

Türkiye’de Ar-Ge, İnovasyon ve Verimlilik İlişkisi¹

Melis YALBURDAK*

Ahmet Kibar ÇETİN**

Geliş Tarihi (Received): 02.09.2024 - Kabul Tarihi (Accepted): 15.11.2024

DOI: 10.26745/ahbvuibfd.1542168

Öz

Verimlilik, gerek teknoloji liderliği yapan firmalar için gerekse teknoloji açığı olan firmalar için büyük öneme sahiptir. Firmalar için büyük önem taşıyan verimliliği etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler sıklıkla Ar-Ge faaliyetleri, bilgi sermayesi ve inovasyon yatırımlarıdır. İnovasyon çıktısı elde etmek için Ar-Ge ve bilgi sermayesine yatırım yapmak gerekmektedir. Bununla birlikte bilgi ve inovasyon yatırımlarının katma değere dönüşebilmesi için verimlilik üzerinde etkili olmalıdır. İlgili literatür incelendiğinde gelişmiş ülkeler için Ar-Ge ve inovasyon yatırımlarının verimlilik üzerindeki etkilerinin birçok çalışmada incelendiği görülmektedir. Buna karşılık bu etki gelişmekte olan ülkelerde ya bulunamamış ya da zayıf etkilerle sınırlı kalmıştır. Bu motivasyondan hareketle söz konusu çalışmada, Dünya Bankası’nın Türkiye 2019 Girişim Anket Veri Seti kullanılarak Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin firma verimliliğine etkisinin Türkiye özelinde incelenmesi amaçlanmıştır. Bu tarz çalışmalarda karşılaşılabilen ve değişkenlerin doğası gereği oluşan seçim yanlılığı (selection bias), eşzamanlılık (simultaneity) ve içsellik (endogeneity) sorunundan kaçınmak için Crepon vd. (1998)’nin geliştirdiği CDM modeli kullanılmış ve Griffith vd. (2006)’nin önerdiği inovasyon ve verimlilik denklemleri sıralı olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen temel bulgulara göre, Türkiye’de faaliyet gösteren firmaların Ar-Ge faaliyetleriyle inovasyon faaliyetlerinin firma verimliliği üzerinde etkili olamadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, Türkiye ekonomisinin teknoloji seviyesinin düşük olduğu ve bilgi teknolojisine dayalı değil, sermayeye dayalı büyümesinin devam ettiği ve dolayısıyla Türkiye için inovasyona dayalı büyüme sürecine henüz ulaşamadığı şeklinde yorumlanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge, İnovasyon, Firma Verimliliği, CDM Modeli

The Relationship among R&D, Innovation and Productivity in Türkiye

Abstract

Productivity is crucial for both firms which is technology-leader and firms with a technology gap. Productivity, an essential factor for firms, is influenced by numerous factors. These factors are often R&D activities, knowledge capital and innovation investments. To obtain innovation output, it is necessary to invest in R&D and knowledge capital. However, in order for knowledge and innovation investments to turn into added value, they must have an impact on productivity. In the literature it is possible to face with many studies examining the effects of R&D and innovation investments on productivity for developed countries. However for developing countries, they were not found productivity effects or found weak productivity effects. Depend on this motivation, this study analyzes the impact of R&D and innovation activities on firm productivity for Türkiye using the World Bank's Türkiye 2019 Enterprise Survey Data Set. To avoid the problems of selection bias, simultaneity and endogeneity that occur due to the nature of the variables, the CDM model developed by Crepon et al. (1998) was used and the innovation and productivity equations suggested by Griffith et al. (2006) were solved sequentially. According to main findings, it has been concluded that the R&D and innovation activities of firms operating in Türkiye cannot have an impact on firm productivity. This has been interpreted as the technology level of the Turkish firms is low, and the growth still continues to be based on capital, not information technology, and therefore it has not yet reached the innovation-based growth process.

Keywords: R&D, Innovation, Firm Productivity, CDM Model

¹ Bu çalışma, Melis Çalışal’ın Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat ABD Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

* Doktora öğrencisi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, 238383001@ogrenci.karatekin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4554-9254.

** Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, ak.cetin@hbv.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0275-5581.

Giriş

Türkiye gibi teknoloji açığı olan ülkelerin teknoloji lideri ülkeleri yakalayabilmek için verimlilik düzeylerini yükseltmeleri elzemdir. Batı ekonomileriyle Türkiye ekonomisi arasındaki yıllardır kapanamayan fark verimlilik farkıdır. Literatürde verimliliği artırmanın etkili yolunun önce bilgi-teknoloji üretimi ve sonrasında bunların ticari uygulamalarla yaratıcı fikirlere, yeni ürünlere ve süreçlere dönüşmesi olduğu kanıtlanmıştır. Dolayısıyla bu çerçevede yapılan çalışmalarda Ar-Ge harcamaları, inovasyon ve verimliliğin karşılıklı olarak birbirlerini besleyen bir etki sürecine sahip oldukları ortaya konmuştur (Hall ve Jones, 1999; Rouvinen, 2002). İlgili literatür incelendiğinde, özellikle Gelişmiş Ülkelerde (GÜ) firma düzeyinde yapılan çalışmalarda Ar-Ge, inovasyon ve verimlilik arasında güçlü bir ilişki olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Griffith vd., 2006; Mairesse ve Mohnen, 2010). Oysa Türkiye ve Türkiye gibi teknoloji açığı olan diğer ülkelerde bu ilişkinin o kadar güçlü olmadığı gösterilmiştir (Bacanlı, 2014; Fikirli ve Çetin, 2015). Aslında bu ülkelerde teknoloji açığını kapatmak için imitasyon (taklit) ve teknoloji transferi gibi öğrenme kanallarının daha önemli olduğu vurgulanmış ve firmaların bilgi üretme ve teknoloji geliştirme kapasitelerini geliştirdikçe inovasyon faaliyetlerinin verimlilik üzerindeki etkisinin artacağı belirtilmiştir (Bell ve Pavitt, 1993). Teknoloji açığı olan ülkelerin bu özelliğini dikkate almadan GÜ için yapılmış modellerin doğrudan Gelişmekte Olan Ülkeler (GOÜ) için kullanılması inovasyonla verimlilik arasındaki ilişkisinin zayıf çıkmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada bu durum dikkate alınarak Ar-Ge ile inovasyon belirleyicilerinin firma düzeyindeki mikro verilerle tahmini ve firmanın işgücü verimliliği üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ar-Ge, inovasyon ve verimlilik değişkenleri firma düzeyinde incelendiğinde Ar-Ge ve inovasyon yapan firmaların diğerlerinden ayrıştığı, değişkenlerin içsellik ve eşzamanlılık gibi sorunlara sahip olduğu bilinmektedir. Bu nedenle örnekleme oluşturmada yaşanan seçim yanlılığı, Ar-Ge, inovasyon ve verimlilik değişkenleri arasında oluşan eşzamanlılık ve değişkenlerin içsellik sorunlarını bertaraf etmek için Pakes ve Griliches (1980) ve Crepon vd. (1998)'nin çalışmalarında ortaya koydukları ve yazar isimlerinin ilk harflerini verdikleri CDM modeli benimsenmiştir. CDM modelinde firmalar etkinlik derecelerine göre inovasyon çıktısına dönüşebilecek bilgi girdisine yatırım yapmaktadırlar. Bu da inovasyon çıktısına dönüşüp verimliliği etkileyecektir. CDM modelinde sırasıyla üç aşamadan oluşan yapısal bir tahmin modeli kullanılmaktadır. İlk aşamada firmaların Ar-Ge yapma kararı ve bunun belirleyicileri, ikinci aşamada inovasyon yatırımlarından veya bilgi üretiminden ne kadar çıktı (inovasyon) üretildiği ve son aşamada inovasyonun verimlilik üzerindeki etkisi tahmin edilmektedir.

