

Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Parçalı Elastiklik Analizi: OECD Ülkelerinin Tarımsal Performansları Üzerine Bir Uygulama

Ceren DİRİK¹, Serap ŞAHİN², Kazım Barış ATICI³

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, OECD ülkelerinin 2019 yılı tarımsal etkinliğini ölçmek ve kurgulanan senaryolar üzerinden parçalı elastiklik analizleri gerçekleştirilerek ülkelerin kısmi ölçüğe göre getiri karakterizasyonlarını ortaya koymaktır.

Yöntem: Etkinlik ve elastiklik ölçümleri için Veri Zarflama Analizi (VZA) ve VZA tabanlı yöntemler kullanılmıştır.

Bulgular: OECD ülkelerinin %43'ünün etkin bir şekilde faaliyet gösterdiği tespit edilmiş ve ortalama tarımsal etkinliğin 0,87 olduğu saptanmıştır. Elastiklik analizi bulgularına göre seçmeli radyal etkinlik varsayımını sağlayan OECD ülkelerinin büyük bir bölümü için kısa vadede tarımsal büyümenin gerçekleşmesinin beklenmediği, üretim faktörlerinde yaşanabilecek marjinal artışlar karşısında tarımsal çıktıların çoğunlukla azalan veya sabit oranda artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

Özgünlük: Çalışma, ülke bazında parçalı elastiklik ölçüm modellerinin ilk uygulaması olması ve OECD ülkelerinin tarımsal performanslarına dair bütüncü bir perspektif sunması açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Elastiklik Analizi, Ölçüğe Göre Getiri, Tarım.

JEL Kodları: C14, C61, Q10.

Efficiency Measurement and Partial Elasticity Analysis with Data Envelopment Analysis: An Application on Agricultural Performances of OECD Countries

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study is to measure the agricultural efficiency of OECD countries in 2019 and to reveal the partial returns to scale characterizations of the countries by performing partial elasticity analyses through the designed scenarios.

Methodology: Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-based methods are used for efficiency and elasticity measurements.

Findings: 43% of OECD countries are found to be operating efficiently and the average agricultural efficiency is determined as 0.87. According to the findings of elasticity analysis, it is specified that for most of the OECD countries that provide the selective radial efficiency assumption, agricultural growth is not expected to be achieved in the short run and agricultural outputs tend to increase at a decreasing or constant rate in the face of marginal increases in production factors.

Originality: The study is important in terms of being the first application of partial elasticity measurement models on a country basis and presenting a holistic view on the agricultural performances of OECD countries.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Elasticity Analysis, Returns to Scale, Agriculture.

JEL Codes: C14, C61, Q10.

¹ Arş. Gör., Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, cerendirik@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6762-8933 (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

² Dr. Öğr., Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Kırıkkale, Türkiye, serapsahin@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3203-0373.

³ Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye, kba@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0786-9641.

DOI: 10.51551/verimlilik.1117805

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 17.05.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 29.10.2022

Atıf: Dirik, C., Şahin, S. ve Atıcı K.B. (2023). "Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü ve Parçalı Elastiklik Analizi: OECD Ülkelerinin Tarımsal Performansları Üzerine Bir Uygulama", *Verimlilik Dergisi*, 57(1), 1-22.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The strategic importance of agriculture in reducing poverty and hunger and the large ecological footprint of the global food system place the efficient use of agricultural inputs at the center of today's agricultural policies. Reducing hunger and poverty and ensuring food security while protecting natural resources and ecosystems through sustainable agricultural activities are globally common issues and therefore require solutions at the global level.

Background and Purpose

Due to limited resources, increasing efficiency in agriculture, and going one step further, conducting scenario analyses on agricultural production is of great importance in terms of meeting the information needs of the system, being prepared for unexpected situations, and recognizing opportunities/threats. In this respect, the aim of this study is to measure the agricultural efficiency of OECD countries and to reveal the partial returns to scale characterizations of the countries by performing partial elasticity analyses through the designed scenarios.

Methodology

Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-based partial elasticity models are used for efficiency and elasticity measurements. In the analysis, using 2019 data from 37 OECD countries, agricultural land, agricultural labor, livestock, fertilizer, and capital stock are defined as input variables, while crop production value and livestock production value are defined as output variables. Both efficiency and elasticity analysis are performed under constant returns to scale technology. Since it is more meaningful for the agricultural sector to examine the elasticity of the response of outputs to marginal changes compared to inputs, the elasticity measures are based on the elasticity analysis of output sets where the response set consists of only output variables.

Findings

It is determined that 43% of OECD countries are relatively efficient, and the average agricultural efficiency was 0.87. Countries with an efficiency score equal to 1.00 are Belgium, South Korea, Netherlands, Spain, Israel, Italy, Canada, Colombia, Luxembourg, Hungary, Mexico, Poland, Portugal, Chile, New Zealand, and Greece. Iceland has the lowest efficiency level, with an efficiency score of 0,43. According to regional average agricultural efficiency scores, Latin America ranks highest, and Northern Europe ranks last. Among the developing countries in OECD, South Korea, Israel, Colombia, Mexico, and Chile are found to be operating efficiently, while Türkiye is very close to the efficient frontier.

Within the scope of elasticity analysis, mathematical interpretations of the elasticity scores obtained for each scenario are presented. Moreover, it is found that countries exhibit decreasing returns to scale characteristics in agricultural production to a large extent, followed by countries with constant returns to scale characteristics. It is determined that there are very few countries exhibiting increasing returns to scale characteristics. In this context, it is specified that for most of the OECD countries that provide the selective radial efficiency assumption, agricultural growth is not expected to be achieved in the short run and agricultural outputs tend to increase at a decreasing or constant rate in the face of marginal increases in agricultural production factors.

Discussion and Conclusion

The study is essential in terms of being the first application of partial elasticity measurement models on a country basis and presenting a holistic view of the OECD countries' agricultural performances. The study focuses only on the production dimension of agriculture. Future studies can be conducted in which environmental factors are also taken into account in agricultural efficiency and elasticity measurements. As another future research topic, methodological comparison-oriented approaches can be suggested where elasticity findings will be obtained by parametric methods such as Stochastic Frontier Analysis over similar scenarios designed in this study and then compared with DEA-based elasticity findings.

1. GİRİŞ

Bir zamanlar ekonomileri tarıma dayalı olan ülkeler, ekonomik sistemlerini sanayiye ve daha sonra hizmet sektörüne kaydırmış olsalar da tarım sektörü diğer endüstrilere hammadde sağlayarak ve iş olanakları yaratarak gıda üretiminin çoğunlukla en önemli faaliyet olduğu ekonomilerin kalkınma sürecine katkıda bulunmaya devam etmektedir. Ayrıca, Dünya Bankası'nın (2022a) en son verilerine göre 2018 yılında dünya nüfusunun %8,6'sı uluslararası aşırı yoksulluk sınırı olan günlük kişi başı 1,90 uluslararası doların (international dollars – I\$) altında yaşamaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2022a) ise dünyada açlıktan etkilenen insan sayısının arttığına, 2019 yılında %8,4 olan yetersiz beslenme yaygınlığının 2020 yılında %9,9'a çıktığına dikkat çekmektedir. Buna karşılık, Birleşmiş Milletler üyesi ülkeler tarafından kabul edilen ve 2016 yılında yürürlüğe giren Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) kapsamında 2030'a kadar küresel yoksulluğun ve açlığın ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Yoksulluğun büyük bir bölümünün kırsal alanlarda yoğunlaştığı ve tarım sektörünün kırsal alanlarda hem istihdamın baskın sağlayıcısı hem de önemli bir gelir kaynağı olduğu bilindiğinden, tarımsal etkinliğin değeri net bir şekilde anlaşılmaktadır.

Tarım sektörü her ne kadar düşük ve orta gelirli ülkeler için ekonomik büyüme yolunda ve yoksulluğun azaltılması noktasında büyük bir öneme sahip olsa da aslında gıda üretimi tüm ülkeleri kapsayan birbirine bağlı bir sistemdir. Son yıllarda artan ve 2011'den bu yana en yüksek seviyelerine ulaşan gıda fiyatları (FAO, 2022b) sektöre yönelik politikaların tasarımını güçleştirirken, küresel gıda güvenliğini de tehdit etmektedir. Bir yönüyle gıda fiyatlarına karşı duyarlılık, yoksulluk, yetersiz beslenme, kıtlık ve açlık sorunlarıyla ilişkili olan gıda güvenliği, paradoksal olarak diğer yönüyle de sağlıksız beslenme alışkanlıkları, aşırı tüketim, fazla kilolu olma ve obezite ile bağlantılı bulunmakta ve bu durum ülkeler açısından insan sağlığını koruma noktasında yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Öte yandan, en güncel haliyle yaklaşık 8 milyar olan dünya nüfusunun, nüfus artış hızındaki yavaşlamaya rağmen 21. yüzyılın ortalarında 9 milyarı, 21. yüzyılın sonlarında ise 11 milyarı aşacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2017: 5). Nüfus artışının yanında, kentleşme, gelir artışı ve beslenme alışkanlıklarının değişmesi gibi gelişmeler daha fazla üretim yapmayı gerektirmekte ve dolayısıyla doğal kaynaklar üzerindeki baskı artmaktadır. Şöyle ki, artan talebi karşılamak için orman arazileri tarıma açılmakta, bu da tarım uygulamaları sonucunda ortaya çıkan sera gazı salınımını arttırmakta, su kaynaklarının azalmasına sebep olmakta, toprak erozyonu yoluyla araziye zarar vermekte ve hayvan/bitki popülasyonu üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. İklim değişikliği ise tarımsal üretim ve gıda güvenliği açısından tehdit oluşturan bir başka husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel gıda sisteminin bu denli büyük bir ekolojik ayak izine sahip olması, ekilebilir arazi, sulama kaynakları, enerji, iş gücü ve sermaye gibi tarımsal girdilerin etkin kullanımı konusunu günümüz tarım politikalarının merkezi haline getirmiştir. Bu nedenle, bir yandan gıda güvenliğini sağlarken, bir yandan da sürdürülebilir tarım faaliyetleriyle doğal kaynakları ve ekosistemi korumak küresel düzeyde çözümler gerektirmekte ve ülkelerin yeniden tarım sektörüne odaklanarak politikalar geliştirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla beraber, özgün tarımsal üretim biçimleri, yerel ürünler ve yaşam tarzı özellikleri gibi kırsal mirasın yaşatılmasına ilişkin konular da kalkınma politikalarının hedefleri arasında yer almakta ve tarım sektörünün günümüz dünyasındaki değerini pekiştirmektedir.

