

Türkiye Tarım Sektöründe Toplam Faktör Verimliliği (TFV): 1961-2021 Döneminin Malmquist TFV Endeksiyle Analizi

Mehmet Ali Cevheri¹ , Nihat Küçük² 

ÖZET

Amaç: Bu çalışma, Türkiye tarım sektörünün 1961–2021 dönemindeki toplam faktör verimliliğini (TFV) ölçmek, teknik etkinlik değişimi (TEC) ile teknolojik değişim (TC) gibi TFV bileşenlerinin zaman içinde gösterdiği performansı etkileyen faktörleri analiz etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Yöntem: Araştırmada Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Malmquist TFV Endeksi hesaplanmış; Sabit Getiriler Altında Ölçek (CRS) ve Değişken Getiriler Altında Ölçek (VRS) varsayımlarına göre girdi ve çıktı odaklı analizler gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Türkiye'nin 1961-2021 dönemi tarımsal verimliliği, girdi odaklı teknik verimlilikte düşüş (TEC, 1,010'dan 0,959'a) ve çıktı odaklı verimlilikte artış (TEC, 0,990'dan 1,040'a) göstermiştir. Teknolojik değişim (TC), karışık etkilerle son dönemde girdi odaklı olarak 1,060'a yükselmiş, çıktı odaklı olarak da 0,949'a gerilemiştir. Malmquist toplam faktör verimliliği (MTFV) endeksi yaklaşık 1 civarında sabit kalmış ve nispeten sınırlı bir iyileşme göstermiştir. Bu durum, teknoloji kullanımının artırılması, tarımsal yayım ve danışmanlık hizmetlerinin geliştirilmesi ve girdi verimliliğinin artırılması gibi kapsayıcı politikaların uygulanarak tarımsal büyümenin sürdürülmesi gerektiğini göstermektedir.

Özgünlük: Çalışma, Türkiye tarım sektörünün 61 yıllık uzun dönemini kapsayan ilk Malmquist TFV analizlerinden biri olması ve 61 yıllık dönemi 10'ar yıllık periyodlarla değerlendirmesi bakımından özgün bir katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Toplam Faktör Verimliliği, Malmquist Endeksi, Türkiye Tarım Sektörü, 1961-2021 Dönemi.

JEL Kodları: Q10, Q16, Q18, O47, C61.

Total Factor Productivity (TFP) in the Turkish Agricultural Sector: Analysis of the 1961–2021 Period with the Malmquist TFP Index

ABSTRACT

Purpose: This study was conducted to measure the Total Factor Productivity (TFP) of the Turkish agricultural sector over the period of 1961–2021 and to analyze the factors influencing the performance of TFP components, such as technical efficiency change (TEC) and technological change (TC), over time.

Methodology: The Malmquist TFP Index was calculated through Data Envelopment Analysis (DEA). Input- and output-oriented analyses were conducted under the assumptions of Constant Returns to Scale (CRS) and Variable Returns to Scale (VRS).

Findings: Turkey's agricultural productivity from 1961 to 2021 showed a decline in input-oriented technical efficiency (TEC, from 1.010 to 0.959) and an increase in output-oriented productivity (TEC, from 0.990 to 1.040). Technological change (TC) increased to 1.060 in the input-oriented analysis in the last period with mixed effects, while it decreased to 0.949 in the output-oriented analysis. The Malmquist total factor productivity (TFP) index remained stable around 1, indicating relatively limited improvement. This suggests that agricultural growth should be sustained through comprehensive policies, such as increasing technology adoption, enhancing agricultural extension and consultancy services, and improving input efficiency.

Originality: The study provides an original contribution by being one of the first Malmquist TFP analyses covering a 61-year period of the Turkish agricultural sector and by evaluating this period in 10-year intervals.

Keywords: Total Factor Productivity, Malmquist Index, Turkish Agricultural Sector, 1961–2021 Period.

JEL Codes: Q10, Q16, Q18, O47, C61.

* Bu çalışma, Mehmet Ali Cevheri tarafından Harran Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Doç. Dr. Nihat Küçük danışmanlığında yürütülen "Tarım Sektöründe Toplam Faktör Verimliliği (TFV) ve Kamu Politikaları: Türkiye ve Hollanda'nın Malmquist TFV Endeksi ile Karşılaştırmalı Analizi (1961–2021)" başlıklı Doktora Tezi'nden türetilmiştir.

¹ Harran Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Maliye Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye,

² Harran Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Sorumlu Yazar-Corresponding Author: Nihat Küçük, nihatk@harran.edu.tr

DOI: 10.51551/verimlilik.1711741

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş / Submitted: 01.06.2025 | Kabul / Accepted: 30.06.2025

Atıf/Cite: Cevheri, M.A. ve Küçük, N. (2025). "Türkiye Tarım Sektöründe Toplam Faktör Verimliliği (TFV): 1961-2021 Döneminin Malmquist TFV Endeksiyle Analizi", *Verimlilik Dergisi*, 59(4), 787-802.

EXTENDED ABSTRACT

Agricultural productivity is a cornerstone of economic performance, particularly in countries where agriculture plays a significant role in economic and social structures. Total Factor Productivity (TFP) measures the efficiency with which inputs such as land, labor, and capital are transformed into outputs, reflecting the ability to produce more with fewer resources. In Turkey, the agricultural sector remains vital despite challenges like limited arable land, climate dependency, and rapid urbanization. This study analyzes the Total Factor Productivity (TFP) of the Turkish agricultural sector over the 1961–2021 period using the Malmquist TFP Index, providing insights into whether long-term performance is more sensitive to technical efficiency change or technological change.

The global agricultural sector faces increasing pressure to enhance productivity due to rising food demand, land scarcity, and the impacts of climate change. In Turkey, agriculture is critical for food security, rural development, and economic stability, requiring higher output with limited resources. The primary way to achieve this is by increasing Total Factor Productivity. However, Turkey's long-term productivity performance has not been sufficiently explored. This study aims to fill this gap by examining TFP trends over a 61-year period. The key research questions are: (1) How has TFP evolved in Turkish agriculture? (2) How have technical efficiency and technological change influenced Turkey's TFP performance? (3) What policy measures can be taken to sustain agricultural productivity growth in Turkey?

The study utilizes secondary data from the U.S. Department of Agriculture Economic Research Service (USDA ERS) for the 1961–2021 period, covering total output, land, labor, and capital. Data Envelopment Analysis (DEA) and the Malmquist TFP Index are employed to measure TFP, with analyses conducted under Constant Returns to Scale (CRS) and Variable Returns to Scale (VRS) assumptions, using input- and output-oriented approaches. The Malmquist TFP Index decomposes productivity into Technical Efficiency Change (TEC) and Technological Change (TC).

In the input-oriented analysis for Turkey over the 1961–2021 period, under CRS, the average TEC is 0.991, TC is 1.007, and the Malmquist TFP Index (MTFP) is 0.997. Under VRS, the averages are TEC 0.996, TC 1.002, and MTFP 0.998. In the output-oriented analysis, both CRS and VRS yield an average TEC of 1.011. The TC value of 0.994 indicates limited technological progress. The MTFP value of 1.004 suggests that production performance has been sustained with slight improvement (Table 2). Analysis of 10-year averages for the 1961–2021 period shows that under CRS, input-oriented TEC declined from 1.010 to 0.959, indicating reduced efficiency in input utilization, while output-oriented TEC increased from 0.990 to 1.040, reflecting improved output generation. Technological Change (TC) showed mixed effects: input-oriented TC rose to 1.060 in 2011–2021, while output-oriented TC fell to 0.949 (Tables 3-4).

This study analyzes Turkey's agricultural productivity over the 1961–2021 period using the Malmquist TFP (MTFP) Index. Technical Efficiency Change (TEC) and Technological Change (TC) were examined under Constant Returns to Scale (CRS) and Variable Returns to Scale (VRS) using input- and output-oriented models. The findings reveal that agricultural productivity varies across periods. Input-Oriented Analysis: TEC declined from 1.010 to 0.959, indicating efficiency loss, while TC rose to 1.060 in recent periods, reflecting increased technological progress. Output-Oriented Analysis: TEC increased from 0.990 to 1.040, showing improvement, while TC fell to 0.949, indicating limited technological progress. MTFP: It remained stable around 1, suggesting limited overall improvement. Period-specific findings indicate variability. The study shows that productivity growth primarily stems from the efficient use of existing resources, while technological progress remains inconsistent. These findings highlight the need for comprehensive strategies to ensure sustainable agricultural growth in Turkey. Policy recommendations emphasize increasing R&D investments, promoting technology adoption, highlighting the importance of education, and focusing on structural reforms such as land consolidation and improved access to finance. The study's limitation lies in its national focus, excluding regional variations. Future research should explore regional TFP disparities and environmental factors to inform targeted policies.

1. GİRİŞ

Verimlilik, tarım sektörünün ekonomik performansının temel göstergelerinden biridir. Toplam Faktör Verimliliği (TFV) büyümesi, "daha az girdiyle daha fazla üretim" yeteneğini yansıtmaktadır ve belirli bir girdi seti (arazi, sermaye, iş gücü) ile daha fazla üretim yapmak veya aynı miktarda çıktıyı daha az girdi kullanarak elde etmeyi ifade etmektedir (Bureau ve Anton, 2022). Tarım sektörü, özellikle nüfusunun önemli bir kesiminin tarım ve tarıma dayalı sanayi ile iştigal ettiği ülkelerde, ekonomik kalkınmanın temel taşlarından biri olarak kalmaya devam etmektedir (Rahman ve Salim, 2013). Küresel ölçekte tarıma elverişli arazilerin kıtlığı ve kalitesi, artan dünya nüfusunun beslenmesindeki en büyük kısıtlayıcı faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, tarımsal üretimdeki artışın, sürdürülebilir bir verimlilik artışıyla sağlanması hayati öneme sahiptir (Dünya Bankası, 2011: 6-110). 21. yüzyılın başından itibaren tarımsal verimlilik artışında bir yavaşlama gözlemlenmiştir. Bunun başlıca nedenleri arasında hızlı kentleşme nedeniyle arazi tahsisindeki rekabet ve iklim değişikliği yer almaktadır (Popp ve diğerleri, 2013). Tarıma elverişli arazi genişlemesinin sınırlı olması göz önünde bulundurulduğunda, tarımsal ürün ve gıda arzındaki artışın, hâlihazırda ekilebilir araziler gibi mevcut üretim faktörlerinin verimliliğinin artırılması yoluyla sağlanması gerekmektedir (Coomes ve diğerleri, 2019).