Türkiye’de faaliyet gösteren firma örnekleminde “Ar-Ge, inovasyon ve işgücü verimliliği arasında anlamlı ve pozitif bir ilişkinin varlığı” çalışmanın araştırma sorusunu oluşturmaktadır. Elde edilecek bulgular Türkiye’nin yapısını yansıtacağından hem ulusal düzeyde inovasyon politikalarının etkinliğinin artırılmasında hem de firmaların inovasyon-verimlilik stratejilerinin geliştirilmesinde kullanılabilir. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, Dünya Bankası’nın Türkiye 2019 Girişim Anket Veri Seti kullanarak Ar-Ge ile inovasyon faaliyetlerinin firma verimliliğine etkisini CDM modeli ile tahmin etmektir. Bu çerçevede birinci bölümde Ar-Ge, inovasyon ve firma verimliliği ilgili literatür kapsamında incelenmektedir. İkinci bölümde çalışmada kullanılan ampirik model açıklanmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler ve değişkenler üçüncü bölümde verilmiştir. Dördüncü bölümde modellerin tahmin sonuçları incelenmektedir. Son bölümde sonuç ve öneriler yer almaktadır.

1. Ar-Ge, İnovasyon, Verimlilik İlişkisi

İnovasyon için ihtiyaç duyulan yeni bilgi veya buluş sistematik olarak Ar-Ge faaliyetlerinden elde edilmektedir. Elde edilen bilginin/buluşun ticarileşmesiyle inovasyon gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla Ar-Ge inovasyonun girdisi niteliğindedir. Aralarındaki güçlü ilişkiden dolayı (Hall, 2011; Bacanlı, 2014; Arendt ve Grabowski, 2017; Aldieri vd, 2019; Mohnen, 2019) inovasyon ölçümlerinde yaygın olarak “Ar-Ge” temsili değişken olarak kullanılmaktadır (Albeni ve Doğan, 2015; Süt ve Çetin, 2018). Bununla birlikte her Ar-Ge faaliyetinin inovasyona dönüşmediği ve her inovasyonun da Ar-Ge kaynaklı olmadığı unutulmamalıdır. Diğer bir deyişle Ar-Ge dışı faaliyetlerden de inovasyon çıktısı elde edilmektedir. Özellikle Türkiye’de faaliyet gösteren firmalarda Ar-Ge dışı faaliyetlerin inovasyona dönüşme oranı oldukça yüksektir (Çetin, 2020).

Ar-Ge ve inovasyonun verimlilik üzerindeki etkileri incelirken Ar-Ge’nin zaten inovasyonun bir girdisi olduğu ve bu nedenle inovasyonun daha önemli olduğu sonucuna ulaşılmamalıdır. Grilliches, Ar-Ge’nin inovasyona kıyasla verimlilik üzerinde daha yüksek etkisi olduğunu ve üretkenlik artışında büyük bir öneme sahip olduğunu belirtmiştir (Grilliches, 1986:96). Benzer bir sonuç büyüme teorisinin temellerini Ar-Ge’ye dayandıran Romer tarafından ortaya konmuştur (Romer, 1989). Romer (1989), büyümenin itici gücü olarak Ar-Ge’yi göstermektedir. Grilliches ve Romer’in çalışmalarının yol gösterici olduğu literatürde, Ar-Ge’ye verilen önem artmış ve birçok çalışmada inovasyonun temsili değişkeni olarak Ar-Ge yer almıştır. Özellikle inovasyon ve teknolojik değişimin göstergesi olarak kullanılan Ar-Ge, çıktıdaki değişimin en önemli kaynağı olarak görülmektedir.

Gelişmiş ülkelerde Ar-Ge-verimlilik ilişkisi güçlüyken (Löf ve Heshmati, 2002; Löf vd., 2004; Baum vd, 2019; Aldieri vd, 2019), bazı gelişmekte olan ülke çalışmalarında Ar-Ge-

verimlilik ilişkisinin zayıf olduğu, Ar-Ge yatırımlarının nihai sonuç olarak inovasyona dönüşmediği ve dolayısıyla doğrudan firma verimliliğini artırmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (Cirera, 2015; Ülkü ve Pamukçu, 2015). Buna göre GOÜ için Ar-Ge verimlilik ilişkisinin zayıf bulunma nedenleri; (i) verilerin gelişmekte olan ülkelerde yetersiz kalması, (ii) devlet desteklerinin yetersiz olması, (iii) firmaların teknolojik sınırdan uzak olmaları, (iv) tek bir değişken kullanarak Ar-Ge'nin verimlilik üzerinde etkilerinin ele alınması ve (v) geleneksel girdilere bağlılık, şeklinde özetlenebilir (Acemoglu vd., 2006; Waheed, 2011; Goya vd., 2012; Ülkü ve Pamukçu, 2015).

Türkiye'de yapılan çalışmalarda Ar-Ge ile birlikte; teknoloji yoğunluğu (Yılmaz ve Yıldırım, 2013), Ar-Ge yayılma etkisi (Dayar ve Pamukçu, 2014), Ar-Ge yoğunluğu (Ülkü ve Pamukçu, 2015), Teknoparkta faaliyet gösterme (Ar ve Baki, 2011) ve imalat sanayinde faaliyet gösterme (Öztürk ve Zeren, 2015) gibi değişkenlerle incelenmiş ve Ar-Ge harcamalarının firma verimliliğini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, Fikirli ve Çetin (2015) ve Bacanlı (2014) çalışmalarında Türkiye'de Ar-Ge'nin verimlilik üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığını sonucuna ulaşılmıştır.

İnovasyon-verimlilik araştırmalarında seçilen inovasyon değişkeni ve inovasyon sürecinin tamamlayıcısı olarak alınan diğer faktörler araştırma sonucunu önemli ölçüde etkilemektedir. Buna bağlı olarak inovasyon değişkeni olarak genellikle Ar-Ge ve patent (Yavuz, 2010) ile ilgili büyüklükler kullanıldığı gibi; ürün, süreç, pazarlama ve organizasyonel inovasyonlar gibi doğrudan inovasyonun bileşenleri de kullanılmaktadır (Süt ve Çetin, 2018). Bazen de bu değişkenler birlikte kullanılarak hem birbirleriyle olan tamamlayıcılık ilişkisi hem de inovasyon süreç etkisini daha iyi belirleyebilmek için inovasyon girdi-çıktıları birlikte kullanılmaktadır (Masso ve Vahter, 2012; Mohnen ve Hall, 2013). İnovasyonla birlikte bilgi iletişim teknolojileri (Martin ve Nguyen-Thi, 2015; Arendt ve Grabowski, 2017), beşeri sermaye (Hall vd., 2013; Aldieri vd., 2019) ve Ar-Ge dışı inovasyon harcamaları (patent, ekipman, makina, yazılım, lisans alımları ile Pazar araştırmaları ve fizibilite çalışmaları) yaygın olarak tamamlayıcı değişken olarak kullanılmaktadır.