Tüm bu gelişmeler, tarım sektöründe işlerin her zamanki gibi sürdürülmesinin artık bir seçenek olmadığına işaret etmektedir (Dünya Bankası, 2007: 8). Sınırlı kaynaklara sahip olan dünyamızda teknolojik yenilikler, sosyal inovasyon, altyapı çalışmaları, reform ve iyileştirmeler yoluyla tarımda etkinlik artışı sağlanması (FAO, 2017: 48) ve bunun da bir adım ötesine geçilerek sistemin bilgi gereksinimini beslemek, beklenmedik durumlara karşı hazırlıklı olmak ve fırsatları keşfetmek amacıyla gıda ve tarımsal üretim sistemi üzerinde senaryo analizlerinin yapılması zorunlu bir hal almıştır (Reilly ve Willenbockel, 2010: 3049).

Tarımsal etkinlik ölçümü konusu performans ölçüm literatürünün popüler alanlarından biri olma özelliğini taşıırken, Veri Zarflama Analizi (VZA) de bu araştırma alanında sıklıkla kullanılan parametrik olmayan yöntemlerdendir (Emrouznejad ve Yang, 2018: 7; Muhtarom ve diğerleri, 2019: 421). Girdileri çıktılara dönüştürmekten sorumlu olan mekanizma şeklinde tanımlanan karar verme birimlerinin (KVB) (Cooper ve diğerleri, 2007: 22) görelî etkinliklerini ölçmek için kullanılan VZA, doğrusal programlama tabanlı bir tekniktir. Yöntem, zaman içindeki teorik ve metodolojik gelişimi sayesinde etkinlik ölçümünün yanı sıra karar verme sürecindeki çeşitli konuların ele alınabileceği bir hale evrilmiştir. Bu konulardan biri de değerlendirilmekte olan KVB hakkında birçok yararlı bilgi sağlayan ölçeğe göre getiri (returns to scale – RTS) kavramıdır. VZA sınırlarındaki RTS karakterizasyonu, klasik ekonomiyi VZA çerçevesiyle ilişkilendirmekte ve böylece yöntemin uygulama alanını genişletmektedir. Aslına bakılırsa, RTS kavramının yani tüm girdilerdeki oransal bir değişime karşılık çıktılarının verdiği yanıtın araştırılması ilk VZA çalışmalarından bu yana geniş çapta ele alınan bir konu olmuştur (Seiford ve Zhu, 1999: 1). Ancak, VZA parametrik bir teknik olmadığı için araştırmaların çoğunda ölçek getirisinin niteliksel olarak (artan, azalan veya sabit) belirlenmesine odaklanılmıştır (Førsund ve Hjalmarsson, 2004: 1024).

Ölçek karakterizasyonuna duyulan ilginin son yıllarda ölçek elastikliğinin hesaplanması yoluyla RTS'nin nicelleştirilmesine doğru kaydığı görülmektedir. Nitekim VZA'da elastiklik analizleri daha da ileriye taşınmış; girdi ve çıktılarının alt setlerine uygulanarak sadece belirlenen değişkenler arasındaki ilişkilerin ölçüldüğü parçalı elastiklik ölçümlerine kadar uzanmıştır. Söz konusu elastiklik ölçümleri aslında VZA'nın duyarlılık analizi olarak düşünülmekte ve parçalı elastiklik senaryoları sayesinde gerçek hayat problemlerine yakın kurgulamalar ortaya konulabilmektedir (Menten, 2018: 2). Ayrıca elastiklik analizleri sonucunda ulaşılan, karar birimlerinin olası değişimler karşısında sergileyeceği tepkilere ilişkin çözümlerlerin, yöneticilerden politika yapıcılara kadar geniş bir kitleye önemli bilgiler sunacağı ve farklı bakış açıları sağlayacağı aşikardır.

Bu bilgiler ışığında, bu çalışmada, VZA ile birlikte VZA tabanlı yöntemler kullanılarak ve OECD ülkelerinin 2019 yılı verilerinden yararlanılarak iki aşamadan oluşan bir analiz gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. İlk aşamada ülkelerin tarımsal teknik etkinlik skorları ölçülmekte, ikinci aşamada ise farklı girdi-çıkıtı setleriyle oluşturulan senaryolar aracılığıyla parçalı elastiklik ölçümleri yapılmakta ve elastiklik ölçümü sonuçlarına göre ülkelerin kısmi RTS karakterizasyonları ortaya konulmaktadır. Bu bağlamda çalışma, VZA etkinlik sınırı üzerinde ülkeler bazında parçalı elastiklik ölçüm modellerinin ilk uygulaması olma özelliğiyle literatüre katkı sağlarken, elde edilen bulgularla OECD ülkelerinin tarımsal performansına dair bütüncü bir perspektif sunması ve ülkelerin tarımsal ölçekleri bazında politikalar oluşturması noktasında rehberlik edici nitelik taşıması açısından oldukça önemlidir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, VZA literatüründeki ülkeler düzeyi tarımsal performans ölçümü çalışmaları ve VZA etkinlik sınırı üzerinde parçalı elastiklik ölçümünün yapıldığı araştırmalar incelenmektedir. Üçüncü bölümde, VZA ve VZA'da elastiklik ölçümü konuları ele alınmakta ve analizde kullanılan matematiksel formülasyonlar sunulmaktadır. Dördüncü bölümde, öncelikle analizin akış şeması ve girdi/çıkıtı değişkenleri anlatılmakta, sonrasında ise elastiklik ölçümleri için senaryolar tasarlanmaktadır. Beşinci bölümde, OECD ülkeleri üzerinde uygulanan analizlerden elde edilen bulgulara yer verilmektedir. Son bölüm olan altıncı bölümde ise bulgular genel olarak değerlendirilerek, çalışmanın kısıtları ve gelecek çalışmalar için öneriler tartışılmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Tarımda etkinlik ve verimlilik konusu özellikle 1940'larda Meksika'da başlayan, 1950'ler ve 1960'larda ise tüm dünyaya yayılan, tarım uygulamalarının yenilendiği ve dünyanın birçok bölgesinde üretim artışının sağlandığı Yeşil Devrim'in; 2000'li yıllardan itibaren de küreselleşmenin etkilerini analiz etmek isteyen araştırmacıların yoğun bir şekilde dikkatini çekmiş, tarımsal performansın mikro, mezo ve makro düzeyde analizi nicel performans ölçümünün en fazla ilgi gören konularından biri haline gelmiştir. Tarımsal performans analizinin erken dönem literatüründeki çalışmaların çoğunda ekonometrik tahminleme yaklaşımlarının kullandığı (Bhattacharjee, 1955; Arrow ve diğerleri, 1961; Hayami ve Ruttan, 1970; Nguyen, 1979; Yamada ve Ruttan, 1980; Mundlak ve Hellinghausen, 1982; Antle, 1983; Kawagoe ve diğerleri, 1985) görülse de VZA gibi parametrik olmayan yöntemlerin geliştirilmesi ve bilinirliğinin artması ile konu üzerine yapılan çalışmalar çoğalmış ve VZA bu araştırma alanında yaygın olarak uygulanan başlıca yöntemlerden biri haline gelmiştir. Örneğin, tarımsal sınır fonksiyonlarının tahminindeki ve etkinlik ölçümündeki gelişmelere ilişkin Coelli (1995) tarafından sunulan literatür taramasında, VZA'nın bilinirliği için nispeten erken sayılabilecek 1985-1994 döneminde yayımlanan 38 adet tarım uygulamasının 3'ünde VZA yönteminin kullanıldığı belirlenmiştir. Buna karşılık, ilk VZA modelinin geliştirildiği 1978 yılından 2010 yılı ağustos ayına kadar Web of Science tarafından indekslenen dergilerde yayımlanan VZA çalışmalarına ilişkin Liu ve diğerlerinin (2013) hazırladığı literatür incelemesinde, tarım sektörünün VZA kapsamındaki ilk beş uygulama alanından biri olduğu ortaya konulmuştur. Benzer şekilde, yöntemin 40 yıllık literatürünün kapsamlı bir listesini sunmayı amaçlayan Emrouznejad ve Yang (2018), 2015 ve 2016 yıllarında yayımlanan VZA çalışmalarındaki en popüler uygulama alanının tarım sektörü olduğunu saptamıştır.