Tarım sektöründeki verimlilik artışı, tarım sektörü çıktısının, nüfusun hızlı yükselmesiyle ortaya çıkan ve başta temel besin maddeleri olmak üzere, diğer sektörlerin girdi taleplerini de karşılayacak nispette artırılabilmesi için kritik bir faktördür. Diğer üretim sektörlerinde olduğu gibi, tarım sektöründe de kaynakların optimal kullanımı, aslında kıt olan bu kaynakların en yüksek verimlilik ve etkililikle kullanılmasını gerektirir. Tarımsal üretimin artırılması, gıda güvencesinin sağlanması, diğer endüstriler için hammadde temini ve tarım sektöründeki atıl işgücününün sanayi ve hizmet sektörlerine aktarılması bakımından da kritik öneme sahiptir. Bu süreç, tarım sektöründeki verimliliği etkileyen faktörlerin belirlenmesini ve bu faktörleri iyileştirmeye yönelik etkili politika ve stratejilerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Besharat ve Amirahmadi, 2011).

Toplam faktör verimliliği göstergelerinin gelişimini izlemek, bir ekonominin büyümesini, arz yapısını ve rekabet gücününün gelişimini analiz etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda yapılan çalışmalarda, tarım ürünleri arzının en önemli belirleyicilerinden bazılarının verimlilikle ilgili faktörler olduğu, tarım sektörünün gelişimini teşvik edecek destekleyici politikaların, teknik değişimi teşvik etmeye ve etkinlik artışlarını desteklemeye odaklanması gerektiği ortaya konulmuştur. Bu tespitler, özellikle tarım sektörü açısından kritik öneme sahiptir. Zira bu sektörün verimliliği, gıda güvenliği ve fiyatlar üzerinde doğrudan etkilidir ve yoksul bölgelerde tarımsal verimlilik artışı, kırsal gelirleri artırmak ve yoksulluğu azaltmak için kritik bir role de sahiptir. Bunun yanı sıra, tarımsal verimlilik artışı, doğal kaynak kullanımını ve üretim faktörlerinin diğer ekonomik sektörlerle yeniden tahsis edilmesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenlerle, daha gerçekçi verilerin elde edilmesi ve uluslararası düzeyde uygun karşılaştırmalar yapılması, özellikle tarımsal verimlilik artışının düşük veya durağan olduğu bölgelerde, bu alanı geliştirmeye yönelik daha etkin politikaların geliştirilmesi gerekmektedir (Le Clech ve Fillat-Castejón, 2020).

TFV kavramı ortaya atıldıktan sonra, ilk akademik araştırmalar çoğunlukla çeşitli endüstrilerin TFV'sini ölçmek ve çeşitli endüstrilerdeki ekonomik büyümenin niteliğini keşfetmek için farklı yöntemler kullanmıştır. Uzun vadede, verimlilik artışları, mevcut toprak, sermaye ve iş gücü ile yeterli ve besleyici gıda temin etme yeteneğinin ana belirleyicisidir (Bureau ve Anton, 2022). Son elli yıldır, tarımda verimlilik artışı yoğun araştırmalara konu olmuştur. Araştırmacılar, bu süreçte verimlilik artışını etkileyen faktörlerinin yanı sıra, ulusal ve bölgesel verimlilik değişimlerini araştırmışlardır (Coelli ve Rao, 2005). Tarımsal verimlilik artışının gıda güvencesinin yanı sıra, çevresel etkilerle ilişkilendirilmesi ve tarımsal sürdürülebilirlik ile dayanıklılıkla olan dinamik etkileşiminin daha iyi anlaşılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Coomes ve diğerleri, 2019).

Tarım sektörü, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik, sosyal ve stratejik öneme sahiptir. Ancak, bu sektörün geleceği yalnızca üretim artışına değil, aynı zamanda toprak, işgücü ve sermaye gibi üretim girdilerinin ne denli verimli kullanıldığına da bağlıdır. Türkiye'de tarım sektörü, sınırlı kaynaklara ve önemli ölçüde iklim koşullarına bağımlıdır. Türk tarımının bu yapısal durumu, kaynakların verimli kullanılmasını ve üretim aşamalarında verimliliğin artırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Buna karşılık, Türkiye tarım sektörüyle ilgili verimlilik performansının teknik etkinliğe mi (kaynak kullanımında etkinlik), yoksa teknolojik değişime mi daha duyarlı olduğuna dair uzun dönemi kapsayan çalışmalar yetersizdir.

Bu çalışmada, 1961-2021 yılları arasındaki 61 yıllık uzun dönemde Türkiye'nin tarım sektörüne ilişkin TFV, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi kullanılarak hesaplanan Malmquist TFV Endeksi ile incelenmiştir. Türkiye tarımının verimlilik performansının izlediği seyir ve eğilimler, 10'ar yıllık periyodlarla değerlendirilmiş ve politika yapıcılara verimlilik artışını destekleyici politika önerileri geliştirilmesi için bilimsel bir perspektif sunulmuştur.

Çalışmada önce araştırma konusuna dair literatür örnekleri incelenmiş, analizlerde kullanılan veri seti, kaynağı ve yöntem açıklandıktan sonra elde edilen bulgular verilmiş, akabinde tartışmalarla birlikte değerlendirilen sonuç bölümünde uygun görülen politika önerileri de sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışma konusuna dair literatür incelendiğinde ağırlıklı olarak tarım sektörü olmak üzere, diğer sektörlerin verimlilik performanslarının da küresel, ulusal, bölgesel temelde ve bazen işletmeler düzeyinde TFV endeksiyle incelendiği, bazı çalışmalarda TFV ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin araştırıldığı görülmektedir;

Yaman ve diğerleri (2024)'nin Türkiye'nin 81 ilinde tarım sektöründeki TFV düzeylerini inceledikleri çalışmada, 2009-2019 dönemine ait veriler Malmquist TFV (MTFV) endeksiyle analiz edilmiştir. Araştırma bulgularına göre, MTFV endeks değerleri 0,952 ile 1,186 arasında değişmekte ve tarımsal verimlilik, 75 ilde artış gösterirken 6 ilde azalış kaydetmiştir. Çalışma, teknolojik değişimin Türkiye genelinde tarımsal verimlilik düzeylerini etkileyen en kritik unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, teknolojinin tüm illerde tarımsal verimlilik artışında belirleyici bir rol oynadığını güçlü bir şekilde doğrulamaktadır. Araştırmanın bulguları, Türkiye'de tarım sektörünü daha üretken hale getirecek teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasının yanı sıra teknolojiye yönelik altyapı yatırımlarının, araştırma-geliştirme faaliyetlerinin ve bilgi yayılımının teşvik edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, bölgesel teşvik sisteminin yeniden yapılandırılabilirliğini ve iller ile işletmelerin performans ve verimliliklerine dayalı bir teşvik modeline geçilebileceğini işaret etmektedir. Bu kapsamda, verimliliği yüksek olan bölgeler ve işletmelerin ödüllendirilmesi, sektörel kalkınmaya yönelik daha stratejik ve etkin politikaların önünü açabilecektir.

Koç ve diğerleri (2023)'nin 32 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeyi kapsayan kapsamlı araştırmasında, tarımsal Toplam Faktör Verimliliği'ni etkileyen faktörler, panel veri analizi yöntemiyle derinlemesine incelenmiştir. 2002-2016 dönemini kapsayan veriler, ABD Tarım Bakanlığı Ekonomik Araştırma Servisi (USDA ERS), Dünya Bankası (WB), Penn World Table ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) gibi uluslararası kurum ve kuruluşlardan derlenmiştir. Araştırma sonuçları, gelişmekte olan ülkelerde beşeri sermayenin yüksek seviyelere ulaşmasının tarımsal TFV'yi önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Ayrıca, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde sabit sermaye yatırımlarındaki artışların ve ekilebilir arazi genişlemelerinin TFV üzerinde güçlü ve olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Öte yandan, tarımsal istihdam oranındaki yükselişin, her iki ülke grubunda da TFV üzerinde olumsuz bir baskı oluşturduğu dikkat çekici bir bulgu olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma, tarımsal verimliliğin sürdürülebilir artışında stratejik yatırımların ve politikaların önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, hükümetlerin brüt sabit sermaye oluşumunu artırmaya yönelik politikalar uygulaması önerilmektedir. Bunu yapmanın bir yolu, ekonomik istikrarı sağlayacak gerekli altyapıyı sağlayarak ve yatırım seviyelerini artırmak için verimli kaynak tahsisini teşvik eden politikalar geliştirerek, özel sektörü tarımsal faaliyet alanlarına yatırım yapmaya teşvik etmektir. Bu bulgular, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için tarımsal üretimde sürdürülebilir bir artış teşvik etmek için önemli politika çıkarımları sunmaktadır.

Giang ve diğerleri (2019), Vietnam'da tarım sektöründe faaliyet gösteren 420 işletmenin verimlilik düzeylerini ve buna etki eden faktörleri analiz etmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, TFV Endeksi kullanılmış ve verimlilik sabit (FE) ve rastgele etkiler (RE) modelleri aracılığıyla hesaplanmıştır. Çalışmada TFV belirleyicileri olarak, işletme büyüklüğü ve faaliyet süresi, devlet ve yabancı mülkiyet payı, ihracat faaliyetleri, işletmelerin internet ve banka kredilerine erişimi gibi faktörler dikkate alınmıştır. Araştırma bulgularına göre, tarım sektöründeki işletmelerin %74,6'sının küçük ölçekli (<10-200 çalışan) olduğu tespit edilmiştir. Büyük ölçekli işletmelerin (>300 çalışan) oranı %10,6 olarak belirlenmiş ve bu işletmelerin TFV üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (%38,8, p<0,01). Buna karşılık, hem küçük hem de mikro ölçekli işletmelerin (<10 ve <200 çalışan) TFV değerlerinin orta ölçekli işletmelere (<200-300 çalışan) kıyasla belirgin bir şekilde negatif olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla -%71,3 ve -%32,1, p<0,01). Yabancı mülkiyet oranının, ortalamada %3,8 ile sınırlı olmasına rağmen TFV üzerinde kayda değer bir pozitif etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır (%55,0, p<0,01). Buna karşılık, devlet mülkiyetinin oranı %30,7 iken TFV üzerinde negatif bir etki göstermiştir (-%7,5). İhracat faaliyetlerinin TFV üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi görülmemiştir (%2,6). Bu durum, tarımsal ihracat yapan işletmelerin toplam işletmeler içersindeki düşük oranı (%4,5) ile ilişkilendirilmiştir. Araştırmada ayrıca, işletmelerin %73'ünün banka kredisi kullandığı ve yalnızca %18,2'sinin internete erişim sağladığı belirlenmiştir. Buna rağmen, her iki faktör de TFV üzerinde anlamlı bir etki yaratmıştır (%18,5, p<0,01 ve %3,4, p<0,05). Hausman testi sonuçları, TFV tahmininde sabit etkiler modelinin, rastgele etkiler modeline kıyasla daha uygun olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, küçük ölçekli tarımsal işletmelerin verimliliğinin artırılmasına yönelik reformların gerekliliğini vurgulamaktadır. Ayrıca, yabancı yatırımların teşvik edilmesi, banka kredilerinin etkin kullanımı ve internet erişiminin artırılması gibi stratejilerin TFV üzerinde olumlu etkiler sağlayacağı önerilmektedir. Elde edilen bulgular, tarımsal işletmelerdeki verimlilik

artışının, ülkenin sürdürülebilir ekonomik büyümesine katkı sağlamayı hedefleyen politika yapıcılar için önemli bir gösterge olduğunu göstermektedir.