Sıklıkla inovasyon göstergesi olarak kullanılan ürün inovasyonu her ne kadar güçlü bir temsili değişken olsa da gelişmekte olan ülkelerde aynı etkiye sahip olmadığı bilinmektedir. Ürün inovasyonu daha çok gelişmiş ülkelerde güçlü sermaye yapısına ve nitelikli işgücüne sahip büyük firmalar tarafından, pazarda yeni ürünün ortaya çıkarılması şeklinde gerçekleştirilmektedir (Waheed, 2011; Aldieri vd., 2019; Ramadan, vd., 2019). Yeni ürünlerin piyasada karşılık bulmasına bağlı olarak firma verimliliğini arttırdığı düşünülmektedir (Mohnen ve Hall, 2013). Diğer taraftan gelişmekte olan ülkelerde ise ürün inovasyonu pazara

çıkarılan yeni ürün ile değil (taklit veya imitasyon), sıklıkla firmada yeni ürün çıkararak gerçekleştirilmektedir. Adapte edilen ürün her ne kadar firma için yeni olsa da pazar için yeni değildir ve bu da verimliliğin artışında görece olarak daha sınırlı bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda düşük sermaye ve nitelikli personel sorunu yaşayan, gelişmekte olan ülkelerin firmaları, yüksek sermaye ve nitelikli işgücü gerektiren ürün inovasyonu yerine genellikle süreç inovasyonuna yönelmektedirler. Sonuç olarak, firma verimliliğine etki eden faktörleri inceleyen çalışmalarda yaygın olarak inovasyon faaliyetlerini temsilen Ar-Ge veya inovasyon türlerinden birinin kullanılması, inovasyon gibi karmaşık bir süreci temsil etmede yetersiz kaldığı için inovasyon faaliyetlerinin girdisi konumunda olan Ar-Ge ve sonucu olan inovasyon çıktısını bir süreç olarak ele alan ve sürecin verimlilik üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar yaygınlaşmaktadır.

2. Ampirik Model

Literatürde Ar-Ge ve inovasyon yatırımlarının verimlilik üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda değişkenlerin doğasından ve modellemelerden kaynaklanan birçok sorunlarla karşılaşmaktadır. Bunların başında; Ar-Ge, inovasyon ve verimlilik değişkenleriyle ilgili olarak seçim yanlılığı (selection bias), eşzamanlılık (simultaneity) ve içsellik (endogeneity) problemleri gelmektedir.

Seçim yanlılığı, Ar-Ge yapan firma sayısının son derece sınırlı olmasından dolayı tesadüfi olmayan örnek yanlılığından kaynaklanmaktadır. Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin verimlilik üzerindeki etkisinin ölçümünde bir öncelik sıralaması olmasına rağmen bu değişkenlerin eşzamanlı olarak modelde yer alması ve birbirlerini etkileyerek birlikte hareket etmeleriyle eşanlılık sorununu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, Ar-Ge verimlilik artışına neden olurken daha önceki yıllardaki verimlilik artışlarının da Ar-Ge yatırımlarını artırması yönündeki bulgular, tahmini yapılacak modelde içsellik sorununa yol açabileceğini ve dolayısıyla bu değişkenler arasında nedensellik karmaşasının yaşanabileceğini göstermektedir (Hashi ve Stojcic, 2013; Bacanlı, 2014: 3).

Bu alanda tahmin edilebilecek modellerde çıkması beklenen bu sorunlara karşılık sunulan çözümlerden biri Crepon vd. (1998)'in geliştirmiş olduğu CDM modelidir. CDM modelinin seçim yanlılığı, eşzamanlılık ve içsellik problemlerini eş zamanlı olarak çözebilmesi avantajından dolayı literatürde birçok çalışma tarafından tercih edilmektedir (Janz vd., 2003; Mairesse ve Mohnen, 2003; Waheed, 2011; Crespi ve Zuniga, 2012; Goya vd., 2012; Mohnen ve Hall, 2013; Bacanlı, 2014; Cirera, 2015; Aldieri vd., 2019). CDM modelinin çözümünde eşanlı ve sıralı çözüm olarak iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan birisi Crepon vd. (1998)'nin savunduğu üç denklemin eşanlı olarak çözülmesidir. Diğeri ise Griffith vd. (2006)

önerdiği; bilgi değişkenini araç (latent-enstrümantal) değişken olarak inovasyon denklemine ve sonrasında inovasyon değişkeninin araç değişken olarak verimlilik denklemine eklenmesiyle sıralı olarak modellerin tahmin edilmesidir. Eşanlı tahminin daha güçlü dışsallık varsayımına sahip olması ve sıralı tahminin içsellikle daha etkin mücadele edebilmesi nedeniyle sıralı tahmin modelinin daha sağlam sonuçlar sunduğu düşünülmektedir (Bacanlı, 2014:8). Bu nedenle bu çalışmada da Griffith vd. (2006)'nin yapmış olduğu sıralı çözüm yönteminin takip edilmesi uygun bulunmuştur.

CDM modeli esnek ve mikro-makro verilere uyarlanabilir bir yapıya sahip olduğundan literatürde birçok farklı versiyonu bulunmaktadır (Janz vd., 2003; Lööf, 2004; Griffith vd., 2006; Waheed, 2011; Goya vd., 2012; Hall vd., 2013; Mohnen ve Hall, 2013; Bacanlı, 2014; Cirera, 2015; Martin ve Nguyen-Thi, 2015; Arendt ve Grabowski, 2017; Wadho ve Choudhry, 2018; Aldieri vd., 2019; Ramadani vd., 2019). Söz konusu çalışmalarda araştırmacılar öne çıkardıkları değişkenlere göre CDM modelinin farklı versiyonlarını geliştirmişlerdir. Bu çalışma için ise; CDM modelinin birinci aşamasında Ar-Ge/Bilgi modellenmekte ve tahmin edilmektedir. İkinci aşamada inovasyon denkleminde Ar-Ge/bilgi değişkeni yerine değişkenin tahmini değerleri araç değişkeni olarak kullanılırken üçüncü aşamadaki verimlilik modelinde benzer şekilde inovasyon tahminleri araç değişken olarak kullanılarak denklemler sıralı şekilde tahmin edilmekte ve nihai modele ulaşılmaktadır. Söz konusu aşamalar aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır:

- i. Birinci aşama:* Bu aşamada ilk olarak Ar-Ge yapma kararı belirlenmekte ve sonrasında ise Ar-Ge yapma kararı verenlerin ne kadar Ar-Ge yaptıkları tespit edilmektedir. Dolayısıyla birinci aşamada açıklayıcı değişken olarak firma özellikleri (yaşı, boyutu, yabancı ortaklığı ve çalışan sayısı) dışında talep faktörleri (ihracat durumu, gelecekte talep beklentisi ve rakip sayısı) ve finansal kaynaklara erişim, vergi oranı, siyasi istikrarsızlık ve niteliksiz işgücü gibi karşılaşılabileceği inovasyon bariyerleri tercih edilmiştir. Bu aşamada örneklemeden kaynaklanan seçim yanlılığını engellemek için ters mills oranı (inverse mills ratio-imr) kullanılmakta ve söz konusu imr Ar-Ge yoğunluk denkleminde bağımsız değişken olarak yer almaktadır. Bu aşamada açıklanan Ar-Ge ve Ar-Ge Yoğunluğu, Denklem (1) ve Denklem (2)'de gösterilmektedir.

$$arge_{1i} = \alpha_0 + \alpha_{1i} yaşı_i + \alpha_2 büyük_{1i} + \alpha_3 orta_{1i} + \alpha_4 yabancı_ortak_{1i} + \varepsilon_{1i}$$

