMES, N. G. (2020). "Research and development spending and technical efficiency: evidence from biotechnology and pharmaceutical sector". International Journal of Production Research, 58(20), 6170-6184.
- GROSSMAN, G., M., & HELPMAN, E. (1991). "Quality Ladders in the Theory of Growth" Oxford University Press, sayı 58, s.43-51.

- KALAYCI, E., & PAMUKÇU, M. T. (2014). “Does R&D Intensity Contribute to Technical Efficiency in Turkey?” *Economics Business and Finance*, Vol:29, pp.09-30.
- KIM, S., & LEE, H. (2006) “The Impact of Organizational Context and Information Technology on Employee Knowledge-Sharing Capabilities” *Public Administration Review*, sayı 66, s.370-385.
- KÖNIG, M. D., BATTISTON, S., NAPOLETANO, M., & SCHWEITZER, F. (2012). “The efficiency and stability of R&D networks”. *Games and Economic Behavior*, 75(2), 694-713.
- KREUSER, C. F., & NEWMAN, C. (2018). “Total factor productivity in South African manufacturing firms”. *South African Journal of Economics*, 86, 40-78.
- KUMBHAKAR, S. C., ORTEGA-ARGILÉS, R., POTTERS, L., VIVARELLI, M., & VOIGT, P. (2009). “Corporate R&D and firm efficiency: evidence from Europe’s top R&D investors”. Available at SSRN 1528592.
- LI, B. (2018). “Measurement and Analysis of China’s Industrial Technical Efficiency” *Journal of Financial Risk Management*, sayı 7, s.109-122.
- LIHK, M., MASSO, J., & UKRAINSKI, K. (2014). “The contribution of R&D to production efficiency in OECD countries: econometric analysis of industry-level panel data”. *Baltic Journal of Economics*, 14(1-2), 78-100.
- LUCAS, R. E. (1988). “On The Mechanics Of Economic Development” *Journal of Monetary Economics*, sayı 22, s.3-42.
- MITRA, A., SHARMA, C., & VÉGANZONÈS-VAROUdakIS, M. A. (2011). Total factor productivity and technical efficiency of Indian manufacturing: The role of infrastructure and information & communication technology.
- ÖZÇELİK, F., & ÖZTÜRK B., A. (2019). “Girdi Olarak Maliyetlere Yönelik Veri Zarflama Analizi Modelleri İle Göreli Etkinlik Analizi” *Journal of Business Studies*, Vol: 11(2), pp.1011-1028.
- ÖZÇELİK, H., & KANDEMİR, B. (2017). “Veri zarflama analizi ve imalat sektöründe bir uygulama” *Journal of Süleyman Demirel University Faculty of Economics and Administrative Sciences*, Vol 22, pp.43-53.
- PERELMAN, S. (1995). “R&D, Technological Progress And Efficiency Change in Industrial Activities” *Review of Income and Wealth*, sayı 41, s.349-366.
- RAHEMAN, A., AFZA, T., QAYYUM, A., & BODLA, M. A. (2008). “Estimating total factor productivity and its components: Evidence from major manufacturing industries of Pakistan”. *The Pakistan Development Review*, 677-694.
- ROMER, P., M. (1990). “Endogenous Technological Change” *Journal of Political Economy*, sayı 98, s.71-101.
- TIAN, D. (2014). “R&D and Software Firms’ Productivity and Efficiency: Empirical Evidence of Global Top R&D Spending Firms” *International Journal of Hybrid Information Technology*, sayı 7, s.165-176.
- TATOĞLU, F., Y. (2017). “Panel Zaman Serileri Analizi” *Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul*.

ZHANG, A., ZHANG, Y., & ZHAO, R. (2003). "A study of the R&D efficiency and productivity of Chinese firms". *Journal of Comparative Economics*, 31(3), 444-464.

ZHAO, H. (2015). "The Empirical Study on R&D Efficiency of High-Tech Industry in China. *International Journal of Trade*". *Economics and Finance*, 6(1), 49.