Tarımsal performans ölçümünde VZA'nın kullanıldığı çalışmalar; bireysel çiftliklerin değerlendirilmesinden, bir ülke içindeki bölgelerin tarımsal faaliyetlerinin incelenmesine ve ülkeler arası etkinlik analizlerine varıncaya kadar farklı düzeylerde yürütülmüştür. Bu araştırmalardan, ülkeler arası tarımsal performans ölçümünü konu alanların bir kısmı Tablo 1'de özetlenmiştir. İlgili araştırmaların çoğunluğunda ülkelerin tarımsal verimliliğindeki değişimi değerlendirmek amacıyla VZA tabanlı Malmquist Verimlilik Endeksi (MVE) yönteminden faydalandığı görülmektedir. Bazı çalışmalarda ise VZA ve VZA tabanlı yöntemlere ek olarak Stokastik Sınır Analizi (SSA), Fisher Endeksi, Hulten Endeksi gibi başka tekniklerin kullanıldığı ve/veya ekonometrik analizlerden yararlandığı kaydedilmiştir. Ülkeler arası tarımsal etkinliğin ele alındığı VZA çalışmalarında her ne kadar standart VZA modellerinin kullanımı yaygın olsa da Aylak-Tabanlı Ölçüm (Slacks-Based Measure – SBM), Dinamik VZA, Bootstrap VZA, Bulanık VZA ve VZA-pencere analizi modellerinin uygulandığı araştırmalar da bulunmaktadır.

Tablo 1'den görüldüğü üzere, ülkeler arası tarımsal performans ölçümü çalışmalarının bir kısmında belirli bir kıta veya bölgedeki ülkeler ele alınmış, bir kısmında OECD'ye, Avrupa Birliği'ne (AB) üye ülkeler, BRICS⁴ veya MINT⁵ ülkeleri değerlendirilmiş, bir kısmında ise gelişmiş ve/veya gelişmekte olan ülkeler ayrımı üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Örneğin, 1966-2001 dönemi için 33 Afrika ülkesinin teknik etkinliğini VZA ve Bootstrap VZA yöntemiyle değerlendiren Mugera ve Ojeda (2014), Afrika tarımındaki etkinsizliğin azaltılması gerektiğini vurgulamış ve bölgede teknolojik gelişimi sağlayacak politikalara duyulan ihtiyacı işaret etmiştir. Bir diğer bölgesel etkinlik çalışmasında Suhariyanto ve Thirtle (2001), 1965-1996 dönemi için 18 Asya ülkesindeki tarımsal verimliliği VZA tabanlı MVE yöntemiyle incelemiş ve Yeşil Devrim'in öncesinde ülkelerin etkinlik skorları arasında büyük bir fark olmadığını, sonrasında ise teknolojik ilerlemedeki durgunluk ve etkinlikteki düşüşler nedeniyle ülkelerin sadece yarısında verimlilik artışı yaşandığını ifade etmiştir. Dinamik VZA yaklaşımından yararlanan Tunca ve Deliktaş (2015) ise 1966-2007 dönemi için OECD ülkelerinin tarımsal etkinlik düzeylerini ölçmeyi amaçlamış ve Belçika-Lüksemburg, Hollanda, İtalya ve Yeni Zelanda'nın en etkin ülkeler olduğunu saptamıştır. Yazarlar ayrıca çalışma kapsamındaki 29 OECD ülkesinin 25'inde tespit edilen tarımsal etkinsizliğin dinamik etkinsizlikten kaynaklandığını, bunun da ülkelerin dönemler arası optimal kaynak tahsisindeki başarısızlıklarına bağlı olduğunu belirtmiştir. OECD ülkelerini konu alan bir başka çalışmada Atıcı ve diğerleri (2018), 1990-2014 dönemi için ülkelerin tarımsal verimliliğindeki değişimi bulanık VZA ve MVE yöntemleriyle değerlendirmiş ve tüm ülkeler için kümülatif ortalama verimlilik artışını %17,4 olarak ölçmüştür. Bölgesel olarak en büyük verimlilik artışının Amerika kıtası ile Avustralya'da gözlemlenmesi, Orta Doğu ülkelerinin verimlilik artışında yükselen bir trend sergilemesi ve gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkelere daha fazla verimlilik artışına sahip olması da araştırmanın göze çarpan bulguları arasındadır. 14'ü AB üyesi ve 13'ü AB'ye aday olmak üzere 27 ülkenin 1993 ile 1999 yılları arasındaki tarımsal etkinlik ve verimliliğini analiz eden Galanopoulos ve diğerleri (2004), ilgili dönem için üye ülkelerin %22'sinin, aday ülkelerin ise %15'inin etkin bir şekilde performans gösterdiğini belirleyerek, teknik etkinsizliğin Avrupa'daki tarım sektörlerinin ortak özelliği olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bununla birlikte yazarlar hem üye hem de aday ülkelerin toplam faktör verimliliğinin pozitif olduğunu belirterek, Avrupa genelindeki verimlilik artışı ve sektör genişlemesinin gelişmiş teknoloji uygulamalarına dayandığını altını çizmiştir. Yukarıda özetlenen çalışmalara kıyasla daha çok sayıda birimi analize dahil ederek, toplamda 93 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin 1980-2000 dönemindeki tarımsal etkinlik ve verimliliğini VZA ve MVE ile ele alan Coelli ve Rao (2005), ortalama küresel verimlilik artışının %2,1 olduğunu saptamıştır. Literatürdeki benzer araştırmaların bulguları arasındaki zıtlıkların değişen büyüklüklerdeki ülke grupları ve farklı zaman periyotları ile çalışılmasından kaynaklandığını vurgulayan yazarlar, verimlilik artışında Asya ülkelerinin en yüksek, Afrika ve Güney Amerika ülkelerinin en düşük performans gösteren ülkeler olduğunu ifade etmiştir.

⁴ Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti.

⁵ Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye.

Tablo 1 girdi değişkenleri seçimi açısından incelendiğinde, makro düzeydeki tarımsal etkinlik ölçüm çalışmalarının önemli bir bölümünde FAO'nun (2003) belirlediği tarımsal göstergeler⁶ arasından tarımsal iş gücü, tarım arazisi, gübre kullanımı, makine/traktör sayısı ve çiftlik hayvanı sayısı değişkenlerinin en fazla kullanılan girdi değişkenleri olduğu görülmektedir. Çalışmalarda çoğunlukla tarım makinelerine yatırılan sermaye için traktör sayısı değişkenine ve hayvancılığa yatırılan sermaye için hayvan sayısı değişkenine temsili değişken olarak yer verilmiştir. Birçok çalışmada hayvan sayısı değişkeni, Hayami ve Ruttan'ın (1970) farklı kategorilerdeki hayvanlar için önerdiği ağırlıklardan yararlanılarak toplulaştırılmasıyla elde edilmiştir. Gübre kullanımı değişkeni için literatürdeki genel eğilim ise azot, fosfor ve potasyumlu gübre tüketimlerinin toplanması şeklindedir. Bu değişkenlerin yanı sıra, tarım ilacı kullanımı, hayvan yemi kullanımı, tohum kullanımı ve enerji tüketimi ile sulanan tarım arazisi (tarım arazilerinin sulanması için yatırılan sermayeye ilişkin temsili değişken), bina değeri ve sermaye stoku gibi sermayeye ilişkin diğer değişkenlerden de yararlanan, ele alınan problemin gerekliliklerine ve çalışmanın odağına göre bazı spesifik girdilerin analize dahil edildiği araştırmalar da bulunmaktadır.

Makro düzeydeki çalışmalarda çıktı değişkenlerinin kullanım sıklığına bakıldığında ise toplam tarımsal üretim, bitkisel ve hayvansal üretim değişkenlerinin en fazla kullanılan çıktı değişkenleri olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaların bir bölümünde bitkisel ve hayvansal üretim iki ayrı çıktı olarak değerlendirilirken, bir bölümünde ve özellikle de VZA'ya ek olarak ekonometrik tahminleme yaklaşımlarından yararlanan araştırmalarda toplam tarımsal üretim değişkeni operasyonel sürecin tek çıktısı olarak tanımlanmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmaların bazılarında, sera gazı emisyonu, karbon emisyonu ve topraktaki azot-fosfor dengesi gibi istenmeyen çıktılardan da tarımsal performans analizi kapsamına alındığı dikkat çeken hususlardan biridir.