Denklem (1)

$$arge_yoğunluğu_{2i} = \beta_0 + \beta_1 imr_{2i} + \beta_2 büyük_{2i} + \beta_3 orta_{2i} + \beta_4 ihracat_{2i} + \omega_{2i}$$

Denklem (2)

ii. **İkinci aşama:** Modelin ikinci aşaması inovasyon aşamasıdır. İnovasyon denkleminde firma büyüklük Fikri Mülkiyet (FM), ihracat, Pazar payı, talep ve inovasyon bariyerleri dışında Ar-Ge yoğunluğu yerine araç değişkeni (tahmin değerleri) açıklayıcı değişken olarak kullanılmaktadır. İnovasyon denklemini Denklem (3)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} inovasyon_{3i} = & \gamma_0 + \gamma_1 arge_yoğunluğu_{3i} + \gamma_2 büyük_{3i} + \gamma_3 orta_{3i} + \gamma_4 FM_{3i} + \gamma_5 talep_{3i} \\ & + \gamma_6 ihracat_{3i} + \gamma_7 pazar_payı_{3i} + \gamma_8 finans_{3i} + \gamma_9 siyasi_{3i} \\ & + \gamma_{10} vasıfsız_{3i} + \varphi_{3i} \end{aligned}$$

Denklem (3)

iii. **Üçüncü aşama:** Modelin son aşamasında verimlilik denklemini oluşturulmaktadır. Firma verimliliğinin ölçümünde firmanın son yıldaki toplam satışlarının çalışan sayısına bölünerek işgücü verimliliği temel alınmıştır. Verimlilik denkleminin açıklayıcı değişkeni olarak firma büyüklüğü, çalışan sayısı, sermaye yoğunluğu ve inovasyon değişkeni kullanılmıştır. Denklem (4)'te verimlilik denklemini yer almaktadır.

$$\begin{aligned} verimlilik_{4i} = & \delta_0 + \delta_1 büyük_{4i} + \delta_2 orta_{4i} + \delta_3 inovasyon_{4i} + \delta_4 \left(\frac{K}{L}\right)_{4i} + \delta_5 çalışan_{4i} \\ & + \rho_{4i} \end{aligned}$$

Denklem (4)

3. Veriler ve Değişkenler

Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankası'nın Türkiye 2019 Girişim Anket Veri Setinden alınmıştır. Dünya Bankası, verilerin elde edilmesinde kullanılan örneklem için tesadüfî tabakalama yöntemi kullanılmıştır. Endüstri, firma büyüklüğü ve bölge olarak üç düzeyde tabakalandırma oluşturulmuştur. Endüstri tabakalandırması, altı imalat endüstrisi ve üç hizmet endüstrisinden oluşmaktadır. Firma büyüklüğünde; küçük (5-19 çalışan), orta (20-99 çalışan) ve büyük (100 veya daha fazla çalışan) ölçütleri kullanılmıştır. Değişkenler ve açıklamaları Tablo 1'de verilmektedir. Buna bağlı olarak ilgili değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 2'de raporlanmaktadır. Kukla (0/1) değişkenlerinin ortalama değerleri, temsil edilen varlık ifadesinin yüzdesini göstermektedir. Örneğin; Ar-Ge değişkeni 1 olduğunda (varlık durumu) Ar-Ge yapıldığı ve 0 (sıfır) olduğunda (yokluk) Ar-Ge yapılmadığını ifade etmektedir. Bu bakımdan Ar-Ge'nin ortalama değeri olan 0,153; gözleme katılan firmaların %15,3'nin Ar-Ge yaptığını ifade etmektedir. Bu bakımdan Tablo.2'ye göre, firmaların bariyer

algılarının vergi (%63,3) ve siyasi belirsizlikte (%59,6) yüksek; ama finans (%22,2) ve vasıfsız işgücünde (%29,5) görece daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Değişkenlerin tanımlanması

Değişkenler	Açıklaması
<i>Ar-Ge ve Bilgi Değişkenleri</i>	
arge (0/1)	Firma tek başına veya başka bir firmayla son üç yılda arge faaliyeti yaptıysa 1, yoksa 0.
arge_yoğunluğu	log(çalışan başına Ar-Ge harcaması)
<i>İnovasyon Çıktı Değişkenleri</i>	
inovasyon (0/1)	Firmanın son üç yılda ürün veya süreç inovasyonu yaptıysa 1, yoksa 0.
<i>Verimlilik Değişkeni</i>	
verimlilik	log (çalışan başına satışlar)
<i>Firma Özellikleri</i>	
sektör	İmalat, perakende hizmetler, diğer hizmetler.
yaş	log (firmanın yaşı)
büyük (0/1)	Girişim Anketine göre büyük olarak sınıflanan firmalar.
orta (0/1)	Girişim Anketine göre büyük orta sınıflanan firmalar.
Yabancı_Ortak (0/1)	Yabancı ortaklığı %1 - %49 arasında olan firmalar.
çalışan	log (çalışan sayısı).
KL	log (çalışan başına sermaye miktarı)
<i>Talep Faktörleri</i>	
talep (0/1)	Firma gelecek yıl talep artışı bekliyorsa 1, yoksa 0.
İhracat (0/1)	Firma doğrudan veya dolaylı ihracat yapıyorsa 1, yoksa 0.
pazarpayı (0/1)	Firmanın rakip sayısı en çok 10 tane ise 1, yoksa 0.
<i>İnovasyon Bariyerleri</i>	
finans (0/1)	Firma, finansal kaynaklara erişimini bariyer olarak algılıyorsa 1, yoksa 0.
vergi (0/1)	Firma vergi oranlarını bariyer olarak algılıyorsa 1, yoksa 0.
siyasi (0/1)	Firma siyasi istikrarsızlığı bariyer olarak algılıyorsa 1, yoksa 0.
vasıfsız (0/1)	Firma nitelikli personele erişimini bariyer olarak algılıyorsa 1, yoksa 0.

Tablo 3’te tahminlerde kullanılan modellerin kukla değişkenlerinin tetrachoric korelasyon değerleri raporlanmıştır. Korelasyon ilişkileri incelendiğinde kukla değişkeni olan Ar-Ge’nin %5 düzeyinde iki değişken hariç tüm kukla değişkenleriyle anlamlı bir ilişki içinde olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapma	minimum	maksimum
arge	0,1531	0,3602	0	1
arge_yoğunluğu	7,6171	1,7160	3,0233	11,2616
inovasyon	0,0908	0,2874	0	1
verimlilik	13,1133	1,2677	8,0652	17,7275
yas	2,7245	0,7649	0,6931	4,5951
büyük	0,2471	0,4315	0	1
orta	0,3572	0,4793	0	1
FM (Fikri Mülkiyet)	0,0498	0,2176	0	1
Yabancı_Ortak	0,0096	0,0976	0	1
3,3545	1,3320	0,6931	8,3187	
K/L	11,4939	1,8505	1,2039	17,3801
talep	0,3994	0,4899	0	1
ihracat	0,3141	0,4643	0	1
pazar_payı	0,2159	0,4116	0	1
finans	0,2216	0,4155	0	1
vergi	0,6327	0,4822	0	1
siyasi	0,5955	0,4909599	0	1
vasıfsız	0,2949	0,4561	0	1