Karaman ve Özalp (2017), Türkiye'de tarım sektörüne ilişkin 2003-2014 dönemi verilerini, teknolojik değişim, teknik etkinlik ve TFV farklılıklarını bölgeler temelinde incelemek amacıyla Malmquist TFV Endeksi ile analiz etmişlerdir. Bu dönemde, tarımsal üretim değeri en yüksek düzeyine TR3 bölgesinde ulaşmıştır. Bunun temel nedeni, TR3 bölgesinin bitkisel ve hayvansal üretimde kullanılan girdiler açısından ilk sırada yer almasıdır. Bölgeye sağlanan desteklerin bu gelişmede önemli bir rol oynadığı değerlendirilmektedir. Araştırma, ulusal düzeyde TFV'nin yıllık ortalama %1 oranında büyüdüğünü ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, kullanılan girdilerin çıktı üzerindeki yıllık artış oranı %1 olarak belirlenmiştir. Bu artışta, etkinlik değişimindeki %0,8'lik iyileşme ve teknolojik değişimdeki %0,1'lik artışın belirleyici bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, üretim süreçlerindeki verimlilik artışının, etkinlik düzeyindeki iyileşmeler ve teknolojik ilerlemelerle desteklendiğini göstermektedir. TFV, 2011 yılında zirveye ulaşmış, ancak bu tarihten itibaren düşüş eğilimine girmiştir. Bölgesel düzeyde incelendiğinde, TFV'de yıllık ortalama %10,7'lik büyüme oranıyla TR1 bölgesi dikkat çekici bir performans sergilemiştir. Diğer bölgeler arasında TRA ve TR9 bölgeleri de sırasıyla %5,1 ve %2,7'lik büyüme oranlarıyla güçlü bir performans göstermiştir. Buna karşılık, TFV'de en belirgin düşüş, %5,4 ile TRC bölgesinde gerçekleşmiştir. Bu bulgular, Türkiye tarım sektörünün bölgesel farklılıklarını ve dinamiklerini ortaya koymaktadır.

Moreira ve Bravo-Ureta (2016), Şili'deki tarımsal işletmeler düzeyinde TFV'deki değişimi ölçmek ve bu değişimi bileşenlerine ayırmak amacıyla, 2005-2010 dönemine ait, 477 çiftlikten ve 1426 gözlemden oluşan dengesiz bir panel veri setini kullanmıştır. TFV değişimi, stokastik üretim sınırları ve translog fonksiyonel formu aracılığıyla analiz edilmiştir. Ekonometrik analiz sonuçları, çalışmaya konu olan çiftliklerde azalan ölçeğe göre getiri gözlemlendiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, çiftlik büyüklüğünün artmasıyla birlikte üretim maliyetlerinin de arttığını ve çiftlik büyümesinin temel motivasyonunun maliyetleri düşürmekten ziyade, gelir artırma arayışından kaynaklandığını işaret etmektedir. Çalışmanın temel bulguları, teknik etkinlik iyileştirmeleri yoluyla sağlanan verimlilik artışlarının sınırlı olduğunu göstermektedir. Örneklerdeki ortalama TEC %91,0 olarak hesaplanmış, ortalama teknolojik değişim (TC) oranı ise %1,90 gibi yüksek bir seviyede bulunmuştur. Bu sonuç, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yapılan yatırımların artırılması ve ileri teknolojilerin benimsenmesinin TFV büyümesi üzerinde olumlu ve belirgin bir etki yaratacağını göstermektedir. Son olarak, bulgular çiftlik büyüklüğü ile incelenen süt çiftliklerinde verimlilik büyümesi arasında anlamlı bir ilişki olmadığını ortaya koymaktadır. Daha büyük ölçekli çiftlikler, istikrarlı kârlar elde etmeye devam ettikleri takdirde, daha küçük işletmeleri bünyelerine katarak kârlılıklarını daha da artırma potansiyeline sahip olacaktırlar. Bu durum, daha az sayıda ancak daha büyük süt işletmelerine yönelik yapısal dönüşüm sürecini teşvik etmeye devam edecektir. Teknik etkinlik değişimi, verimlilik artışında önemli bir rol oynamakta ve bu rol özellikle küçük ölçekli işletmelerde görece daha büyük bir öneme sahip görünmektedir. Verimlilik artışı, yalnızca olumlu teknolojik ilerlemeler veya yönetim uygulamalarının iyileştirilmesi (pozitif teknik etkinlik değişimi) yoluyla değil, aynı zamanda optimal bir girdi bileşimine doğru ilerleyerek de sağlanabilmektedir.

Keizer ve Emvalomatis (2014), Hollanda'daki büyük ve yoğun süt çiftliklerinin daha küçük ölçekli çiftliklere kıyasla daha hızlı bir verimlilik artışı yaşayıp yaşamadığını araştırdıkları çalışmalarında, uzun vadede hangi tür çiftliklerin daha fazla gelişme potansiyeline sahip olduğunu VZA yöntemiyle incelemişlerdir. Araştırmanın sonuçları, tüm çiftlik grupları için verimlilik artışının neredeyse tamamen teknolojik ilerleme ile yönlendirildiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, teknolojik ilerleme oranının büyük ve yoğun süt çiftlikleri için daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, son dönemdeki teknolojik yeniliklerin bu tür çiftlikler açısından daha faydalı ve etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca sonuçlar, küçük kapsamlı ve küçük yoğun çiftlikler için sırasıyla %0,8 ve %0,4'lük yıllık TFV büyüme oranına sahip olduğunu göstermektedir. Büyük kapsamlı ve büyük yoğun çiftlikler sırasıyla %1,4 ve %2,0 ile önemli ölçüde daha yüksek yıllık TFV büyüme oranına sahiptir. TFV büyüme oranlarındaki farklar, çiftçilik yoğunluğuna göre değil, çiftlik büyüklüğü boyutunda farklı sınıflar dikkate alındığında çok daha büyüktür. Dört süt çiftliği sınıfının tümü için teknolojik değişim bileşeni, TFV büyümesine en çok katkıda bulunan faktör olarak bulunmuştur. Teknolojik değişim daha büyük çiftlikler için daha hızlıdır ve bu da bu tür çiftliklerin son teknolojik yeniliklerden daha fazla yararlandığını göstermektedir. Bu çalışmanın bulguları, daha büyük çiftliklerin Hollanda süt ürünleri sektöründeki gelişme olasılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni, büyük işletmelerin zamanla daha hızlı verimlilik artışı sağlamaları ve bu nedenle büyük ve küçük çiftlikler arasındaki verimlilik farkının genişlemesidir.

Mollavelioğlu ve Ceylan (2010), 1962-2006 dönemi itibarıyla Avrupa Birliği'ne üye 17 ülke ile AB üyelik sürecindeki Türkiye'nin tarımsal TFV açısından yakınsama eğilimi gösterip göstermediğini araştırmışlardır. Araştırma iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, tarım sektörünün Malmquist TFV endeksi hesaplanmıştır. İkinci aşamada ise, bu endeks değerleri kullanılarak ülkelerin tarımsal TFV açısından yakınsama gösterip göstermediği araştırılmıştır. Bu çalışma, hem örneklem grubunun genel davranışını değerlendiren sigma-yakınsama yöntemiyle hem de örneklem içi dinamikleri ayırtırmayı mümkün kılan

Nahar-Inder testiyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, incelenen ülkelerin sigma-yakınsama davranışı sergilemediğini ortaya koymaktadır. Ancak Nahar-Inder testine göre, Bulgaristan, İspanya ve Danimarka hariç diğer 15 ülkenin, tarımsal TFV açısından ortalamaya doğru yakınsama eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.

Avcı ve Kaya (2008), Türkiye ile geçiş ekonomileri olarak adlandırılan ülkelerin tarım sektöründeki performanslarını 1992-2004 dönemi verileri ışığında mukayeseli olarak analiz etmişlerdir. Çalışmada, VZA ve Malmquist Verimlilik Endeksi yöntemleri kullanılarak teknik etkinlik, TFV ve bu bileşenlerdeki değişimler incelenmiş ve karşılaştırmalı sonuçlar sunulmuştur. Çalışmanın bulgularına göre, 1992-2004 döneminde geçiş ekonomilerinin Malmquist verimlilik endeksi 0,655 olarak belirlenirken, Türkiye'nin Malmquist verimlilik endeksi bu değer oldukça üzerinde, 0,826 olarak hesaplanmıştır. Geçiş ekonomilerinde Malmquist verimlilik endeksindeki ortalama değişim 1,016, teknolojik değişim 1,007 ve TFV değişimi 1,023 seviyelerindedir. Türkiye, Malmquist verimlilik endeksindeki değişim açısından geçiş ekonomileriyle aynı seviyede kalmasına rağmen, teknolojik değişim değeri 0,99 ile ortalamanın altında kalmıştır. Ölçek etkinliğinde gözlemlenen 1,016'lık pozitif katkı sayesinde Türkiye'nin TFV değişimi 1,006 olarak hesaplanmış olsa da, bu değer yine de geçiş ekonomilerinin ortalamasının gerisindedir. Türk tarım sektörü, teknolojik ilerlemenin sınırlı kalmasına rağmen, ölçek etkinliğinde elde edilen kayda değer iyileşmeler sayesinde TFV'de anlamlı bir artış göstermiştir. Bu başarı, üretimin hem mikro hem de makro düzeyde ideal ölçeklerde gerçekleştirilmesiyle sağlanan stratejik uyumun bir yansıması olarak değerlendirilmektedir.