Yukarıdaki çalışmalara ek olarak; Menten (2018), Türkiye'de üretimi gerçekleştirilen 61 adet bitkisel ürün için, Saraç (2020) ve Saraç ve diğerleri (2022) ise Ege Bölgesi'nde yer alan 146 adet çiftlik için VZA etkinlik sınırı üzerinde parçalı elastiklik ölçümü analizlerini gerçekleştirmiştir. Türkiye tarım sektöründe üretimi yapılan bitkisel ürünlerin konu alındığı Menten ve diğerlerinin (2020) çalışması ise mikro düzeydeki tarımsal etkinlik ve verimlilik ölçümü çalışmalarına örnek teşkil etmektedir. Ayrıca, yapılan literatür taraması sonucunda, VZA etkinlik sınırı üzerinde parçalı elastiklik ölçümlerinin gerçekleştirildiği ülkeler düzeyinde bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada öncelikle standart VZA yaklaşımı kullanılarak etkinlik ölçümü gerçekleştirilmektedir. Ardından farklı senaryolar oluşturularak elastiklik analizi yapılmakta ve hesaplanan elastiklik skorlarına göre kısmi RTS karakterizasyonları ortaya konulmaktadır. Ülke düzeyinde toplulaştırılmış verilerle çalışılırken sabit getiri teknolojisinin kullanılması daha uygun olduğundan (Coelli ve Rao, 2005), ülkeler düzeyi tarımsal üretimde üretim fonksiyonu ölçeğe göre sabit getiri özelliği sergilediğinden (Hayami ve Ruttan, 1970; Nguyen, 1979) ve VZA'da ölçeğe göre sabit getiri skoru global teknik etkinlik sağladığından, değerlendirilen üretim sisteminin doğasına uygun olarak etkinlik analizinin ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında yapılması tercih edilmiştir. Elastiklik analizi de benzer şekilde ölçeğe göre sabit getiri teknolojisiyle gerçekleştirilmekte olup, tarım sektörü için girdilere kıyasla çıktıların marjinal değişimlere tepkisinin elastikliğini incelemek daha anlamlı bulunduğundan, elastiklik ölçümleri yanıt setinin sadece çıktılarından oluştuğu çıktı setlerinin elastiklik analizi üzerine kurulmuştur.

3.1. VZA ile Etkinlik Ölçümü

VZA, Charnes ve diğerlerinin (1978) geliştirdiği ve ölçeğe göre sabit getiri (constant returns to scale – CRS) varsayımıyla çalışan CCR modelinden itibaren en popüler etkinlik ölçüm yöntemlerinden biri olmuştur. Standart CCR modelinden sonra Banker ve diğerlerinin (1984) ölçeğe göre değişken getiri (variable returns to scale – VRS) teknolojisini varsayan BCC modeli ise bir başka temel VZA modeli olarak literatüre girmiştir. Söz konusu standart modeller için amaç fonksiyonunun yönelimini, ele alınan problemin amacına uygun olarak girdi minimizasyonu veya çıktı maksimizasyonu yaklaşımıyla tanımlamak gerekmektedir. Girdi odaklı modellerde, verilen çıktı düzeyi için girdi miktarı en küçüklenirken, etkin bulunmayan birimleri etkinlik sınırına ulaştırarak hedef değerler girdi değişkenleri üzerinden hesaplanmaktadır. Çıktı odaklı modellerde ise verilen girdi düzeyi için çıktı miktarı en büyüklenirken, hedef değerler çıktı değişkenleri üzerinden sunulmaktadır. CRS varsayımı altında girdi odaklı ve çıktı odaklı

⁶ FAO'nun verilerdeki eğilimleri ortaya çıkararak karar vermeyi destekleyen, politika eylemlerinin sonuçlarını analiz etmek için kullanılan ve olası ekonomik, sosyal, çevresel zararlar hakkında erken uyarı sağlayan göstergeleri ortaya koymak amacıyla yayımladığı raporda, tarım arazisi, traktör sayısı, zirai kimyasallar, tarımsal iş gücü, GDP göstergeleri, çiftlik hayvanı sayısı, tarımsal üretim değeri ve tarımsal yatırım göstergeleri temel tarımsal göstergeler olarak belirlenmiştir.

yaklaşım birimlerin teknik etkinlik skorları açısından aynı sonuçları verirken, VRS varsayımı altında etkinlik skorları modelin yönelimine göre farklılık gösterebilmektedir.

Esasen VZA, en iyi girdi-çıkıtı kombinasyonuna sahip KVB'ler ile bir etkinlik sınırı oluşturmaya dayanmaktadır. Bu kapsamda, her bir KVB'ye atanan ve 0 ile 1 arasında değişen etkinlik skorları, birimlerin söz konusu etkinlik sınırından uzaklıklarına göre belirlenmektedir.

Literatürdeki klasik notasyona göre n adet gözlemlenen birimden her bir KVB_j 'nin ($j = 1, 2, \dots, n$) m adet girdi kullanarak s adet çıktı ürettiği varsayılmaktadır. $X_j \in R_+^m$ girdi vektörü ve $Y_j \in R_+^s$ çıktı vektörü olmak üzere, gözlemlenen her bir karar birimi (X_j, Y_j) çifti ile temsil edilmektedir. X ve Y ise sırasıyla girdi ve çıktı vektörlerinden oluşan girdi ve çıktı matrisleridir. Buna göre, KVB_0 'ın CCR teknik etkinlik skoruna, aşağıda verilen girdi odaklı model (Eşitlik 1-5) ve çıktı odaklı model (Eşitlik 6-10) doğrusal programlama formülasyonlarından biri ile ulaşılabilmektedir.

Girdi Odaklı CCR Modeli

$$\min \theta \quad (1)$$

öyle ki

$$X\lambda \leq \theta X_0 \quad (2)$$

$$Y\lambda \geq Y_0 \quad (3)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (4)$$

$$\theta: \text{serbest değişken} \quad (5)$$

Çıktı Odaklı CCR Modeli

$$\max \varphi \quad (6)$$

öyle ki

$$X\lambda \leq X_0 \quad (7)$$

$$Y\lambda \geq \varphi Y_0 \quad (8)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (9)$$

$$\varphi: \text{serbest değişken} \quad (10)$$

3.2. VZA'da Elastiklik Ölçümü ve RTS Karakterizasyonu

Ekonomi ve yöneylem araştırması alanlarında büyük ilgi uyandıran konulardan biri de KVB'lerin RTS durumlarının belirlenmesidir. Ekonomi araştırmacıları tipik olarak RTS'yi elastiklik kavramı üzerinden tanımlarken, yöneylem araştırması alanındaki araştırmacılar RTS hakkında bilgi edinmek için genellikle VZA metodolojisini kullanmaktadır (Hadjicostas ve Soteriou, 2006).

VZA'daki RTS kavramı ilk olarak Banker ve diğerleri (1984) tarafından CCR modelinin modifikasyonuna dayalı olarak RTS'yi tahmin etmek amacıyla ele alınmış ve erken dönem VZA çalışmalarının ana odağı büyük ölçüde RTS'nin niceliğini ölçmek yerine niteliğini belirlemek, başka bir deyişle birimlerin ölçüğe göre artan, azalan veya sabit getiri sergileyip sergilemediğini ortaya koymak yönünde olmuştur (Fukuyama, 2000). Daha sonraları yapılan araştırmalar ise RTS'nin niteliğinin belirlenmesinden daha güçlü özelliklere sahip olan ve elbette ki nitel bir karakterizasyondan daha fazla bilgi sunan ölçek elastikliği hesaplamalarına doğru evrilmiştir. Bu yaklaşıma göre RTS'yi, tüm girdilerdeki orantılı değişimden kaynaklanan tüm çıktılardaki orantılı değişim şeklinde tanımlanan ölçek elastikliği olarak nicelleştirmek mümkündür. Podinovski ve diğerlerine (2009) göre de üretim sınırlarının önemli bir özelliği olan ölçek elastikliği, sınırda yer alan yani göreceli olarak etkin bulunan birimlerin RTS karakterizasyonunun gücüne dair nicel bir ölçü olarak kabul edilmektedir. Üstelik son yıllarda VZA sınırında elastiklik ölçümü konusu üzerine gelişmeler kaydedildiği, araştırmacıların ilgisinin ölçek elastikliğine kıyasla daha esnek yapıda olan, etkinlik sınırının herhangi bir noktasında herhangi bir girdi veya çıktı alt setinin herhangi bir karma girdi ve çıktı setine olan yanıtını ölçen karma parçalı elastiklik ölçümlerine kadar uzandığı görülmektedir. Daha açık bir şekilde ifade edilecek olursa, parçalı elastiklik konseptinde bütün girdi ve çıktılar dahil olduğu elastiklik ölçümleri yapılabildiği gibi, girdi ve çıktılar alt setleri için de elastiklikler hesaplanabilmektedir. Girdi ve çıktılar alt setlerine uygulanan ölçümler parçalı elastiklik ölçümleri iken, ölçek elastikliği değişen setin bütün girdileri, değişime yanıt veren setin ise bütün çıktıları içerdiği özel bir durumdur.

Tüm bu gelişmelere rağmen VZA sınırlarındaki elastiklik ölçümünün basit bir işlem olmadığı aşikardır. Şöyle ki, VZA'da elastikliğin tanımı ve ölçümü konusunda karşılaşılan iki temel zorluk bulunmaktadır.