Tablo 3. Kukla Değişkenlerin Tetrachoric Korelasyon Değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. arge	1												
2. inovasyon	0,6770*	1											
3. büyük	0,4433*	0,1695*	1										
4. orta	-0,1975*	0,0039	-1,0000*	1									
5. FM	0,3658*	0,5183*	0,1191	-0,1491	1								
6. YOrtak	0,5170*	0,3503*	0,4762*	-0,2208	0,4689*	1							
7. talep	0,1484*	0,2170*	0,0172	0,0864	0,1038	0,1000	1						
8. ihracat	0,5734*	0,4558*	0,4954*	-0,0263	0,1505*	0,5040*	-0,0044	1					
9. pazarpayi	0,3366*	0,3691*	0,2619*	-0,1015*	0,0332	0,1481	-0,0453	0,2943*	1				
10. finans	-0,0353	-0,0122	-0,1492*	-0,0411	0,0566	-0,0853	-0,1176*	-0,0551	-0,0927	1			
11. vergi	-0,1801*	-0,2218*	-0,0722	0,1070*	-0,1856*	-0,2246	-0,1389*	-0,1055*	-0,3247*	0,1662*	1		
12. siyasi	-0,1194*	-0,2028*	0,0437	0,0864	-0,1471*	-0,1821	-0,1309*	-0,0685	-0,1644*	0,2356*	0,6229*	1	
13. vasifsiz	-0,0480	-0,0545	0,0270	0,1381*	-0,1125	0,0974	0,0633	0,0603	-0,1545*	0,1957*	0,3908*	0,1756*	1

4. Tahmin Sonuçları

CDM modeline ilişkin elde edilen tüm tahmin sonuçları Tablo 4’de gösterilmektedir. Bu kısımda, çalışmanın ikinci bölümünde ifade edilen aşamalardaki denklemler sırasıyla Arge ve Arge Yoğunluğu (birinci aşama için), İnovasyon (ikinci aşama için) ve Verimlilik (üçüncü aşama için) olarak tanımlanmış ve dolayısıyla buradan sonraki kısımda denklemlerden bu isimlerle söz edilmiştir. CDM model tahmin sürecinde ele alınan birinci aşamadaki Arge ve Arge Yoğunluğu denklemlerinin tahmininde örnekteki seçim yanlılığını önlemek için Heckman tahmin yöntemi kullanılmıştır. Burada firmaların önce Ar-Ge yapıp yapmama kararları sonrasında da ne kadar Ar-Ge harcaması yaptıkları yer almaktadır. Seçim yanlılığını engellemek için Arge denkleminde elde edilen ters mills oranı (imr), Arge Yoğunluğu denkleminde bağımsız bir değişken olarak kullanılmış ve seçim yanlılığı düzeltilmiştir. ArGe karar ve yoğunluk denklemleri tahmin sonuçları incelendiğinde yabancı ortaklı firmalarla ihracat yapan firmaların beklentiler doğrultusunda Ar-Ge faaliyetlerine pozitif etkilerinin olduğu görülmüştür. Schumpeter’de de belirtildiği gibi firma yaşı ve büyüklüğü yüksek olanların yüksek olmayanlara göre Ar-Ge faaliyeti yapma olasılığının daha yüksek olduğunu görmektedir. Tetrakorik korelasyon katsayı değerleri de eski ve büyük firmaların orta boy firmalara göre daha fazla Ar Ge yatırımı yaptıkları sonucunu doğrulamaktadır. Firmanın yabancı ortaklı olması ve ihracat yapması da Ar-Ge yapma olasılığını artırmaktadır. Önceki bölümlerde açıklandığı gibi içsellik ve eşzamanlılık sorunlarından kaçınmak için birinci aşamada tahmin edilen arge yoğunluk değerleri inovasyon denklemlerinde arge yoğunluk değişkeninin araç değişkeni olarak kullanılmıştır. Tablo 4’te yer alan İnovasyon modelinin tahmin sonuçlarına göre pazar payı yüksek, ihracat yapan, fikri mülkiyet ve talep beklentisi olan firmaların olmayanlara göre inovasyon yapma olasılıklarının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu modelde arge_yoğunluğu etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Verimlilik denkleminin değişken seçiminde firma büyüklüğü ve inovasyon araç değişkeni dışında verimlilikle yakından ilgili olan sermaye yoğunluğu (sermaye-emek oranı) ve çalışan sayısı tercih edilmiştir. Tablo 4’te yer alan verimlilik denkleminin tahmin sonuçlarına göre sermaye yoğunluğu beklendiği gibi yüksek anlamlılık düzeyinde pozitif elde edilmiştir. Dolayısıyla işçi başına sermaye miktarı artışının işçi başına üretimi artıracığı yönündeki görüşler tahmin sonuçları tarafından da desteklenmektedir. Benzer bir durum çalışan sayısında da görülmektedir. Çalışan değişkeni de yüksek anlamlılık düzeyine sahiptir ancak ilişkinin yönü negatiftir. Başka bir ifadeyle, istihdam sayısı yüksek firmalarda verimlilik

düşmektedir. Verimliliğin işgücü verimliliği olarak ölçüldüğü bu çalışmada sermaye miktarı sabitken çalışan sayısı arttıkça azalan verimler kanunu gereği verimliliğin düşmesi beklenen bir sonuçtur.

Tablo 4. ArGe, ArGe Yoğunluğu, İnovasyon ve Verimlilik Tahmin Sonuçları

	Bağımlı Değişkenler			
	ArGe	ArGe Yoğunluğu	İnovasyon	Verimlilik
imr		1,8832** (2,43)		
argey_hat			-0.132 (-0.50)	
Inovasyon_hat				0,000928 (0,00)
yas	0.2647*** (3.24)			
buyuk	0.3966*** (2.78)	-0,9839* (-1,75)	-0.5529 (-1,00)	0.2833 (0.88)
orta	0,0536 (0,38)	-1,7212*** (-3,74)	-0.2551 (-0.46)	0.1381 (0.60)
FM			1.1753*** (3.84)	
YabancıOrtak	0.9937** (2.13)			
talep			0.3884* (1.83)	
ihracat		1,0515*** (2,73)	0.6163* (1.80)	
pazarpayi			0.6397*** (2.99)	
finans			0.3528 (1.39)	
vergi			0.3060 (1.35)	
siyasi			-0.2314 (-1.06)	
vasifsiz			-0.1797 (-0.80)	
KL				0.1122*** (3.03)

çalışan				-0.368*** (-3,92)
sabit	-2,2888*** (-9,17)	4,5806 (2,90)	-0.2340 (-0.10)	12.98*** (23,78)
Sektor kukla değişkeni	var	var	var	yok
Gözlem	1446	83	208	137

t istatistikleri parantez içinde gösterilmiştir.

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ düzeyinde istatistiksel anlamlılığı göstermektedir.

Verimlilik denklemindeki en önemli değişken şüphesiz inovasyon araç değişkenidir (Inovasyon_hat). Tablo 4’te yer alan bulgulara göre inovasyon araç değişkeni istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Buna göre, Türkiye’de faaliyet gösteren firmaların Ar-Ge faaliyetleriyle inovasyon faaliyetlerinin firma verimlilikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadıkları sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuca göre, Türkiye ekonomisinin bilgi-teknoloji tabanlı değil, halen sermaye tabanlı büyümesinin devam ettiği ve bu nedenle de henüz inovasyon tabanlı büyüme sürecine ulaşamadığı yorumunu yapmak mümkündür. Aynı modelde yer alan sermaye yoğunluk (KL) artışının %1 anlamlılık düzeyinde verimlilik artışına neden olması da bu görüşü desteklemektedir.