Vergil ve Abasız (2008), Türkiye ekonomisinin 1968-2006 dönemine ait yıllık verilerini inceleyerek, TFV ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi derinlemesine analiz etmişlerdir. En Küçük Kareler, Regresyon Tahmin ve Büyümenin Kaynaklarına Ayırıştırılması yöntemlerini kullandıkları çalışmada, TFV'nin ekonomik büyümeye olumlu ve anlamlı bir katkı sağladığı sonucuna ulaşmışlardır. Araştırma bulgularına göre, ekonomik büyümenin yaklaşık %30'u TFV artışlarından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, farklı modellemelerden elde edilen sonuçlar, büyümenin itici gücünün ağırlıklı olarak fiziki sermaye birikimi olduğunu ve diğer üretim faktörlerine kıyasla daha belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, modelden elde edilen TFV seviyeleri, Türkiye ekonomisindeki yapısal dönüşümlerin etkilerini yansıtmaktadır. TFV'nin büyümeye katkısı, ekonomik kriz dönemlerinde yaşanan keskin düşüşler haricinde, genel olarak pozitif bir seyir izlemiştir. Çalışmada ulaşılan sonuçlar, büyümenin itici gücü olarak tespit edilen fiziki sermaye birikiminin, verimli yatırımlarla birlikte desteklenmesi ve bu yatırımların istihdamı artırıcı nitelikte olmasına dikkat edilmesi yönündedir.

Coelli ve Rao (2005), 1980-2000 döneminde 93 ülkenin tarımsal verimlilik artışını analiz etmek amacıyla, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nden (FAO) sağlanan verileri kullanarak VZA yöntemini uygulamıştır. Sonuçlar, TFV'de yıllık %2,1'lik bir büyümeyi göstermektedir; yıl bazında verimlilik değişimi %0,9 iken, teknik değişim %1,2'dir. Ülke performansı açısından, en dikkat çekici performansı, çalışma döneminde TFV'de ortalama yıllık %6,0'lık bir büyüme ile Çin kaydetmiştir. Çin, %4,4 teknik etkinlik büyümesi ve %1,5 teknolojik değişim büyümesi nedeniyle TFV'de ortalama %6,0 büyüme göstermiştir. Türkiye, %0,5 teknik etkinlik ve %0,4 teknolojik değişim büyümesi ile TFV'de ortalama %0,9'luk bir artış sağlarken, Hollanda ise %0,0 teknik etkinlik büyümesi ve %2,2 teknolojik değişim artışı ile TFV'de ortalama %2,2'lik bir büyüme elde etmiştir. Güçlü performansa sahip diğer ülkeler arasında Kamboçya, Nijerya ve Cezayir dikkat çekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin TFV büyüme oranı %2,6 iken Hindistan'ın TFV büyüme oranı yalnızca %1,4'tür. Küresel ölçekteki bölgelerin performansına bakıldığında, Asya %2,9'luk yıllık TFV büyümesiyle en büyük performansı gösteren bölgedir. Afrika, TFV'de yalnızca %0,6'lık büyümeyle en zayıf performans gösteren bölge gibi görünmektedir. Emeğin bol olduğu ve tarımın yoğun emek gerektirdiği ülkelerde emek payları yüksek seyretmektedir; Hindistan ve Endonezya'nın sırasıyla %44,5 ve %42,2'lik gölge emek payları bu durumu yansıtmaktadır. Arazinin sınırlayıcı bir faktör olarak ön plana çıktığı ülkelerde ise bölge payları daha yüksek düzeylere ulaşmaktadır; örneğin, Hollanda'da arazi payı %27,7, Japonya ve İsrail'de ise sırasıyla %56,4 ve %47,2 olarak tespit edilmiştir. Türkiye'de tarımda TFV hesaplamasında kullanılan girdilerin oranları, sırasıyla arazi %10,4, traktör %0,21 ve iş gücü %37,7 olarak belirlenirken, Hollanda'da bu oranlar sırasıyla %27,7, %0,52 ve %43,8'dir.

Araştırmaya dair yapılan literatür incelemesinde uzun dönemli analizlerin eksik olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın, Türkiye tarım sektörünün 1961-2021 dönemini kapsayan 61 yıllık uzun bir süreçte toplam faktör verimliliğini (TFV) Malmquist TFV Endeksi ile analiz ederek literatürdeki önemli bir boşluğu doldurduğu ve literatüre özgün bir katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

3. YÖNTEM

Çalışmada kullanılan 1961-1921 dönemi (toplam çıktı, arazi, işgücü ve sermaye) ikincil veri seti, ABD Tarım Bakanlığı Ekonomik Araştırmalar Servisi (U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service - USDA ERS)'nden elde edilmiştir (USDA ERS, 2024). Araştırmada Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) Endeksi, Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile ölçülmüştür.

3.1. MTFV Yöntemi

MTFV, bir işletmenin, sektörün veya ekonominin zaman içinde kaynak kullanımında ne kadar verimli olabildiğini ölçmek için kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. MTFV, yalnızca verimlilik düzeyindeki değişimleri değil, aynı zamanda teknolojik ilerlemelerin etkilerini de dikkate alan bir yöntemdir. İsveç'li ekonomist Sten Malmquist (1953) tarafından geliştirilen bu endeks, daha sonra VZA yöntemine entegre edilerek günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Brzezicki, 2025). Caves, Christensen ve Diewert (1982), Malmquist endeksini modern anlamda yorumlamış ve özellikle VZA ve Stokastik Sınır Analizi (SSA) yöntemleriyle hesaplanabilecek hale getirmiştir (Caves ve diğerleri, 1982).

MTFV, farklı dönemler arasındaki üretim fonksiyonlarının karşılaştırılması fikrine dayanmaktadır. Buradaki temel fikir, bir sektörün veya işletmenin belirli bir dönemde ne kadar verimli olduğunu ve bu verimliliğin zaman içinde nasıl değiştiğini anlamaktır. MTFV, işletmenin ya da sektörün girdi bazlı (input-oriented) veya çıktı bazlı (output-oriented) ölçümleri üzerinden analiz edilmesini sağlamakta ve özellikle birden fazla girdi ve çıktının olduğu durumlarda etkili bir çözüm sunmaktadır. MTFV genellikle iki temel bileşene ayrılır; (1) Teknik Verimlilik Değişimi (Technical Efficiency Change - TEC): Girdilerin daha verimli kullanılıp kullanılmadığını gösterir. (2) Teknolojik Değişim (Technological Change - TC): Üretim sınırlarının teknolojik yeniliklerle nasıl değiştiğini açıklar. Bu bilgiler ışığında MTFV endeksi, bir işletmenin veya sektörün verimliliğini, girdi ve çıktı kullanarak ölçer. Bu endeks, verimliliği, belirli bir dönemdeki girdi miktarına oranlanan çıktı miktarı ile ifade etmektedir.

3.2. VZA Yöntemi

MTFV, VZA yöntemi ile hesaplanır. VZA, bir işletmenin verimliliğini, girdi ve çıktı kullanarak ölçmektedir. MTFV endeksini hesaplamak için aşağıdaki adımlar izlenir; (1. Adım): Girdi ve Çıktı Verileri Toplanır: İşletmenin veya sektörün belirli bir dönemdeki girdi ve çıktı verileri toplanır. Girdi verileri, sermaye, emek, enerji gibi kaynaklar olabilirken, çıktı verileri, üretim miktarı, satış gelirleri gibi ölçümler olabilmektedir. (2. Adım): VZA Yöntemi ile Verimlilik Ölçülür: VZA, çok girdili ve çok çıktılı karar birimlerinin (Decision Making Units - DMUs) göreceli etkinliğini değerlendirmek için kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Bu yöntem, ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilmiş olup, işletmelerin ya da karar birimlerinin verimlilik sınırını (efficiency frontier) belirler. VZA, matematiksel programlama teknikleri kullanarak her birim için bir etkinlik skoru hesaplamakta ve bu skoru en iyi performans gösteren birimlerle karşılaştırmaktadır.

VZA'da birimler, belirli bir üretim sürecine dayalı olarak girdi (input) ve çıktı (output) kullanımları üzerinden değerlendirilir. Amaç, bir birimin minimum girdiyi kullanarak maksimum çıktıyı üretip üretmediğini belirlemektir. VZA, etkinlik analizini iki şekilde gerçekleştirir; (1) Girdi Kaynaklı (Input-Oriented) Yaklaşım: Sabit çıktıyı koruyarak girdi miktarını azaltmayı hedeflemekte ve genelde karar verici birimin çıktıdan ziyade girdi üzerinde kontrolünün olduğunu göstermektedir. (2) Çıktı Kaynaklı (Output-Oriented) Yaklaşım: Sabit girdilerle çıktıyı artırmayı amaçlar, ki bu yaklaşımdan DMU'lar optimum girdi bileşenini kontrol etmekten ziyade elde edilecek çıktı üzerinde kontrolü olduğu durumda kendini göstermektedir.

Bu iki yaklaşım, farklı işletme stratejilerine bağlı olarak seçilebilir. VZA'nın temel modeli, Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) modeli olarak bilinir ve bu model Sabit Getiriler Altında Ölçek (Constant Returns to Scale - CRS) varsayımına dayanmaktadır. Daha gelişmiş bir model olan Banker-Charnes-Cooper (BCC) modeli ise Değişken Getiriler Altında Ölçek (Variable Returns to Scale - VRS) varsayımını kullanmaktadır (Banker, Charnes ve Cooper, 1984).

3.2.1. CCR Modeli

Sabit Getiriler Altında Ölçek (Constant Returns to Scale - CRS) varsayımı, birimlerin girdilerindeki herhangi bir oransal değişikliğin (örneğin, %10 artış) çıktılarında aynı oranda değişikliğe yol açacağını ifade etmektedir. Bu, üretim sürecinde ölçek etkilerinin olmadığı durumlarda geçerli bir varsayımdır.