Bunlardan ilki, VZA modellerinde üretim dönüşüm fonksiyonunun açık bir şekilde bilinmemesidir. İkincisi ise VZA teknolojilerinin etkinlik sınırlarının genellikle pürüzsüz bir yapıda olmamasıdır. VZA sınırlarının parametrik olmayan ve pürüzsüz olmayan bu özellikleri nedeniyle klasik elastiklik ölçüm yaklaşımları VZA'ya doğrudan uygulanamamaktadır (Podinovski ve Førsund, 2010). Yapılan çalışmalarda söz konusu zorluklar kısmen aşılmış olsa da elde edilen bulguların büyük bir bölümünde elastiklik ölçümünün en ilginç kısmında, yani etkinlik sınırının uç noktalarında kesin bir kanıt sunmaktan yoksun olduğu yaygın olarak kabul görmüştür (Atıcı ve Podinovski, 2012). Ortaya atılan diğer yaklaşımların ise ya pratik olmadığı ya analitik bir çözüm sağlayamadığı ya da tam ancak teknik olarak zorlayıcı bir kanıtı sahip olduğu ifade edilmiştir. Öte yandan, Podinovski ve Førsund (2010) bu zorluklara karşı VRS üretim teknolojilerinde parçalı elastiklik ölçümü analizi için bir doğrusal programlama yaklaşımı geliştirmiş ve eksiksiz bir analitik çözüm sunmuştur. Yazarlar, söz konusu zorlukların üstesinden gelmek için sağ ve sol elastiklik kavramını tanıtmış ve bu tek taraflı elastikliklerin optimal değer fonksiyonunun yönlü türevleri olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir. Podinovski ve Førsund'un (2010) bu yaklaşımı sonraki yıllarda Atıcı ve Podinovski (2012) tarafından CRS üretim teknolojileri için de genişletilmiştir. Belirli varsayımlar altında çalışan bu modellerde, değişkenler öncelikle alt setlere ayrıştırılmakta, sonrasında ise yönlü türevler yardımıyla elastiklik ölçümleri yapılmaktadır.

3.2.1. Çıktı Setlerinin Elastiklik Analizi

Parçalı elastiklik ölçümlerinde, tüm girdi ve çıktıların A, B ve C olmak üzere üç ayrı sete bölünebileceği varsayılmaktadır. Buna göre, A seti, marjinal bir artışın veya azalışın olduğu değişkenleri; B seti, A setindeki değişimlere yanıt veren değişkenleri; C seti ise A ve B setlerine dahil olmayan ve sabit tutulan değişkenleri içermektedir. Elastiklik ölçümünde cevaplanmak istenen asıl soru, C alt setindeki değişkenler sabit tutulduğunda, A alt setindeki değişkenlerin marjinal değişimlerine B alt setindeki değişkenlerin yanıtının elastikliğinin ne olduğudur. Dolayısıyla, parçalı elastiklik ölçümü yaklaşımında ölçek elastikliği, A setinin tüm girdileri, B setinin tüm çıktıları içerdiği, C setinin ise boş bir set olduğu özel bir durum olarak nitelendirilmektedir.

Parçalı elastiklik ölçümü genel olarak girdi setlerinin elastiklik analizi ve çıktı setlerinin elastiklik analizi olmak üzere iki farklı şekilde ele alınmaktadır. Girdi setlerinin elastiklik analizinde B seti yani yanıt seti yalnızca girdilerden oluşurken, çıktı setlerinin elastiklik analizinde yanıt seti yalnızca çıktılarından oluşmaktadır. Bu çalışmada kurulacak model, yanıt setinin çıktılarından oluştuğu senaryolarda elastiklik ölçümünü kapsadığından, B setinde yalnızca çıktıların olduğu durum ele alınacak ve sadece CRS teknolojisinde elastiklik ölçümü için gerekli olan doğrusal programlama modelleri verilecektir.

Çıktı setlerinin elastiklik analizinde, A ve B seti boş küme olmamak şartıyla, A seti sadece girdileri, sadece çıktıları veya hem girdileri hem de çıktıları içerebilirken; B seti daha önce de ifade edildiği üzere sadece çıktı değişkenlerini içerebilmektedir ve $A \cap B = \emptyset$ 'dir. Son olarak C seti, A ve B setlerine dahil olmayan, geride kalan tüm girdi ve çıktı değişkenlerini içermekte veya boş bir küme olabilmektedir. Bu doğrultuda, üst indisler girdi ve çıktı vektörlerinin ait oldukları setleri temsil etmek üzere, CRS teknolojisinde gözlemlenen herhangi bir birim $(X_0, Y_0) \in T_{CRS}$ Eşitlik 11'deki gibi ifade edilebilir (Atıcı ve Podinovski, 2012).

$$(X_0, Y_0) = (X_0^A, X_0^C, Y_0^A, Y_0^B, Y_0^C) \quad (11)$$

Eşitlik 11'de belirtilen herhangi bir (X_0, Y_0) birimi için A setindeki girdilerin ve/veya çıktıların marjinal değişimlerine karşılık B setindeki çıktıların yanıtının elastikliği yalnızca bu tür bir değişimin mevcut teknolojide mümkün (olurlu) olmasıyla tanımlanabilmektedir⁷.

Podinovski ve Førsund'a (2010) göre X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin marjinal değişimlerine Y_0^B çıktı vektörünün yanıtının elastikliğini tanımlayabilmek için öncelikle $\alpha = 1$ 'in bazı komşuluklarında çıktı tepki fonksiyonunu dikkate almak gerekmektedir (Eşitlik 12):

$$\bar{\beta}(\alpha) = maks \{ \beta | (\alpha X_0^A, X_0^C, \alpha Y_0^A, \beta Y_0^B, Y_0^C) \in T_{CRS} \} \quad (12)$$

Eğer T_{CRS} 'de X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal artışı veya azalışı mümkün değilse, $\alpha = 1$ 'in sağ ve sol komşuluklarında $\bar{\beta}(\alpha)$ fonksiyonu tanımsız olmaktadır. Burada, çıktıların belirli bir alt setinin yani B alt setinin yanıtının elastikliğiyle ilgilenildiğinden, birimin genel etkinlik düzeyini bilmek gerekli değildir. Sadece (X_0, Y_0) biriminin çıktı vektörü Y_0^B 'nin üretiminde etkin olmasına ihtiyaç duyulmaktadır. "Çıktı seti B 'ye göre seçmeli radyal etkinlik" olarak tanımlanan bu varsayıma göre $\bar{\beta}(\alpha)$ fonksiyonu $\alpha = 1$ 'de sonludur ve $\bar{\beta}(1) = 1$ 'dir. Teorik olarak bu varsayımın sağlanıp sağlanmadığını belirlemek için elastiklik analizi

⁷ Bu çalışmada kısaca aktarılan CRS teknolojisinde çıktı setlerinin elastiklik analizi konusuna, modelleme tanımları, temel varsayımlar, teoremler ve matematiksel ispatlar da dahil olmak üzere tüm detaylarıyla Atıcı ve Podinovski'nin (2012) çalışmasından ulaşılabilir.

kapsamında fazladan bir doğrusal programın daha çözülmesi gerekse de pratikte ekstra bir çabaya gerek yoktur. Bunun nedeni, elastiklik ölçümleri için geliştirilen programların yani RHE (right-hand elasticity) modeli ile LHE (left-hand elasticity) modelinin bu varsayımın sağlanıp sağlanmadığını test edebilmesi, varsayımın sağlanmadığı durumlarda ilgili modellerin olumsuz sonuç vermesidir (Atıcı ve Podinovski, 2012).

Bu doğrultuda, Podinovski ve Førsund'un (2010) çalışmasını takiben, eğer seçmeli radyal etkinlik varsayımı sağlanıyorsa ve gerekli türevler bulunuyorsa, X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal değişimlerine karşılık çıktı vektörü Y_0^B 'nin yanıtının sağ ve sol taraf elastikliği $\alpha = 1$ 'de çıktı yanıt fonksiyonunun yani $\bar{\beta}(\alpha)$ 'nin sırasıyla sağ ve sol türevi olup, Eşitlik 13 ve 14'teki gibi ifade edilmektedir.

$$\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) = \bar{\beta}'_+(1) \quad (13)$$

$$\varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0) = \bar{\beta}'_-(1) \quad (14)$$

$\bar{X}^A, \bar{X}^C, \bar{Y}^A, \bar{Y}^B$ ve \bar{Y}^C ilgili A, B ve C setlerindeki girdilere ve çıktılara karşılık gelen alt matrisleri temsil etmek üzere, T_{CRS} 'deki herhangi bir (X_0, Y_0) biriminin sağ ve sol taraf elastikliği için gerekli olan yönlü türevler aşağıdaki şekilde tespit edilmekte ve yalnızca Eşitlik 15-19 ile verilen RHE modeli ve Eşitlik 20-24 ile verilen LHE modelinin çözülmesine dayanmaktadır (Atıcı ve Podinovski, 2012: 264). Buna göre, seçmeli radyal etkinlik varsayımını sağlayan (X_0, Y_0) birimi için;

- i. CRS teknolojisinde X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal artışı mümkün ise sağ taraf elastikliği mevcuttur, sonludur ve Eşitlik 15-19 ile verilen RHE modeli ile hesaplanabilmektedir.