Literatür incelemesinde daha önce belirtildiği gibi Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin GÜ’deki firmaların verimlilikleri üzerinde pozitif etkisi yaygın bir durumken GOÜ’lerde inovasyonun verimlilik üzerinde etkisinin bulunmamasıdır. Örnek olarak, Goedhuys vd. (2008) ve Cirera (2015) yaptıkları çalışmalarda GOÜ’de inovasyon faaliyetlerinin firma verimliliği üzerinde etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardı. Benzer bir başka örnek olarak ise Waheed (2011) tarafından yapılan ve Pakistan ve Bangladeş’i konu alan çalışması benzer sonuçlara sahiptir. Bangladeşli ve Pakistanlı firmaların inovasyon ve sermaye yatırımları incelenen söz konusu çalışmada görece inovasyon yatırımı düşük ama sermaye yatırımı yüksek olan Pakistanlı firmalarda verimlilik artışı olurken, inovasyon yatırımı daha yüksek olan Bangladeşli firmalarda inovasyon yatırımlarının verimlilik üzerinde etkisi bulunamamıştır. Bu alanda Türkiye üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde ise Bacanlı (2014) ile Fikirli ve Çetin (2015) benzer şekilde Ar-Ge ve inovasyonun verimlilik üzerinde etkisini bulamamışlardır.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Verimlilik, gerek teknoloji liderliği yapan firmalar için gerekse teknoloji açığı olan firmalar için büyük öneme sahiptir. Firmalar için büyük önem taşıyan verimliliği etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler arasında sıklıkla Ar-Ge faaliyetleri, bilgi sermayesi ve inovasyon

yatırımları ön plana çıkmaktadır. İnovasyon çıktısı elde etmek için Ar-Ge ve bilgi sermayesine yatırım yapmak gerekmektedir. Bununla birlikte bilgi ve inovasyon yatırımlarının katma değer yaratabilmesi için verimlilik üzerinde etkili olması gerekmektedir. Literatürde Ar-Ge ve inovasyon yatırımlarının verimlilik üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların büyük bir kısmı GÜ'deki firmalar için yapılmış ve yaygın olarak Ar-Ge ve inovasyonun verimlilik üzerindeki etkileri bulunmuştur. Benzer çalışmalar GOÜ'deki firmalar için daha sınırlı sayıda yapılmış ve elde edilen sonuçlara göre genelde Ar-Ge ve inovasyonun verimlilik üzerinde etkisi olmadığı ya da sınırlı olduğu yönündedir. Bu bağlamda bu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren firmaların yapmış oldukları Ar-Ge/bilgi ve inovasyon faaliyetlerin firma verimliliği üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Diğer yandan Ar-Ge, inovasyon ve verimlilik arasındaki ilişki araştırılırken model tahminine odaklanan çalışmalar söz konusu olduğunda, seçim yanlılığı ve eşzamanlılık sorunlarının varlığı konusu önemlidir. Seçim yanlılığı, Ar-Ge yapan firma sayısının son derece sınırlı olmasından dolayı tesadüfi olmayan örnek yanlılığından kaynaklanırken; Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin verimlilik üzerindeki etkisinin ölçümünde bir Ar-Ge ve İnovasyonun bir girdi çıktı ilişkisi içinde olması bilgisinin yanında değişkenlerin eşzamanlı olarak modele dahil edilmesi eşzamanlılık sorununa yol açmaktadır. Bunun dışında, Ar-Ge ve verimlilik arasında literatürde pek çok kez gösterilen çift yönlü nedenselliğe bağlı olarak bu değişkenler arasında içsellik sorunu da ortaya çıkmaktadır. Verimliliği etkileyen bu sorunlara çözümü Crepon vd. (1998)'in geliştirmiş olduğu CDM modelidir. CDM modeline göre öncelikle Ar-Ge/Bilgi modellenmekte ve tahmin edilmektedir. Ardından, inovasyon denkleminde Ar-Ge/bilgi değişkeninin tahmincisi açıklayıcı değişken olarak yer almaktadır. Benzer şekilde verimlilik modelinde de inovasyon araç değişkeni kullanılarak denklemler sıralı olarak tahmin edilmektedir. Söz konusu yapının model tahmin sürecinde daha sağlıklı tahminler vermesi nedeniyle bu çalışmada da CDM modeline odaklanılmıştır.

Çalışmada, Dünya Bankası'nın Türkiye 2019 Girişim Anket Verileri kullanılmış ve elde edilen veriler Stata programı ile analiz edilmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan temel bulgulara göre bilgi ve inovasyon faaliyetlerinin verimlilik üzerinde etkisi bulunamamıştır. Bunun olası iki nedeni olabilir: bunlardan birincisi, araştırmanın doğası gereği oluşan örneklem seçim yanlılığı, eşzamanlılık ve içsellik gibi sorunların tam olarak aşılammış olma ihtimalidir. Bu olasılık kendini korumakla birlikte, literatürde bu sorunların çözümünde kullanılan yöntemlerin bu araştırmada da kullanılmış olunması modelin geçerliliğini güçlendirmektedir. İkincisi ise Türkiye ekonomisindeki firmaların teknoloji düzeyinin henüz Ar-Ge ve inovasyon tabanlı

büyüme yi etkileyebilecek kadar bilgi/teknoloji düzeyine ulaşamadığıdır. Türkiye ekonomisinde sermaye artışlarının verimliliği artırdığı yönündeki tespitler de bu görüşe desteklemektedir. Başka bir ifadeyle, firmaların verimliliklerinde inovasyon yatırımları değil, sermaye yatırımları daha etkili olmaktadır. Elde edilen bulgular, GOÜ'ler için yapılan çalışma sonuçlarıyla uyumludur. Bacanlı (2014) ile Fikirli ve Çetin (2015)'in Türkiye ekonomisi için; Goedhuys vd. (2008), Waheed (2011) ve Cirera (2015) 'nın GOÜ için yapmış oldukları çalışmalar da Ar-Ge ve inovasyonun verimlilik üzerinde anlamlı bir etki bulamamıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmadan elde edilen bulgular ışığında, Türkiye'de faaliyet gösteren firmaların bilgi-teknoloji altyapısının Ar-Ge ve inovasyonla büyüme ye yeterli olmadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla firmaların bilgi ve inovasyonu verimliliğe çevirebilme kapasitelerinin geliştirilmesi yönündeki politikaların incelenmesi ve/veya geliştirilmesi önemlidir.