Matematiksel olarak: $F(ax) = a \cdot F(x)$

Burada a girdilerdeki ölçek değişim oranını ifa ederken $F(x)$ girdi seti x 'in üretim fonksiyonu ile çıktıya dönüşümüdür. CRS varsayımının gerekliliği ve mantığı şu şekilde ifade edilebilir:

- Ölçek Etkilerinden Arınmış Etkinlik Analizi: CRS, birimin sadece teknik etkinliğini ölçmeye odaklanır. Ölçek ekonomilerinden kaynaklanan avantajları ya da dezavantajları dikkate almaz. Bu, ölçek etkilerinin olmadığı veya ihmal edilebileceği durumlarda birimin üretim sürecini izole ederek saf bir etkinlik ölçümü yapılmasını sağlar.
- Homojenlik Varsayımı: CRS, analiz edilen birimlerin birbirine benzer üretim süreçlerine sahip olduğu varsayımına dayanır. Örneğin, aynı sektörde faaliyet gösteren küçük ölçekli birimler ile büyük ölçekli birimler arasında ölçek farklılıklarından kaynaklanan avantaj veya dezavantajların olmadığı varsayılır.

- Basitlik: CRS modeli, diğer VZA modellerine kıyasla daha az karmaşıktır ve ölçek getirilerinin etkisini dışarıda bırakarak hesaplama sürecini sadeleştirir. Özellikle ölçek etkilerinin net olarak bilinmediği durumlarda CRS tercih edilebilir. Bu ifade, ölçek büyüklüğünden bağımsız olarak üretim sürecinde sabit oranlı bir dönüşümün olduğunu varsaymaktadır.

CRS varsayımı, birimlerin teknik etkinliklerini ölçmeyi ve bu etkinliklerin girdilere oranla ne kadar iyi dönüştürüldüğünü anlamayı amaçlamaktadır. Teknik etkinlik, iki faktöre bağlıdır: (1) Girdi ve çıktı kullanımı arasındaki denge (teknik etkinlik). (2) Ölçek büyüklüğünün optimal olup olmadığı (ölçek etkinliği). CRS modeli yalnızca birinci faktöre odaklanır. Ölçek etkinliği üzerinde çalışmayı gerektiren durumlar için daha gelişmiş modeller (örneğin BCC modeli) kullanılır.

CRS varsayımının, belirli sektörlerde veya endüstrilerde homojen girdilerle çalışırken uygundur. Elektrik üretiminde belirli bir teknolojiyle çalışan santraller ve standart üretim süreçlerine sahip tarım işletmeleri gibi durumlar, örnek olarak verilebilir.

Çoğu sektörde ölçek büyüklüğüne bağlı olarak üretim maliyetleri ve çıktı verimliliği değişir. CRS, bu farklılıkları göz ardı etmektedir. Çok farklı ölçeklerde çalışan birimler analiz ediliyorsa, CRS bu farklılıkları dengeleyemez. Örneğin, küçük ölçekli bir işletme ile büyük ölçekli bir işletme CRS altında benzer sonuçlar alabilmektedir, ancak gerçek dünyada farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. CRS modeli, bir birimin ölçeğinin optimal olup olmadığını veya ölçeğinin küçültülmesi ya da büyütülmesi gerektiğini söyleyemez. Zikredilen bu hususlar CRS varsayımının kısıtlarını oluşturmaktadır.

Bir DMU'nun etkinliğini ölçmek için aşağıdaki doğrusal programlama problemi çözülür (Eşitlik 1-4):

$$\text{Ençokla (maximize): } \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{rs} \quad (1)$$

Kısıtlar (constraints):

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, \forall k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$u_r, v_i \geq 0, \forall r = 1, 2, \dots, s \text{ ve } i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

Burada θ , birimin ağırlığını; y_{rj} , j birimindeki r çıktı miktarını; x_{ij} , j birimindeki i girdi miktarını; u_r , r çıktısının ağırlığını ve v_i , i girdisinin ağırlığını ifade etmektedir.

CRS varsayımı, özellikle ölçek etkilerinin önemsiz olduğu veya analiz edilen birimlerin homojen özelliklere sahip olduğu durumlarda güçlü bir araçtır. Ancak, analiz edilen birimler arasında ölçek farklılıkları belirgin ise veya ölçek getirilerinin önemli olduğu düşünülüyorsa, CRS yerine BCC gibi değişken getiriler modeli kullanılmalıdır. Ayrıca CCR model hem girdi yönlü hem de çıktı yönlü olarak ifade edilmektedir. Girdi yönlü CCR modeli, belirli bir çıktı seviyesine ulaşmak için girdileri en az seviyeye getirmeye (minimize) çalışır (Eşitlik 5-8):

$$\text{Ençokla (maximize): } \theta \quad (5)$$

Kısıtlar (constraints):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \forall r = 1, 2, \dots, s \quad (7)$$

$$\lambda_j \geq 0, \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Burada θ , verimlilik skorunu; x_{ij} , j birimindeki i girdi miktarını; y_{rj} , j birimindeki r çıktı miktarını ve λ_j , ağırlık değişkenini ifade etmektedir. Bu model, her birim için en iyi ağırlık setini bulmaya çalışır ve girdileri minimize ederken çıktı seviyelerini korur. Öte yandan çıktı yönlü CCR modeli, belirli bir girdi seviyesini kullanarak çıktı miktarını maksimize etmeye çalışır (Eşitlik 9-12):

$$\text{Ençokla (maximize): } \phi \quad (9)$$

Kısıtlar (constraints):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{io}, \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{ro}, \forall r = 1, 2, \dots, s \quad (11)$$

$$\lambda_j \geq 0, \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Burada: ϕ , verimlilik skorunu; x_{ij} , j birimindeki i girdi miktarını; y_{rj} , j birimindeki r çıktı miktarını; λ_j , ağırlık değişkenini ifade etmektedir.

Bu model, her birim için en iyi ağırlık setini bulmaya çalışır ve çıktıları maksimize ederken girdi seviyelerini korur. Bu bağlamda CCR modelinin hem girdi yönlü hem de çıktı yönlü formülasyonları, verimliliği ölçmek için kullanılan güçlü araçlardır. Girdi yönlü model, belirli bir çıktı seviyesine ulaşmak için girdileri en azlamaya (minimize) etmeye çalışırken, çıktı yönlü model, belirli bir girdi seviyesini kullanarak çıktıları en çoklamaya (maksimize) etmeye çalışır. Bu modeller, birimlerin verimliliklerini analiz etmek ve karşılaştırmak için önemli araçlar sunmaktadır.

3.2.2. BCC Modeli

BCC modeli, CRS modeline bir ölçek değişkeni (λ) ekler. Matematiksel formülasyonu şu şekilde gösterilir (Eşitlik 13-15):

$$\text{Ençokla (maximize): } \theta_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_r x_{ik}} \quad (13)$$

Kısıtlar (constraints):

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1 \quad \lambda_i \geq 0 \quad (15)$$

BCC modeli, ölçek etkilerini ortadan kaldırarak birimlerin verimliliklerini sadece teknik açıdan değerlendirir. Bu model, işletmelerin farklı ölçeklerde faaliyet gösterdiği durumları dikkate alır ve bu nedenle, ölçek etkinliği analizi için uygundur. BCC modeli, CCR modeline benzer, ancak ek bir ölçek değişkeni içerir. BCC modeli aynı zamanda girdi ve çıktı yönlü olarak da kurgulanabilir. Girdi Yönlü BCC Modeli Eşitlik 16-21'de verilmiştir.

$$\text{Ençokla (maximize): } \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+) \quad (16)$$

Kısıtlar (constraints):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{io}, \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_i^+ = y_{ro}, \forall r = 1, 2, \dots, s \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (19)$$

$$\lambda_j \geq 0, \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (20)$$

$$s_i^- \geq 0, s_i^+ \geq 0 \quad (21)$$

Burada: θ , verimlilik skorunu; x_{ij} , j birimindeki i girdi miktarını; y_{rj} , j birimindeki r çıktı miktarını; λ_j , ağırlık değişkenini, s_i^- , girdi fazlalık değişkenini, s_i^+ , çıktı eksiklik değişkenini, ε , pozitif küçük bir sabiti temsil etmektedir. Bu modelde, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ kısıtı, ölçek değişkenliğini temsil eder ve değişken ölçekli getirileri dikkate alır.

Çıktı Yönlü BCC Modeli ise Eşitlik 22-27'deki gibidir.

$$\text{Ençokla (maximize): } \phi - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+) \quad (22)$$

Kısıtlar (constraints):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_i^+ = \phi y_{ro}, \forall r = 1, 2, \dots, s \quad (24)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (25)$$

$$\lambda_j \geq 0, \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (26)$$

$$s_i^- \geq 0, s_i^+ \geq 0 \quad (27)$$

Burada: ϕ , verimlilik skorunu (çıktı yönlü) ifade etmektedir. Diğerleri de girdi yönlü modeldeki gibidir.

BCC modelinin kendine özgü bazı özellikleri bulunmaktadır. Bunlar: (1) Değişken Ölçekli Getiriler (VRS): BCC modeli, birimlerin farklı ölçeklerde faaliyet gösterdiği durumları dikkate alır. Bu nedenle, model ölçek etkinliğini analiz etmek için uygundur. (2) Girdi Fazlalıkları ve Çıktı Eksiklikleri: Model, girdi fazlalıkları ve çıktı eksikliklerini hesaba katarak verimliliği ölçer. (3) Ağırlık Değişkenleri: Ağırlık değişkenleri (λ_j), her birimin performansını en iyi şekilde temsil eden değerleri bulmak için kullanılır. Tüm bu özellikler bakımından BCC modeli, işletmelerin veya birimlerin göreceli verimliliklerini değişken ölçekli getiriler varsayımı altında değerlendiren bir VZA modelidir. Bu model, girdi ve çıktı verilerini kullanarak verimliliği

ölçer ve ölçek değişkenliğini dikkate alır. Bu sayede, işletmelerin veya birimlerin verimlilikleri ve ölçek etkinlikleri daha doğru bir şekilde analiz edilebilir.