RHE Modeli

$$\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) = \min v^A X_0^A - \mu^A Y_0^A \quad (15)$$

öyle ki

$$v^A X_0^A + v^C X_0^C - \mu^A Y_0^A - \mu^C Y_0^C = 1 \quad (16)$$

$$v^A \bar{X}^A + v^C \bar{X}^C - \mu^A \bar{Y}^A - \mu^B \bar{Y}^B - \mu^C \bar{Y}^C \geq 0 \quad (17)$$

$$\mu^B Y_0^B = 1 \quad (18)$$

$$v^A, v^C, \mu^A, \mu^B, \mu^C \geq 0 \quad (19)$$

- ii. CRS teknolojisinde X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal azalışı mümkün ise sol taraf elastikliği mevcuttur, sonludur ve Eşitlik 20-24 ile verilen LHE modeli ile (RHE modelinin sadece amaç fonksiyonunun minimizasyondan maksimizasyona çevrilmesiyle⁸) hesaplanabilmektedir.

LHE Modeli

$$\varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0) = \max v^A X_0^A - \mu^A Y_0^A \quad (20)$$

öyle ki

$$v^A X_0^A + v^C X_0^C - \mu^A Y_0^A - \mu^C Y_0^C = 1 \quad (21)$$

$$v^A \bar{X}^A + v^C \bar{X}^C - \mu^A \bar{Y}^A - \mu^B \bar{Y}^B - \mu^C \bar{Y}^C \geq 0 \quad (22)$$

$$\mu^B Y_0^B = 1 \quad (23)$$

$$v^A, v^C, \mu^A, \mu^B, \mu^C \geq 0 \quad (24)$$

- iii. CRS teknolojisinde X_0^A ve Y_0^A vektörlerinin oransal marjinal artışı (diğer durum olarak da azalışı) mümkün değil ise, o halde RHE modelinin (diğer durum olarak da LHE modelinin) amaç fonksiyonu sınırsızdır.

Yukarıdaki bilgiler ışığında, RHE modeli ve LHE modeli tüm KVB'ler için çözülür ve etkin bulunup bulunmadığına bakılmaksızın her bir (X_0, Y_0) birimi için ortaya çıkabilecek olası sonuçlar (optimal, sınırsız ve olumsuz) aşağıdaki gibi yorumlanır (Atıcı ve Podinovski, 2012: 264).

Durum 1. RHE modeli sonlu bir optimal çözüme sahipse, RHE modelinin optimal değeri birimin sağ taraf elastikliğini temsil etmektedir. Benzer şekilde, LHE modeli sonlu bir optimal çözüme sahipse, LHE modelinin optimal değeri birimin sol taraf elastikliğini temsil etmektedir. Durum 1'de seçmeli radyal etkinlik varsayımı sağlanmaktadır.

⁸ RHE ve LHE modeli karşılaştırıldığında, sağ ve sol taraf elastikliğinin mevcut olması koşuluyla her zaman $\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) \leq \varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0)$ olacağına dikkat edilmelidir.

Durum 2. RHE modeli sınırsız bir optimal çözüme sahipse, birimin sağ taraf elastikliği tanımsızdır. Benzer şekilde, LHE modeli sınırsız bir optimal çözüme sahipse, birimin sol taraf elastikliği tanımsızdır. Durum 2’de de seçmeli radyal etkinlik varsayımı sağlanmakta, ancak ilgili yöndeki marjinal hareket teknoloji sınırının dışına çıkılmasına neden olmaktadır.

Durum 3. RHE modeli ve dolayısıyla LHE modeli olursuzsa⁹, elastiklikler ilgili birimde tanımlanamamaktadır. Durum 3’te seçmeli radyal etkinlik varsayımı sağlanmamaktadır.

3.2.2. VZA’da Elastiklik ve RTS İlişkisi

Daha önce ifade edildiği üzere, VZA literatüründe birimlerin sergilediği RTS’nin büyüklüğünün/derecesinin ölçülmesi yerine türünün belirlenmesi yani RTS’nin nitel karakterizasyonu yaygındır. Buna göre, tüm girdilerde oransal bir artış yapıldığında çıktılardaki artış girdilerdeki artış oranından fazla ise ölçeğe göre artan getiri (increasing returns to scale – IRS), çıktılardaki artış girdilerdeki artış oranından az ise ölçeğe göre azalan getiri (decreasing returns to scale – DRS), çıktılardaki artış girdilerdeki artış oranıyla aynı ise ölçeğe göre sabit getiri (constant returns to scale – CRS) söz konusudur.

Parçalı elastiklik analizi konseptinde ise ölçek elastikliğinin hesaplanması yoluyla RTS karakterizasyonu yapılabilmekte, elde edilen elastiklik skorları karşılık gelen RTS sınıflarıyla ilişkilendirilebilmektedir. Nicel verilerin nitel verilere dönüştürüldüğü bu işlem sayesinde nicel bulgulara yorumsal zenginlik katılmakta, nicel bileşenler okuyucu/uygulayıcı açısından daha anlaşılır bir hale dönüştürülmekte ve böylece birimlerin olası değişimler karşısında verecekleri yanıtlar için pratik uygulamalara gidilebilmektedir. Ayrıca, Podinovski ve diğerlerinin (2016) herhangi bir çokyüzlü (polyhedral) teknolojiye RTS karakterizasyonu için sunduğu yaklaşıma göre *A* ve *B* alt setleri için farklı senaryolar kurgulayarak “kısmi RTS” türleri tanımlamak da mümkün olmaktadır ki etkinlik ve elastiklik ölçümünde CRS varsayımının kullanıldığı bu çalışmada RTS karakterizasyonu ile amaçlanan da tam olarak budur.

Bu doğrultuda, her bir (X_0, Y_0) biriminin sergilediği RTS türü, elde edilen sağ ve sol taraf elastiklik skorları kullanılarak aşağıdaki şekilde belirlenmektedir¹⁰:

- Eğer $1 < \varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) \leq \varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0)$ ise birim (X_0, Y_0) IRS,
- Eğer $\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) \leq \varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0) < 1$ ise birim (X_0, Y_0) DRS,
- Eğer $\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) \leq 1 \leq \varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0)$ ise birim (X_0, Y_0) CRS sergilemektedir.

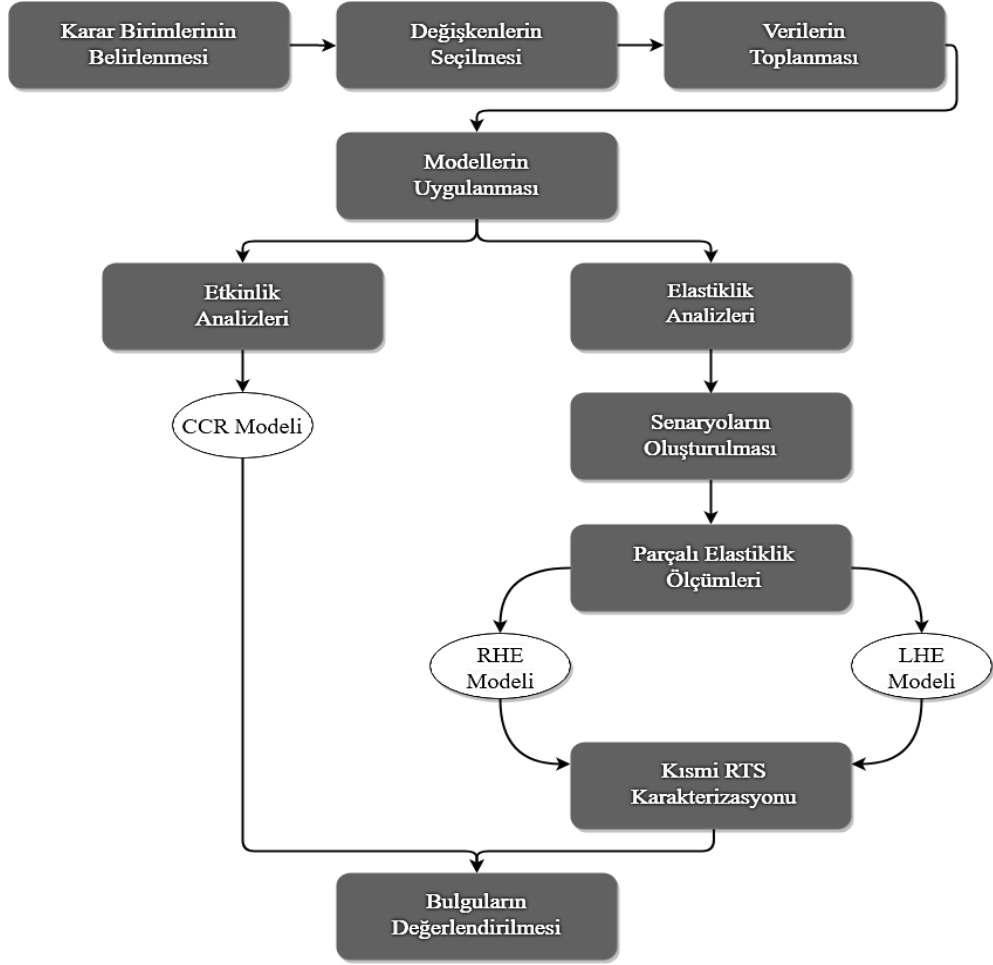
4. MODEL TASARIMI

Bu çalışmada, VZA ve VZA tabanlı yöntemler kullanılarak OECD üyesi 37 ülkenin tarımsal etkinliğini değerlendirmek ve parçalı elastiklik ölçümlerini gerçekleştirmek amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, öncelikle standart VZA yaklaşımıyla ülkelerin etkinlik skorları hesaplanmakta, ardından oluşturulan senaryolar özelinde birimlerin elastiklikleri ölçülmekte ve kısmi RTS karakterizasyonları belirlenmektedir. Analizin akış şeması ve kullanılan modeller¹¹ Şekil 1’de sunulmuştur. Analiz, eksik verilerin bulunmadığı en son yıl olan 2019 yılını kapsamakta olup, ilgili yılda OECD’ye üye olan ülkelerin tamamı analize dahil edilmiştir. Ayrıca literatür taraması bölümünden görüldüğü üzere, OECD ülkelerinin incelendiği daha önceki tarımsal etkinlik/verimlilik çalışmalarının bulguları genel olarak 1966-2014 dönemine ait olduğundan, bu çalışma güncelliğiyle önceki çalışmaları tamamlayıcı niteliktedir.