Kaynakça

- Acemoglu, D., Aghion, P. ve Zilibotti, F. (2006). Distance to frontier, selection, and economic growth. *Journal of the European Economic association*, 4(1), 37- 74.
- Albeni, M. ve Doğan, B. (2015). Türk İmalat Sanayisinde Yenilikçi Faaliyetlerin Firma Performansına Etkisi. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 15(31), 25-44.
- Aldieri, L., Carlucci, F., Vinci, C. P. ve Yigitcanlar, T. (2019). Environmental innovation, knowledge spillovers and policy implications: A systematic review of the economic effects literature. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118051.
- Ar, I. M. ve Baki, B. (2011). Antecedents and performance impacts of product versus process innovation. *European Journal of Innovation Management*.
- Arendt, L. ve Grabowski, W. (2017). Innovations, ICT and ICT- driven labour productivity in Poland: A firm level approach. *Economics of Transition*, 25(4), 723-758.
- Bacanlı, S. (2014). *Research, innovation and labour productivity in Turkey*. Sabancı Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Baum, C., Lööf, H. ve Nabavi, P. (2019). Innovation Strategies, External Knowledge and Productivity Growth 26/3. *Industry and Innovation*, 348-367.
- Bell, M., & Pavitt, K. (1993). Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Industrial and corporate change*, 2(2), 157-210.
- Cirera, X. (2015). Catching Up To The Technological Frontier?. *World Bank Group*, 94671, 1-57.
- Crepon, B., Duguet, E. ve Mairesse, J. (1998) Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level. *Economics of Innovation and New Technology*, 7, 115-158.
- Crespi, G. ve Zuniga, P. (2012). Innovation and productivity: evidence from six Latin American countries. *World development*, 40(2), 273-290.
- Çetin, A. K. (2020). Doğrudan Yabancı Yatırımlar ve Bilgi-Teknoloji Transferi: Türkiye Deneyimi. Gönül Muratoğlu (Ed.), *Ekonomik ve Teknolojik Değişim Sürecinde İnovasyon*, s 379-416, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Dayar, E. ve Pamukçu, M. T. (2014). Impact of R&D activities of firms on productivity. Findings from an econometric study of the Turkish manufacturing sector. *STPS-Science and Technology Policy Studies Center*, Middle East Technical University.
- Fikirli, Ö. ve Çetin, A.K. (2015). Ar-Ge sermaye birikiminin toplam faktör verimliliğine etkisi: Türkiye örneği. *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 4(2), 147-166.

- Goedhuys, M., Janz, N. ve Mohnen, P. (2008). What drives productivity in Tanzanian manufacturing firms: technology or business environment?. *The European Journal of Development Research*, 20(2), 199-218.
- Goya, E., Vayá, E., & Suriñach, J. (2012). Do intra-and inter-industry spillovers matter? CDM model estimates for Spain. *Xvi Encuentro De Economía Aplicada Granada*, 6-7.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J. ve Peters, B. (2006). Innovation and productivity across four European countries, *Oxford Review of Economic Policy*, 22, 483-498.
- Grilliches, Z. (1986) Productivity, R&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970's, *American Economic Review*, 76, 141-154.
- Hall, R. E., ve Jones, C. I. (1999). Why do some countries produce so much more output per worker than others?. *The quarterly journal of economics*, 114(1), 83-116.
- Hall, B.H. (2011). "Innovation and productivity". *Nordic Economic Policy Review*, 2, pp.167-204.
- Hall, B. H., Lotti, F. ve Mairesse, J. (2013). Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 22(3), 300-328.
- Hashi, I. ve Stojčić, N. (2013). The impact of innovation activities on firm performance using a multi-stage model: Evidence from the Community Innovation Survey 4. *Research Policy*, 42(2), 353-366.
- Janz, N., Lööf, H. ve Peters, B. (2003). Firm level innovation and productivity-is there a common story across countries?. *Centre for European Economic Research, Discussion*, No. 03-26.
- Lööf, H. ve Heshmati, A. (2002). Knowledge Capital and Performance Heterogeneity: A firm-level Innovation Study. *International Journal of Production Economics* 76 3/1, 61-85.
- Lööf, H., Peters, B. ve Janz, N. (2004). Innovation and Productivity in German and Swedish Manufacturing Firms: Is there a cammon story? *Problems & Perspectives in Management* 2, 184-204.
- Mairesse, J. ve Mohnen, P. (2003). R&D and productivity: a reexamination in light of the innovation surveys. In *DRUID Summer Conference*, s 12-14.
- Mairesse, J. ve Mohnen, P. (2010). Using innovation surveys for econometric analysis. In *Handbook of the Economics of Innovation*. Cilt 2, s 1129-1155.
- Martin, L. ve Nguyen-Thi, T. U. (2015). The relationship between innovation and productivity based on R&D and ICT use. *Revue économique*, 66(6), 1105- 1130.
- Masso, J. ve Vahter, P. (2012). The link between innovation and productivity in Estonia's services sector. *The Service Industries Journal*, 32(16), 2527- 2541.

- Mohnen, P. (2019). R&D, Innovation and productivity. *The Palgrave Handbook of Economic Performance Analysis*, 97-122.
- Mohnen, P. ve Hall, B. H. (2013). Innovation and productivity: An update. *Eurasian Business Review*, 3(1), 47-65.
- Öztürk, E. ve Zeren, F. (2015). The impact of r&d expenditure on firm performance in manufacturing industry: further evidence from Turkey. *International Journal of Economics and Research*, 6(2), 32-36.
- Pakes, A. ve Griliches, Z. (1980). Patents and R&D at the firm level: A first report. *Economics letters*, 5(4), 377-381.
- Ramadani, V., Hisrich, R. D., Abazi-Alili, H., Dana, L. P., Panthi, L. ve Abazi- Bexheti, L. (2019). Product innovation and firm performance in transition economies: A multi-stage estimation approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 140, 271-280.
- Romer, P. M. (1989). Increasing returns and new developments in the theory of growth. NBER working paper 3098 ,DOI 10.3386/w3098
- Rouvinen, P. (2002). R&D—productivity dynamics: causality, lags, and ‘dry holes’. *Journal of Applied Economics*, 5(1), 123-156.
- Süt, E. ve Çetin, A.K. (2018). İnovasyon Göstergesi Olarak İnovasyon Endeksleri. *Uluslararası Turizm, Ekonomi ve İşletme Bilimleri Dergisi (IJTEBS)* E-ISSN: 2602-4411, 2(2), 299-309.
- Ülkü, H. ve Pamukcu, M. T. (2015). The impact of R&D and knowledge diffusion on the productivity of manufacturing firms in Turkey. *Journal of Productivity Analysis*, 44(1), 79-95.
- Yavuz, Ç. (2010). İşletmelerde inovasyon-performans ilişkisinin incelenmesine dönük bir çalışma. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi* , (5:2).
- Yılmaz, R. ve Yıldırım, J. (2013). The impact of research and development expenditures on the growth of Turkish manufacturing industry. *In Industrial Dynamics, Innovation Policy, and Economic Growth through Technological Advancements*, s. 278-291.
- Waheed, A. (2011). Innovation and firm-level productivity: econometric evidence from Bangladesh and Pakistan. *Maastricht Economic and social Research Institute on Innovation and Technology, UNU-MERIT*
- Wadho, W. ve Chaudhry, A. (2018). Innovation and firm performance in developing countries: The case of Pakistani textile and apparel manufacturers. *Research Policy*, 47(7), 1283-1294.

Extended Summary

In this study, the determinants of R&D and innovation are estimated using firm-level micro data, and their impact on labor productivity is analyzed. When R&D, innovation, and productivity are analyzed at the firm level, it is known that these firms are distinct from others and that variables have issues such as endogeneity and simultaneity. Therefore, to eliminate issues such as selection bias in sampling, simultaneity between R&D, innovation, and productivity variables, and endogeneity of the variables, the CDM model proposed by Griliches and Pakes (1980) and Crepon *et al.* (1998), named after the initials of the authors, has been adopted. The CDM model uses a structural estimation model in three stages. In the first stage, firms' decisions to engage in R&D and their determinants are estimated. In the second stage, the output (innovation) produced from innovation investments or knowledge production is estimated, and in the third stage, the impact of innovation on productivity is estimated. When examining the effects of R&D and innovation on productivity, one should not conclude that innovation is more important since R&D is already an input to innovation. Griliches stated that R&D has a greater impact on productivity than innovation and is of great importance in increasing productivity (Griliches, 1986:96). A similar result was presented by Romer, who based the foundations of growth theory on R&D. Romer shows R&D as the driving force of growth. In the literature guided by the studies of Griliches and Romer, the importance given to R&D has increased, and in many studies, R&D has been included as a representative variable of innovation. Especially, R&D, used as an indicator of innovation and technological change, is seen as the most important source of change in output. There are many studies in the literature examining the effects of R&D and innovation investments on productivity. These studies encounter many problems arising from the nature of the variables and the modeling. The main ones are selection bias, simultaneity, and endogeneity problems related to R&D, innovation, and productivity variables. Selection bias arises from non-random sample bias due to the extremely limited number of firms engaged in R&D. Although there is a priority order in measuring the impact of R&D and innovation activities on productivity, the simultaneity problem arises from the fact that they occur simultaneously and affect each other, moving together. Additionally, while R&D causes an increase in productivity, productivity increases in previous years also increase R&D investments, leading to endogeneity and thus causality problems between these variables (Hashi and Stojcic, 2013; Bacanlı, 2014). One of the solutions to the problem is the CDM model developed by Crepon *et al.* (1998). Due to the advantage offered by the CDM model, it has been preferred by many studies in the literature (Bacanlı, 2014; Cirera, 2015; Mohnen and Hall, 2013; Crespi and Zuniga, 2012; Goya *et al.*, 2012; Janz