3.2.3. MTFV Endeksi

VZA ile hesaplanan verimlilik endeksleri kullanılarak, MTFV endeksi hesaplanır. Bu endeks, bir işletmenin veya sektörün verimliliğinin zaman içindeki değişimini gösterir. Bu endeks, teknik verimlilik değişimi ve teknolojik değişim bileşenlerini içerir. Malmquist endeksi, iki farklı zaman dilimindeki (t ve t+1) girdi ve çıktı verilerini kullanarak aşağıdaki şekilde hesaplanır (Eşitlik 28):

$$M_t^{t+1} = \left(\frac{D_t^0(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^0(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}^0(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^0(x_t, y_t)} \right)^{1/2} \quad (28)$$

Burada: M_t^{t+1} , t döneminden t+1 dönemine geçişteki Malmquist endeksini; $D_t^0(x_t, y_t)$, t dönemindeki girdi ve çıktılar kullanılarak hesaplanan verimliliği; $D_{t+1}^0(x_{t+1}, y_{t+1})$: t+1 dönemindeki girdi ve çıktılar kullanılarak hesaplanan verimliliği temsil etmektedir.

Bu endeks, iki bileşenden oluşur:

1. Teknik Verimlilik Değişimi (Technical Efficiency Change, TEC): Bir karar biriminin mevcut kaynaklarla teknik etkinliğini nasıl geliştirdiğini veya kötüleştiğini ifade eder. Bu bileşen, girdileri ne kadar iyi bir şekilde çıktılara dönüştürdüğünü ölçer. Matematiksel olarak, iki dönem arasındaki göreceli etkinlik (veya verimlilik) skorlarının oranı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır (Eşitlik 29):

$$TEC = \frac{D_{t+1}^0(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^0(x_t, y_t)} \quad (29)$$

2. Teknolojik Değişim (Technical Change, TC) (Eşitlik 30):

$$TC = \left(\frac{D_t^0(x_{t+1}, y_{t+1}) \times D_t^0(x_t, y_t)}{D_{t+1}^0(x_{t+1}, y_{t+1}) \times D_{t+1}^0(x_t, y_t)} \right)^{1/2} \quad (30)$$

Sonuç olarak MTFV endeksi şu şekilde ifade edilir (Eşitlik 31):

$$M_t^{t+1} = TEC \times TC = \frac{D_{t+1}^0(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^0(x_t, y_t)} \times \left(\frac{D_t^0(x_{t+1}, y_{t+1}) \times D_t^0(x_t, y_t)}{D_{t+1}^0(x_{t+1}, y_{t+1}) \times D_{t+1}^0(x_t, y_t)} \right)^{1/2} \quad (31)$$

Bu formüller, MTFV endeksinin bileşenlerini ve genel yapısını göstermektedir. Endeksin değeri 1'den büyükse, verimlilik artışı; 1'den küçükse, verimlilik düşüşü ve 1'e eşitse, verimlilikte bir değişim olmadığı anlamına gelmektedir. Benzer şekilde TEC birden büyükse teknik etkinlik artmış, bire eşit ise teknik etkinlikte değişim meydana gelmemiş ve birden küçükse teknik etkinlik azalmış anlamı taşımaktadır. Aynı kural TC'ye de uygulanmaktadır. VZA yöntemi ve MTFV endeksi, işletmelerin ve sektörlerin verimliliğini değerlendirmek için güçlü araçlardır. Bu yöntemler, girdi ve çıktı verilerini kullanarak verimlilik analizi yapmakta ve zaman içindeki değişimleri göstermektedir. Bu sayede, sektörlerin veya işletmelerin verimliliklerini iyileştirmek için stratejik kararlar alınabilmektedir.

4. BULGULAR

Bu araştırmada, toplam tarımsal üretim değeri (Total Output), arazi kullanımı (Land), işgücü (Labor) ve sermaye (Capital) göstergeleri açısından yol gösterici bulgular elde edilmiştir. Türkiye'nin tarımsal üretim performansına ilişkin elde edilen istatistikler (Tablo 1) de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye için betimleyici istatistikler

| Değişkenler | Ortalama | Standart Sapma | Jarque-Bera | p-değeri |
|-----------------------------|--------------|----------------|-------------|----------|
| Toplam Çıktı (Total Output) | 40755649,560 | 16150319,540 | 3,533 | 0,171 |
| Arazi (Land) | 32596,070 | 1997,460 | 6,912 | 0,032 |
| İşgücü (Labor) | 7301,040 | 1406,950 | 6,461 | 0,040 |
| Sermaye (Capital) | 66245,100 | 27038,190 | 5,567 | 0,062 |

İncelenen dönemde toplam çıktı ve sermaye dağılımları normalliğe daha yakın olup, toplam çıktı ve sermaye göstergelerinde görece daha istikrarlı bir yapı söz konusudur. Ancak bu istikrar, üretim düzeyinin (toplam çıktının) yeterli olduğu anlamına gelmemektedir (Tablo 1).

Tablo 2. Türkiye için CRS ve VRS ölçükleri ve girdi ve çıktı kaynaklı TEC, TC ve Malmquist endeks ölçümleri

| Ölçümler | Girdi-Kaynaklı | | | | Çıktı-Kaynaklı | | | |
|----------|----------------|------------|----------|------------|----------------|------------|----------|------------|
| | CRS | | VRS | | CRS | | VRS | |
| | Ortalama | Std. Sapma | Ortalama | Std. Sapma | Ortalama | Std. Sapma | Ortalama | Std. Sapma |
| TEC | 0,991 | 0,044 | 0,996 | 0,023 | 1,011 | 0,045 | 1,011 | 0,044 |
| TC | 1,007 | 0,039 | 1,002 | 0,017 | 0,994 | 0,038 | 0,994 | 0,038 |
| MTFV | 0,997 | 0,037 | 0,998 | 0,020 | 1,004 | 0,037 | 1,004 | 0,036 |

4.1. TEC, TC ve Malmquist Endeksinin Değerlendirilmesi

4.1.1. Girdi-Kaynaklı Analiz

Türkiye'nin girdi-kaynaklı CRS ölçümüne göre teknik etkinlik değişimi (TEC) ortalaması 0,991, teknolojik değişim (TC) ortalaması 1,007 ve MTFV endeks değeri 0,997 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Bu durum, Türkiye'nin genel olarak teknik etkinlikte nispeten önemsiz bir kayıp yaşadığını, ancak tarım sektörü teknolojik gelişiminde olumlu bir ilerleme kaydettiğini göstermektedir.

VRS ölçümünde ise TEC 0,996'ya yükselmiş ve teknik etkinliğin değişken getiri varsayımı altında daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu da tarım işletmelerinin ölçek etkinliklerine daha duyarlı olduğunu göstermektedir ve özellikle 2000 yıllardan sonra emek-yoğun işletme yönetiminden sermaye-yoğun işletme yönetimine geçişi (kaymayı) de işaret etmektedir (Tablo 2).

4.1.2. Çıktı-Kaynaklı Analiz

Çıktı kaynaklı analizde CRS ve VRS ölçümleri TEC için 1,011 olarak bulunmuştur. Bu değerler, çıktı kaynaklı analizde teknik verimlilik kaybı yaşanmadığını, hatta bu alanda bir gelişim kaydedildiğini ortaya koymaktadır.

TC değerleri ise girdi-kaynaklı analize kıyasla daha düşüktür (0,994), bu da çıktı odaklı teknolojik ilerlemenin daha sınırlı kaldığını göstermektedir. MTFV endeksi açısından ise çıktı kaynaklı sonuçlar (1,004), Türkiye'nin üretim performansını genel anlamda sürdürebildiğini, hatta hafif bir ilerleme gösterdiğini işaret etmektedir (Tablo 2).

Türkiye için 1961-2021 yılları arası 10'ar yıllık periyotlarla CRS ve VRS ölçüklerinde girdi ve çıktı kaynaklı TEC, TC ve MTFV endeks ölçümleri için yapılan detaylı hesaplamalar, Tablo 3 ve Tablo 4'de sunulmaktadır.

Tablo 3. Türkiye için 10'ar yıllık priyotlarla CRS ölçeği ve girdi ve çıktı kaynaklı TEC, TC ve Malmquist endeks ölçümleri

| Yıl Dilimleri | Girdi-Kaynaklı | | | Çıktı-Kaynaklı | | |
|---------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | TEC | TC | MTFV | TEC | TC | MTFV |
| | Ortalama (Std. Sapma) | Ortalama (Std. Sapma) | Ortalama (Std. Sapma) | Ortalama (Std. Sapma) | Ortalama (Std. Sapma) | Ortalama (Std. Sapma) |
| 1961-1970 | 1,010 (0,037) | 0,986 (0,021) | 0,997 (0,030) | 0,990 (0,037) | 1,010 (0,022) | 1,000 (0,030) |
| 1971-1980 | 0,983 (0,038) | 1,010 (0,009) | 0,993 (0,044) | 1,020 (0,041) | 0,991 (0,009) | 1,010 (0,046) |
| 1981-1990 | 1,020 (0,045) | 0,969 (0,026) | 0,991 (0,043) | 0,979 (0,044) | 1,030 (0,028) | 1,010 (0,044) |
| 1991-2000 | 0,996 (0,038) | 0,987 (0,019) | 0,983 (0,044) | 1,010 (0,038) | 1,010 (0,019) | 1,020 (0,043) |
| 2001-2010 | 0,973 (0,039) | 1,040 (0,030) | 1,010 (0,031) | 1,030 (0,042) | 0,964 (0,028) | 0,992 (0,031) |
| 2011-2021 | 0,959 (0,039) | 1,060 (0,037) | 1,010 (0,026) | 1,040 (0,042) | 0,949 (0,034) | 0,990 (0,025) |

CRS ölçeği baz alınarak hesaplanan 10'ar yıllık periyotlara ilişkin bulgular aşağıda açıklanmaktadır (Tablo 3).