⁹ RHE ve LHE modeli aynı çözüm uzayına sahiptir ve birinin olurluluğu diğerinin de olurluluğunu işaret etmektedir.

¹⁰ RHE modelinin optimal değeri sınırsız bulunur ise $\varepsilon_{A,B}^+(X_0, Y_0) = -\infty$, LHE modelinin optimal değeri sınırsız bulunur ise $\varepsilon_{A,B}^-(X_0, Y_0) = +\infty$ olarak kabul edilmektedir.

¹¹ Analizlerde kullanılan tüm modeller Python programlama dilinde kodlanmış ve Gurobi çözücü ile çözülmüştür.



Şekil 1. Analizin tasarımı ve akış şeması

4.1. Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Veriler, FAO'nun veri tabanı FAOSTAT¹², Uluslararası Çalışma Örgütü'nün veri tabanı ILOSTAT¹³ ve Uluslararası Gübre Birliği'nin veri tabanı IFASTAT¹⁴ kullanılarak derlenmiştir. Özellikle makro düzeydeki tüm tarımsal verilere ulaşmak mümkün olmadığından, analiz için ülkeler arası tarımsal performans ölçümü çalışmalarının çoğunda kullanılan toplam yedi değişken belirlenmiştir. Bu bağlamda, çalışmada beş girdi ve iki çıktı ele alınmaktadır. Kullanılan değişkenlere ait bilgiler Tablo 2'de özetlenmiştir.

¹² <https://www.fao.org/faostat/en/#data>

¹³ <https://ilostat.ilo.org/data/>

¹⁴ <https://www.ifastat.org/databases>

Tablo 2. Değişkenlere ilişkin bilgiler

<i>Girdiler</i>	<i>Ölçü Birimi</i>	<i>Veri Tabanı</i>
<i>Tarım arazisi</i> , mahsul ekimi ve hayvancılık için kullanılan arazi şeklinde tanımlanmaktadır. Ekilebilir arazi, daimî çayır ve mera arazisi ve dikili mahsullerin arazisi olmak üzere üç kalemin toplam alanından oluşmaktadır.	Hektar	FAOSTAT
<i>Tarımsal iş gücü</i> , tarımsal üretimdeki toplam iş gücünü ifade etmektedir.	Kişi	ILOSTAT
<i>Çiftlik hayvanı</i> , toplam altı kategorideki on iki adet hayvan türüne ait sayıların ağırlıklı toplamını göstermektedir. Bu işlemde, literatürü takiben, Hayami ve Ruttan'ın (1970) önerdiği katsayılar kullanılarak (deve için 1,1; manda, at ve katır için 1,0; sığır ve eşek için 0,8; domuz için 0,2; koyun ve keçi için 0,1; kümes hayvanları (ördek, tavuk ve hindi) için 0,01) hayvan sayıları tek bir birim (koyun denkliği) üzerinden toplulaştırılmaktadır.	Koyun denkliği	FAOSTAT
<i>Gübre kullanımı</i> , azotlu (N), fosforlu (P ₂ O ₅) ve potasyumlu (K ₂ O) gübre tüketimlerinin toplamı şeklindedir.	Ton	IFASTAT
<i>Sermaye stoku</i> , gayrisafi sabit sermaye oluşumu değeri olarak alınmıştır ve bu değer tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörüne bir yıl içinde yapılan fiziki yatırımları ifade etmektedir. Aslında literatürdeki genel eğilim, fiziki sermayenin temsili değişkenlerinden biri olarak traktör sayısını kullanmaktır. Ancak 2009 yılından sonra FAOSTAT veri tabanında traktör sayısı değişkenine ilişkin veri bulunmamaktadır. Bu nedenle, 2009 yılı sonrası dönemini kapsayan çalışmalarda fiziki sermayenin temsili değişkeni olarak sermaye stoku değişkeninin kullanıldığı görülmektedir (bkz. Le ve diğerleri, 2019; Hajihassaniasl, 2020; Streimikis ve diğerleri, 2021).	US\$ (2015 temel yılı sabit fiyatlarıyla)	FAOSTAT
Çıktılar		
<i>Bitkisel üretim değeri ve hayvansal üretim değeri</i> , FAOSTAT'ın tarımsal üretim değerine ilişkin ölçümlerinden elde edilmiştir. Bitkisel üretim değeri serisi yem bitkileri dışındaki tüm mahsulleri (tahıllar, sebzeler, meyveler ve diğer bitkisel ürünler) içerirken, hayvansal üretim değeri serisi tüm kaynaklardan gelen et ve süt ile yumurta, bal, yün, post vb. ürünleri içermektedir. İlgili fiyat serileri, içerdikleri her bir ürünün üretim miktarlarıyla bir baz dönemin ortalama fiyatlarının (FAOSTAT veri tabanında halihazırda 2014-2016 fiyatları kullanılmaktadır) çarpılmasıyla elde edilen toplam değere karşılık gelmektedir. Söz konusu ölçü, Geary-Khamis yöntemi kullanılarak türetilen ve uluslararası dolar (\$) adı verilen ortak bir para biriminde ifade edilebilmektedir. Fiyat serilerinin bu şekilde standartlaştırılması, yerel para biriminin yeniden değerlemesinin etkisinden kaçınmak ve ülkeler arası karşılaştırmaları kolaylaştırmak için oldukça avantajlıdır.	İ\$ (brüt üretim değeri, 2014-2016 sabit fiyatlarıyla)	FAOSTAT

VZA'da girdilerin ve çıktıların arasında izotoniklik özelliğinin bulunması analizin güvenilirliği için önemlidir. Bu özellik, diğer faktörler sabit kalmak şartıyla, herhangi bir girdideki artışın herhangi bir çıktıda azalışa neden olmaması, bunun yerine çıktı artışıyla sonuçlanması gerektiği anlamına gelmektedir. Tablo 3'te yer alan pozitif Pearson korelasyon katsayıları, girdi-çıkıtı değişkenleri arasında izotoniklik koşulunun sağlandığını işaret etmektedir.

Tablo 3. Değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

<i>Değişkenler</i>	<i>Tarım Arazisi</i>	<i>Tarımsal İş Gücü</i>	<i>Çiftlik Hayvanı</i>	<i>Gübre Kullanımı</i>	<i>Sermaye Stoku</i>	<i>Bitkisel Üretim Değeri</i>	<i>Hayvansal Üretim Değeri</i>
Tarım Arazisi	1	0,293	0,828	0,787	0,729	0,748	0,780
Tarımsal İş Gücü	0,293	1	0,561	0,314	0,301	0,445	0,383
Çiftlik Hayvanı	0,828	0,561	1	0,931	0,880	0,945	0,960
Gübre Kullanımı	0,787	0,314	0,931	1	0,945	0,977	0,980
Sermaye Stoku	0,729	0,301	0,880	0,945	1	0,950	0,962
Bitkisel Üretim Değeri	0,748	0,445	0,945	0,977	0,950	1	0,976
Hayvansal Üretim Değeri	0,780	0,383	0,960	0,980	0,962	0,976	1

4.2. Parçalı Elastiklik Senaryolarının Oluşturulması

Parçalı elastiklik ölçümlerinin yapılabilmesi için tüm değişkenlerin değişen (*A*), değişime yanıt veren (*B*) ve sabit tutulan (*C*) setlere bölüştürülerek, farklı girdi-çıktı kombinasyonları ile senaryoların tasarlanması gerekmektedir. Daha önce de ifade edildiği üzere, bu çalışmada değişime yanıt veren setin sadece çıktı değişkenlerini içerebildiği elastiklik analizi modelleri kullanılmakta olup ilgili ölçümler CRS varsayımı altında gerçekleştirilmektedir.