et al., 2003; Mairesse and Mohnen, 2003; Waheed, 2011; Aldieri et al., 2019). In solving the model, there are two different approaches: simultaneous and sequential estimation. One is the simultaneous estimation of three equations advocated by Crepon et al. (1998). The other is the sequential solution proposed by Griffith et al. (2006), where the knowledge variable is used as an instrumental variable in the innovation equation, and subsequently, the innovation variable is used as an instrumental variable in the productivity equation, avoiding endogeneity problems in the model. The sequential estimation model offers more robust results because it deals more effectively with endogeneity and has a stronger exogeneity assumption in simultaneous estimation (Bacanlı, 2014:8). Therefore, the sequential solution method of Griffith et al. (2006) will be followed in this study. In the CDM model, the first stage models and estimates R&D. In the second stage, the estimated values of R&D variable is used as instrumental variables in the innovation equations instead of R&D variable. In the third stage, similarly, the productivity model is estimated using innovation instrumental variable, modeling them sequentially through instrumental variable. In the first stage, the decision to engage in R&D is first determined, followed by how much R&D those who decide to engage in R&D will conduct. As explanatory variables in the first stage, besides firm characteristics (age and size) firm's foreign ownership was preferred. R&D and R&D intensity in the first stage are shown in Equation (1) and Equation (2).

$$arge_{1i} = \alpha_0 + \alpha_{1i} yaşı + \alpha_2 büyük_{1i} + \alpha_3 orta_{1i} + \alpha_4 yabancı_ortak_{1i} + \varepsilon_{1i} \quad \text{Equation (1)}$$

$$arge_yoğunluğu_{2i} = \beta_0 + \beta_1 imr_{2i} + \beta_2 büyük_{2i} + \beta_3 orta_{2i} + \beta_4 ihracat_{2i} + \omega_{2i} \quad \text{Equation (2)}$$

$$inovasyon_{3i} = \gamma_0 + \gamma_1 arge_yoğunluğu_{3i} + \gamma_2 büyük_{3i} + \gamma_3 orta_{3i} + \gamma_4 FM_{3i} + \gamma_5 talep_{3i} + \gamma_6 ihracat_{3i} + \gamma_7 pazar_payı_{3i} + \gamma_8 finans_{3i} + \gamma_9 siyasi_{3i} + \gamma_{10} vasıfsız_{3i} + \varphi_{3i} \quad \text{Equation (3)}$$

$$verimlilik_{4i} = \delta_0 + \delta_1 büyük_{4i} + \delta_2 orta_{4i} + \delta_3 inovasyon_{4i} + \delta_4 \left(\frac{K}{L}\right)_{4i} + \delta_5 istihdam_{4i} + \rho_{4i} \quad \text{Equation (4)}$$

The second stage of the model is the innovation stage. In the innovation equation, besides firm characteristics, demand factors (exporter, future demand expectation, and number of competitors), and innovation barriers such as access to financial resources, tax rates, political instability, unskilled labor, and the instrumental variable (predicted values of R&D intensity) are used as an explanatory variable. The innovation equation is given in Equation (3).

In the final stage of the model, the productivity equation is established. In measuring firm productivity, labor productivity, defined as the firm's total sales in the last year divided by the

number of employees, is taken as the basis. As explanatory variables in the productivity equation, firm size, number of employees, capital intensity, and innovation variable are used. The productivity equation is shown in Equation (4). In estimating the sequential equations, the R&D and R&D intensity equations were estimated using the Heckman estimation method to avoid sample selection bias. Firms first decide whether to engage in R&D and then determine the amount of R&D expenditure. To correct for selection bias, the inverse mills ratio (IMR) obtained from the R&D equation was used as an independent variable in the R&D intensity equation, thus correcting for selection bias. The estimation results of the R&D decision and intensity equations show that the results are in line with expectations. Considering Schumpeter's approach to imperfect competition markets and firm sizes, it is observed that firms that are older and larger are more likely to engage in R&D activities than those that are not. Foreign ownership and export activities also increase the likelihood of engaging in R&D. As explained in previous sections, to avoid issues of endogeneity and simultaneity, the R&D intensity values estimated in the first stage were used as instrumental variables for the R&D intensity variable in the innovation equations. According to the innovation estimation results, firms with a high market share, that engage in exports, possess intellectual properties, and have demand expectations are more likely to engage in innovation than those without these characteristics. The effect of R&D intensity was not found to be statistically significant. In selecting the variables for the productivity equation, besides firm size and the innovation instrumental variable, capital intensity (capital-labor ratio) and the number of employees, which are closely related to productivity, were preferred. According to the estimation results, capital intensity was found to be positive at a high significance level, as expected. Therefore, the view that an increase in capital per worker increases output per worker is supported by the estimation results. A similar expectation is observed for the number of employees. The employee variable also has a high level of significance but is negatively related. In other words, productivity decreases in firms with a high number of employees. In this study, where productivity is measured as labor productivity, it is an expected result that productivity decreases as the number of employees increases, given a fixed amount of capital, due to the law of diminishing returns. The most important variable in the productivity equation is undoubtedly the innovation instrumental variable. The innovation instrumental variable was not found to be statistically significant. Therefore, it is concluded that the R&D and innovation activities of firms operating in Turkey do not have an impact on firm productivity. Based on this result, it is possible to interpret that the Turkish economy continues to grow not on a knowledge-technology basis but on a capital basis, and therefore has not yet reached the innovation-based growth process. The fact that the

increase in capital intensity causes an increase in productivity at a 1% significance level supports this view. As previously noted in the literature review, while the positive impact of R&D and innovation activities on firm productivity is common in developed countries, it is more common in developing countries that innovation does not affect productivity. Goedhuys et al. (2008) and Cirera (2015) demonstrated in their studies that innovation activities do not have an impact on firm productivity in developing countries. A similar example was shown by Waheed, (2011) in their study involving Pakistan and Bangladesh. In the study examining innovation and capital investments of firms in Bangladesh and Pakistan, it was found that while Pakistani firms, which have relatively low innovation investment but high capital investment, experience productivity increases, the innovation investments of Bangladeshi firms, which have higher innovation investment, do not have an impact on productivity. In light of the findings obtained, it is understood that the knowledge-technology infrastructure of firms operating in Türkiye is not sufficient for growth through R&D and innovation. Therefore, the policy recommendation that emerges is to develop the capacity of firms to convert knowledge and innovation into productivity.