4.2. Dönemsel CRS Ölçeği ve Girdi-Çıktı Kaynaklı TEC, TC ve MTFV Endekslerinin Değerlendirilmesi

1961-1970 döneminde, girdi kaynaklı TEC ortalaması 1,010 ve çıktı kaynaklı TEC ortalaması 0,990 olarak belirlenmiştir. Bu durum, Türkiye'nin girdi verimliliğinde küçük bir artış olduğunu ancak çıktılar açısından nispeten düşük performans sergilediğini göstermektedir. TC oranlarının girdi ve çıktı kaynaklı olarak birbirine zıt olması dikkat çekicidir; girdi kaynaklı TC 0,986 iken, çıktı kaynaklı TC 1,010'dur. Bu farklılıkların, teknolojik uygulamalarda uyumsuzluk ve heterojenlik olduğu anlamına gelebileceği değerlendirilmektedir. Genel olarak, MTFV endeksi her iki yöntem için de 1 civarındadır, bu da verimlilikte belirgin bir değişiklik

olmadığını göstermektedir. Bu bağlamda 1961-1970 dönemi verileri, Türkiye'nin üretim verimliliğinde sınırlı ancak yönü belirgin bir dönüşüm süreci içerisinde olduğunu göstermektedir. Teknolojik uyumsuzluklar ve çıktı etkinliğindeki düşüklük, sürdürülebilir bir verimlilik artışı için bütüncül ve çok katmanlı politikalara ihtiyaç olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

1971-1980 döneminde, girdi kaynaklı TEC 0,983 iken, çıktı kaynaklı TEC 1,020'dir. Bu veriler, girdi verimliliğinde azalma, ancak çıktı verimliliğinde artış olduğunu ortaya koymaktadır. Bu dönemde girdi kaynaklı TC 1,010 ve çıktı kaynaklı TC 0,991 olarak belirlenmiştir. Teknolojik değişim oranlarındaki bu zıtlığın, teknolojik yeniliklerin farklı etkilerine işaret edebileceği değerlendirilmektedir. MTFV endeksleri girdi kaynaklı olarak 0,993 ve çıktı kaynaklı olarak 1,010'dur, bu da genel verimlilik artışının sınırlı olduğunu göstermektedir.

1981-1990 döneminde, girdi kaynaklı TEC 1,020 iken, çıktı kaynaklı TEC 0,979'dur. Bu, girdi verimliliğinde bir artış, ancak çıktı verimliliğinde bir azalış olduğunu göstermektedir. Girdi kaynaklı TC 0,969 ve çıktı kaynaklı TC 1,030 olarak belirlenmiştir. Bu dönem, teknolojik değişimlerin, girdi ve çıktı verimliliğine farklı etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 0,991 ve çıktı kaynaklı olarak 1,010'dur, bu da genel verimlilikte hafif bir artış işaret etmektedir.

1991-2000 döneminde, girdi kaynaklı TEC 0,996 ve çıktı kaynaklı TEC 1,010'dur. Bu, girdi verimliliğinde bir azalma, ancak çıktı verimliliğinde bir artış olduğunu göstermektedir. Girdi kaynaklı TC 0,987 ve çıktı kaynaklı TC 1,010 olarak belirlenmiştir. Teknolojik değişimlerin etkisi genel olarak pozitiftir. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 0,983 ve çıktı kaynaklı olarak 1,020'dir, bu da verimlilikte genel bir iyileşme olduğunu göstermektedir.

2001-2010 döneminde, girdi kaynaklı TEC 0,973 ve çıktı kaynaklı TEC 1,030'dur. Bu durum, girdi verimliliğinde bir azalma, ancak çıktı verimliliğinde belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Girdi kaynaklı TC 1,040 ve çıktı kaynaklı TC 0,964 olarak belirlenmiştir. Bu dönemde teknolojik değişimlerin etkisi karmaşıktır. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 1,010 ve çıktı kaynaklı olarak 0,992'dir, bu da genel verimlilikte sınırlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir.

2011-2021 döneminde, girdi kaynaklı TEC 0,959 ve çıktı kaynaklı TEC 1,040'tır. Girdi verimliliğinde belirgin bir azalma, ancak çıktı verimliliğinde belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Girdi kaynaklı TC 1,060 ve çıktı kaynaklı TC 0,949 olarak hesaplanmıştır. Teknolojik değişimlerin etkisi yine farklılık göstermektedir. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 1,010 ve çıktı kaynaklı olarak 0,990'dır, bu da genel verimlilikte hafif bir iyileşme olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Türkiye için 10'ar yıllık periyotlarla VRS ölçeği ve girdi ve çıktı kaynaklı TEC, TC ve MTFV endeks ölçümleri

| Yıl Dilimleri | Girdi-Kaynaklı | | | Çıktı-Kaynaklı | | |
|------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | TEC Ortalama (Std. Sapma) | TC Ortalama (Std. Sapma) | MTFV Ortalama (Std. Sapma) | TEC Ortalama (Std. Sapma) | TC Ortalama (Std. Sapma) | MTFV Ortalama (Std. Sapma) |
| 1961-1970 | 1,000 (0,020) | 1,000 (0,012) | 1,000 (0,012) | 1,000 (0,037) | 0,999 (0,022) | 0,999 (0,030) |
| 1971-1980 | 0,982 (0,023) | 1,020 (0,006) | 0,999 (0,025) | 1,020 (0,041) | 0,984 (0,010) | 1,010 (0,046) |
| 1981-1990 | 1,010 (0,031) | 0,991 (0,020) | 0,997 (0,027) | 0,983 (0,044) | 1,030 (0,031) | 1,010 (0,045) |
| 1991-2000 | 0,996 (0,025) | 0,991 (0,016) | 0,987 (0,028) | 1,010 (0,037) | 1,020 (0,024) | 1,020 (0,043) |
| 2001-2010 | 0,999 (0,017) | 1,000 (0,015) | 1,000 (0,011) | 1,010 (0,041) | 0,984 (0,043) | 0,991 (0,020) |
| 2011-2021 | 0,994 (0,017) | 1,010 (0,017) | 1,000 (0,008) | 1,040 (0,045) | 0,952 (0,038) | 0,993 (0,025) |

VRS ölçeği baz alınarak hesaplanan 10'ar yıllık periyotlara ilişkin bulgular şu şekildedir (Tablo 4);

4.3. Dönemsel VRS Ölçeği ve Girdi-Çıktı Kaynaklı TEC, TC ve MTFV Endekslerin Değerlendirilmesi

1961-1970 döneminde hem girdi hem de çıktı kaynaklı TEC, TC ve MTFV endekslerinin ortalamaları 1 civarındadır. Bu durum, anılan dönemde verimlilik değişimlerinin çok sınırlı olduğunu ve teknolojik değişimlerin etkisinin nötr olduğunu göstermektedir.

1971-1980 döneminde, girdi kaynaklı TEC 0,982 iken, çıktı kaynaklı TEC 1,020'dir. Bu durum, girdi verimliliğinde azalış, ancak çıktı verimliliğinde artış olduğunu göstermektedir. Girdi kaynaklı TC 1,020 ve

çıkıtı kaynaklı TC 0,984 olarak ölçülmüştür. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 0,999 ve çıkıtı kaynaklı olarak 1,010 olarak bulunmuştur, bu durum da genel verimlilikte sınırlı bir artış olduğunu göstermektedir.

1981-1990 döneminde, girdi kaynaklı TEC 1,010 ve çıkıtı kaynaklı TEC 0,983 olarak ölçülmüştür. Bu dönemde girdi verimliliğinde artış, ancak çıkıtı verimliliğinde düşüş olduğu görülmektedir. Girdi kaynaklı TC 0,991 ve çıkıtı kaynaklı TC 1,030 olarak belirlenmiştir. Bu zaman aralığında, teknolojik değişimlerin farklı etkileri dikkat çekmektedir. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 0,997 ve çıkıtı kaynaklı olarak 1,010 olarak hesaplanmıştır, bu da genel verimlilikte hafif bir artışa işaret etmektedir.

1991-2000 döneminde, girdi kaynaklı TEC 0,996 ve çıkıtı kaynaklı TEC 1,010'dur. Bu durum, girdi verimliliğinde azalış, ancak çıkıtı verimliliğinde artış olduğunu göstermektedir. Girdi kaynaklı TC 0,991 ve çıkıtı kaynaklı TC 1,020 olarak belirlenmiştir. Bu periyotta teknolojik değişimlerin etkisi genel olarak pozitifdir. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 0,987 ve çıkıtı kaynaklı olarak 1,020'dir, bu da verimlilikte genel bir iyileşme olduğunu işaret etmektedir.

2001-2010 döneminde, girdi kaynaklı TEC 0,999 ve çıkıtı kaynaklı TEC 1,010 olarak bulunmuştur. Bu dönemde, girdi verimliliğinde sınırlı bir değişim meydana gelirken, çıkıtı verimliliğinde belirgin bir artış olmuştur. Girdi kaynaklı TC 1,000 ve çıkıtı kaynaklı TC 0,984 olarak belirlenmiştir. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 1,000 ve çıkıtı kaynaklı olarak 0,991 olarak ölçülmüştür, bu da genel verimlilikte sınırlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir.

2011-2021 döneminde, girdi kaynaklı TEC 0,994 ve çıkıtı kaynaklı TEC 1,040 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, girdi verimliliğinde sınırlı bir düşüş, ancak çıkıtı verimliliğinde belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Girdi kaynaklı TC 1,010 ve çıkıtı kaynaklı TC 0,952 olarak belirlenmiştir. MTFV endeksleri, girdi kaynaklı olarak 1,000 ve çıkıtı kaynaklı olarak 0,993 olarak ölçülmüştür, bu durum da genel verimlilikte sınırlı bir iyileşme olduğunu ortaya koymaktadır.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Türkiye'nin 1961-2021 dönemi tarımsal verimlilik performansı, toplam üretim değeri, arazi kullanımı, işgücü ve sermaye göstergeleri üzerinden analiz edilmiştir. Çalışmada, Teknik Etkinlik Değişimi (TEC), Teknolojik Değişim (TC) ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) endeksleri Sabit Getiri Ölçeği (CRS) ve Değişken Getiri Ölçeği (VRS) altında incelenerek, tarımsal verimliliğin zaman içerisindeki gelişimi değerlendirilmiştir. Sabit ve değişken getiri varsayımları altında, hem girdi hem de çıkıtı yönlü modellerle yapılan analizler, sektörün verimlilik dinamiklerine ilişkin önemli bulgulara ulaşılmasını sağlamıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Türkiye'nin tarımsal verimliliği yıllar boyunca farklı dönemlerde girdi ve çıkıtı verimliliği açısından değişiklikler göstermektedir. Özellikle çıkıtı yönlü analizlerde teknik etkinliğin genel olarak istikrarlı ya da hafif artış eğiliminde olduğu, buna karşın teknolojik değişimin katkısının dönemsel olarak istikrarsız seyrettiği görülmektedir. Bu durum, tarımsal verimlilikteki artışların çoğunlukla mevcut kaynakların daha etkin kullanımından kaynaklandığını, teknolojik ilerlemenin ise sınırlı kaldığını göstermektedir. CRS ve VRS ölççeklerinde yapılan analizler, girdi ve çıkıtı kaynaklı verimlilik değişikliklerinin dönemlere göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak, teknolojik değişimlerin etkisi hem pozitif hem de negatif olabilmektedir, bu da destekleyici politikaların ve teknolojik yeniliklerin dikkatlice değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

1961-2021 Döneminde Türkiye'nin tarımsal verimliliği, girdi odaklı teknik etkinlikte düşüş (TEC, 1,010'dan 0,959'a) ve çıkıtı odaklı etkinlikte (TEC, 0,990'dan 1,040'a) artış göstermiştir. Teknolojik değişim (TC) karışık etkiler göstermiş; son dönemde girdi odaklı TC 1,060'a yükselirken, çıkıtı odaklı TC 0,949'a düşmüştür. Toplam faktör verimliliği (MTFV) genelde sabit kalarak sınırlı bir iyileşme göstermiştir. Bu çalışma, Türkiye'nin tarımsal verimliliğinin, önceki çalışmalarla hem benzerlikler hem de farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Avcı ve Kaya (2008), Türkiye'nin 1992-2004 döneminde geçiş ekonomilerinden daha yüksek MTFV (0,826) sergilediğini, ancak teknolojik değişimde (0,990) geride kaldığını belirtmiştir. Bu çalışmada, son dönemde (2011-2021) girdi odaklı TC'nin 1,060'a yükselmesi, teknolojik ilerlemenin arttığını, ancak çıkıtı odaklı TC'nin 0,949'a düşmesi, bu ilerlemenin çıktılar üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Karaman ve Özalp (2017), 2003-2014 döneminde TFV'nin yıllık %1 büyüdüğünü, etkinlik değişiminin (%0,8) ve teknolojik değişimin (%0,1) katkı sağladığını bulmuştur. Bu çalışmada, MTFV'nin 1 civarında sabit kalması, benzer bir istikrarı yansıtırken, çıkıtı odaklı TEC'nin artışı (1,040), bölgesel farklılıkların etkisini desteklemektedir. Elde edilen bulgular, teknoloji adaptasyonu ve eğitim odaklı politikaların, özellikle küçük çiftliklerin girdi verimliliğini artırmak için kritik olduğunu göstermektedir. Yaman ve diğerleri (2024), teknolojik değişimin önemini vurgulamıştır, bu çalışma da çıkıtı odaklı verimlilik artışını desteklemektedir. Koç ve diğerleri (2023), insan sermayesinin TFV'yi artırdığını belirtirken, bu çalışmadaki işgücü değişkenliği, tarımsal istihdamın olumsuz etkisini yansıtmaktadır.

Verimlilik artışını destekleyici politikalar, kaynak tahsisini, yeni teknolojilerin benimsenmesini ve tarım sektörünün genel rekabetçiliğini etkileyebilmektedir. Ancak, bu politikaların TFV'yi artırmadaki etkinliğinin,

kurumsal kalite, gelişmişlik düzeyi ve tarım sektörünün yapısal özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterdiği de bilinmektedir. Araştırmaya konu edilen 61 yıllık süreçte, tarımsal reformlar, kamu politikaları, ekonomik dönüşümler ve yatırım seviyesindeki istikrarsız sürecin TFV dinamiklerini şekillendirdiği anlaşılmaktadır. Çıktı yönlü teknik etkinlik son dönemlerde artış eğilimine sahipken, girdi yönlü analizler özellikle işgücü ve arazi kullanımında kısıtları işaret etmektedir. Sabit sermaye yatırımları, makineleşme ve eğitim gibi faktörlerin verimlilik üzerindeki etkisi, dönemler bazında dalgalanma göstermektedir.

Türkiye tarım sektöründe sürdürülebilir verimlilik artışının sağlanabilmesi, teknik etkinlik kadar teknolojik gelişmenin desteklenmesini de gerektirmektedir. Araştırmada elde edilen bulgular, özellikle son 20 yılda teknolojik gelişmelerin etkisinin azaldığını, buna karşılık teknik etkinliğin çıktı yönlü ölçümlerde artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ulaşılan sonuçlar, tarımsal verimlilik artışının tek boyutlu politikalarla değil, yapısal reformlar içeren, teknoloji, eğitim ve danışmanlık destek bileşenlerinden müteşekkil kurumsal bir yapının inşasıyla mümkün olabileceğini göstermektedir. Bu neticelere bağlı olarak aşağıdaki önerilerin sunulmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir; (1) Ar-Ge yatırımları, teknoloji transferi ve inovasyon destekleri yükseltilmelidir. (2) Bölgelerin koşullarına uygun, farklılaştırılmış tarımsal destek politikaları uygulanmalıdır. (3) Tarımsal işletmelerin eğitim, yayım ve danışmanlık desteğine erişimi artırılmalıdır. (4) Uzun dönemli mukayeseli verimlilik araştırmalarının yapılabilmesi için ulusal ölçekte tarımsal veri toplama mekanizması güçlendirilmelidir. (5) Arazi toplulaştırılması ve çiftçilerin finansmana erişiminin kolaylaştırılması gibi yapısal reformlar tamamlanmalı ve tarımsal yatırım teşvikleriyle desteklenmelidir. Öz bir ifadeyle; Türkiye'nin tarımsal verimliliğini artırmak için teknolojiye yapılan yatırımların artırılması ve modern tarım tekniklerinin daha yaygın bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Çalışmanın sadece Türkiye geneline yönelik olması nedeniyle; bölgesel farklılıklara bağlı olarak ortaya konulabilecek muhtemel sonuçlara ulaşılammış olması, çalışmanın başlıca kısıtını oluşturmaktadır. Türkiye geneli ile coğrafi bölgeler düzeylerine dair sonuçları mukayeseli olarak ortaya koyabilecek uzun dönemli çalışmaların yapılması literatüre katkı sağlayacaktır.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Mehmet Ali Cevheri: Literatür Taraması, Kavramsallaştırma, Veri Derleme, Makale Yazımı-rijinal taslak

Nihat Küçük: Metodoloji, Analiz, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme

Mehmet Ali Cevheri: Literature Review, Conceptualization, Data Curation, Writing-original draft

Nihat Küçük: Methodology, Analysis, Modelling, Writing-review and editing

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Avcı, M.A. ve Kaya, A.A. (2008). "Geçiş Ekonomileri ve Türk Tarım Sektöründe Etkinlik ve Toplam Faktör verimliliği Analizi (1992-2004)", *Ege Academic Review*, 8(2), 843-860.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, (30) 9, 1078-1092.
- Besharat, A. ve Amirahmadi, M. (2011). "The study of factors affecting productivity in the agriculture sector of Iran", *African Journal of Agricultural Research*, 6(18), 4340-4348.
- Brzezicki, Ł. (2025). "Origin and Evolution of Malmquist Productivity Index: Review of the Literature", *Central European Economic Journal*, 12(59), 102-119. <https://doi.org/10.2478/ceej-2025-0007>
- Bureau, J. ve Antón, J. (2022), "Agricultural Total Factor Productivity and the environment: A guide to emerging best practices in measurement", *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, No. 177, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/6fe2f9e0-en>
- Caves, D.W., Christensen, L.R. ve Diewert, W.E. (1982). "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity", *Econometrica*, 50, 1393-1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978) "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Coelli, T.J. ve Rao, D.P. (2005). "Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries 1980-2000", *Agricultural Economics*, 32, 115-134.
- Coomes, O.T., Barham, B.L., MacDonald, G.K., Ramankutty, N. ve Chavas J.P. (2019). "Leveraging Agricultural Total Factor Productivity Growth for Productive, Sustainable and Resilient Farming Systems", *Nature Sustainability*, 2(1), 22-28. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0200-3>
- Dünya Bankası. (2011). "Climate-Smart Agriculture: Increased Productivity and Food Security, Enhanced Resilience and Reduced Carbon Emissions for Sustainable Development (English)". Working Paper, Report Number: 76238, World Bank, Washington DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/501551468163165831> (Erişim Tarihi: 04.12.2024).
- Giang, M.H., Xuan, T.D., Trung, B.H. ve Que, M.T. (2019). "Total Factor Productivity of Agricultural Firms in Vietnam and Its Relevant Determinants", *Economies*, 7(1), 4. <https://doi.org/10.3390/economies7010004>
- Karaman, S. ve Özalp, A. (2017). "Türkiye Tarım Sektörü Bölgesel Toplam Faktör Verimliliğinin Malmquist Endeks ile Belirlenmesi", *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(1), 209-217. <https://doi.org/10.13002/jafag4200>
- Keizer, T.H. ve Emvalomatis, G. (2014). "Differences in TFP Growth among Groups of Dairy Farms in the Netherlands", *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 70, 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.03.001>
- Koç, A., Özdamar, Ö. ve Uysal, P. (2023). "What Explains Total Factor Productivity in Agriculture: An Empirical Investigation Using Panel Data Analysis", *Mediterranean Journal of Economics, Agriculture, Environment and Food (New Medit)*, 2023(2). <https://doi.org/10.30682/nm2302f>
- Le Clech, N.A. ve Fillat-Castejon, C. (2020). "New Estimates of Total Factor Productivity, Technical and Efficiency Changes for the Global Agricultural Economy", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18(2), e0104. <https://doi.org/10.5424/sjar/2020182-15224>
- Mollavelioğlu, M.Ş. ve Ceylan, R. (2010). "Türkiye ve AB Ülkelerinde Tarımsal Toplam Faktör Verimliliği ve Yakınsama Analizi", *Akdeniz İİBF Dergisi*, 10(20), 86-103.
- Moreira, V.H. ve Bravo-Ureta, B.E. (2016). "Total Factor Productivity Change in Dairy Farming: Empirical Evidence from Southern Chile", *Journal of Dairy Science*, 99(10), 8356-8364. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11055>
- Popp, J., Petó, K. ve Nagy, J. (2013). "Pesticide Productivity and Food Security: A Review", *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 243-255. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>
- Rahman, S. ve Salim, R. (2013). "Six Decades of Total Factor Productivity Change and Sources of Growth in Bangladesh Agriculture (1948-2008)", *Journal of Agricultural Economics*, 64(2), 275-294. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12009>
- USDA ERS (2024). "U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service", International Agricultural Productivity. <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity> (Erişim Tarihi: 28.08.2024).
- Vergil, H. ve Abasız, T. (2008). "Toplam Faktör Verimliliği, Hesaplanması ve Büyüme İlişkisi: Collins Bosworth Varyans Ayırıştırması", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16, 160-188.
- Yaman, H., Sungur, O. ve Dulupçu M.A. (2024), "Measuring the Agricultural Total Factor Productivity of Provinces in Turkey Using Malmquist Index", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 67, 191-196. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.1345345>