Tablo 4. Elastiklik ölçümleri için tasarlanan senaryolar

Senaryolar	Girdiler					Çıktılar	
	Tarım Arazisi	Tarımsal İş Gücü	Çiftlik Hayvanı	Gübre Kullanımı	Sermaye Stoku	Bitkisel Üretim Değeri	Hayvansal Üretim Değeri
Senaryo 1	A	C	C	C	C	B	C
Senaryo 2	C	C	A	C	C	C	B
Senaryo 3	C	C	C	A	C	B	C
Senaryo 4	A	C	C	C	C	B	B
Senaryo 5	C	A	C	C	C	B	B
Senaryo 6	C	C	C	C	A	B	B

CRS teknolojisinde girdi-çıktı değişkenleri arasında tam oransallık olduğu varsayıldığından ve değişen setin bütün girdileri, değişime yanıt veren setin ise bütün çıktıları içerdiği ölçek elastikliği hesaplamaları her bir birim için 1'e eşit bulunacağından, çıktı setlerinde ölçek elastikliği senaryosu bu başlık altında oluşturulan senaryolara dahil edilmemiştir. Öte yandan, marjinal değişimin gerçekleşeceği varsayılan setteki değişken sayısı arttıkça daha fazla üretim faktöründe değişim yaşanması gerekmekte, bu da değişimin gerçekleşmesi için gereken sürecin uzaması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, ölçek elastikliği senaryosu da dahil olmak üzere bu şekilde kurgulanan senaryolar için yapılan çıkarımların geniş bir zaman dilimi için gerçekçi olduğu söylenebilir. Bu çalışmada ise hem kısa vadede gerçekleşebilecek değişimler karşısında birimlerin hassasiyetine ilişkin çözümlenmeler sunması hem pratik uygulamalarda yol gösterici olması hem de yorumlama kolaylığı sağlaması açısından uzun vadeli senaryolar tasarlamak yerine marjinal değişimin yaşanacağı varsayılan sette sadece bir adet değişkenin bulunduğu kısa vadeli senaryoların kurgulanması yoluna gidilmiştir. Bu bilgiler ışığında hazırlanan altı farklı senaryoya ilişkin detaylar Tablo 4'te sunulmuştur.

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Etkinlik Analizi

CCR modeli kullanılarak ulaşılan, toplam 37 ülke özelindeki tarımsal teknik etkinlik skorları Tablo 5'te verilmiştir. Ülkelerin 2019 yılı ortalama genel etkinlik skoru 0,87'dir. Bu bulgu, OECD ülkelerinin tarımsal etkinliğinde %13'lük bir potansiyel artış yapılabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, ülkelerin tarımsal teknik etkinlik skorlarının 0,43 ile 1,00 arasında değiştiği ve 37 ülkeden 16'sının görece olarak etkin bir şekilde performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 5. Ülkeler özelinde tarımsal etkinlik skorları

Ülke Adı	Etkinlik Skoru	Ülke Adı	Etkinlik Skoru	Ülke Adı	Etkinlik Skoru
ABD	0,94	İrlanda	0,96	Macaristan	1,00
Almanya	0,86	İspanya	1,00	Meksika	1,00
Avustralya	0,67	İsrail	1,00	Norveç	0,58
Avusturya	0,81	İsveç	0,82	Polonya	1,00
Belçika	1,00	İsviçre	0,74	Portekiz	1,00
Birleşik Krallık	0,68	İtalya	1,00	Slovakya	0,66
Çekya	0,69	İzlanda	0,43	Slovenya	0,53
Danimarka	0,93	Japonya	0,94	Şili	1,00
Estonya	0,77	Kanada	1,00	Türkiye	0,99
Finlandiya	0,85	Kolombiya	1,00	Yeni Zelanda	1,00
Fransa	0,89	Letonya	0,76	Yunanistan	1,00
Güney Kore	1,00	Litvanya	0,75	Ortalama	0,87
Hollanda	1,00	Lüksemburg	1,00		

Etkinlik skoru 1,00'a eşit olan ülkeler Belçika, Güney Kore, Hollanda, İspanya, İsrail, İtalya, Kanada, Kolombiya, Lüksemburg, Macaristan, Meksika, Polonya, Portekiz, Şili, Yeni Zelanda ve Yunanistan'dır. Birleşmiş Milletler'in (2019: 169-170) gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler sınıflandırmasına göre OECD ülkeleri içinde bulunan 6 adet gelişmekte olan ülkeden (Güney Kore, İsrail, Kolombiya, Meksika, Şili ve Türkiye) Türkiye hariç tamamının etkin bir şekilde faaliyet gösterdiği de dikkat çeken bulgular arasındadır.

Geride kalan 21 ülke ise görece olarak daha düşük tarımsal performans sergileyerek, etkinlik sınırında yer alamayan ülkelere karşılık gelmektedir. Söz konusu ülkelere 0,43 etkinlik skoruyla İzlanda en düşük etkinlik seviyesindedir. OECD ülkeleri içerisinde en büyük tarımsal desteği alan ülkelere birisi olmasına (OECD, 2020: 257) ve tarım sektöründe en son teknolojinin kullanılmasına karşın (T.C. Ticaret Bakanlığı, t.y.: 4) coğrafi konumu ve zorlu iklim şartları nedeniyle topraklarının büyük bir kısmının tarıma elverişsiz olması, İzlanda için ulaşılan bu bulguyu destekler niteliktedir. OECD'ye üye ülkeler arasında gelişmekte olan ekonomiler kategorisinde yer alan Türkiye'nin ise etkin bulunmasında da 0,99 etkinlik skoruyla etkinlik sınırına oldukça yakın olduğu söylenebilir.

Tablo 5'teki teknik etkinlik skorlarından yararlanılarak oluşturulan Tablo 6'da ise analiz kapsamındaki ülkelerin Birleşmiş Milletler (2019: 169-170) M49 sınıflandırmasına göre yer aldığı 9 adet bölgeye ait ortalama etkinlik skorları sunulmuştur. Buna göre, Latin Amerika en yüksek ortalama etkinlik skoruna sahipken, Kuzey Avrupa ortalama etkinlikte en son sıradadır. Latin Amerika'nın ilk sırada yer almasında bölgede iklim çeşitliliğinin avantajlarının yaşanmasının, buna bağlı olarak da tarımsal ürün yelpazesinin geniş olmasının etkisi kuvvetle muhtemeldir. Tam tersi şekilde, Kuzey Avrupa bölgesinin en düşük ortalama etkinlik skoruna sahip olması, bu bölgedeki ülkelerin büyük bir bölümünün coğrafi konumları nedeniyle sert iklim koşullarına maruz kalmaları ve dolayısıyla toprak özellikleri ve hayvancılık açısından çeşitli zorluklar yaşamalarıyla ilişkilendirilebilir. Avrupa kıtası için ortalama tarımsal etkinlik skorlarının ise en yüksekten en düşüğe doğru Güney Avrupa (0,907), Batı Avrupa (0,902), Doğu Avrupa (0,836) ve Kuzey Avrupa (0,752) olarak sıralandığı görülmektedir.

Tablo 6. Bölgesel tarımsal etkinlik skorları

<i>M49 Sınıflandırmasına Göre Bölge Adı</i>	<i>Etkinlik Skoru Ortalaması</i>
Latin Amerika	1,000
Batı Asya	0,995
Kuzey Amerika	0,968
Doğu Asya	0,968
Güney Avrupa	0,907
Batı Avrupa	0,902
Doğu Avrupa	0,836
Okyanusya	0,835
Kuzey Avrupa	0,752

5.2. Elastiklik Analizi Bulguları

Etkinlik analizinin ardından, karar birimleri tasarlanan her bir senaryo özelinde parçalı elastiklik ölçümlerine tabi tutulmuştur. Etkinlik analizi sonucunda 37 OECD ülkesi arasından etkin bir şekilde faaliyet gösteremediği belirlenen 21 ülkenin, elastiklik analizinde kurgulanan tüm senaryolar için RHE modeli ve LHE modeli sonuçları olumsuz çıkmıştır. Bu durum, zaten radyal olarak etkin bulunmayan ilgili ülkelerin belirlenen senaryolar özelinde seçmeli radyal etkinlik varsayımını da sağlayamadıklarını, diğer bir ifadeyle, çıktı vektörü Y_0^B 'nin mümkün olan maksimum miktarını üretmediklerini göstermektedir. Bu nedenle, elastiklik analiziyle ilgili elde edilen bulgular seçmeli radyal etkinlik varsayımını sağlayan 16 ülke özelinde değerlendirilmiştir.

RHE skoru, değişen setteki girdi ve/veya çıktıların oransal marjinal artışına karşılık değişime yanıt veren setteki çıktıların yanıtını; LHE skoru ise değişen setteki girdi ve/veya çıktıların oransal marjinal azalışına karşılık değişime yanıt veren setteki çıktıların yanıtını göstermek üzere her bir senaryo için saptanan en yüksek RHE ve LHE skorları ile bu skorlara karşılık gelen birimler Tablo 7'de verilmiştir. Elastiklik skoru arttıkça ilgili birimin olası değişimlere karşı duyarlılığı artarken, azaldıkça ilgili birimin olası değişimlere karşı duyarlılığı da azalmaktadır.

Değişen sette tarım arazisi değişkeninin ve değişime yanıt veren sette bitkisel üretim değeri değişkeninin yer aldığı senaryo 1 kapsamında değişime en duyarlı olan birimlerin Polonya ve Güney Kore olduğu belirlenmiştir. Diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, RHE skoru tarım arazisi değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Polonya'nın bitkisel üretim değerinde %0,33'lük bir artış sağlayacağını, LHE

skoru ise tarım arazisi değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın Güney Kore'nin bitkisel üretim değerinde %1,8'lik bir azalışa neden olacağını ifade etmektedir.

Tablo 7. Senaryo bazında sağ ve sol taraf elastiklik skorları en yüksek olan birimler

Senaryolar	Sağ Taraf Elastikliği		Sol Taraf Elastikliği	
	Karar Birimi	RHE	Karar Birimi	LHE
Senaryo 1	Polonya	0,33	Güney Kore	1,80
Senaryo 2	Yunanistan	2,00	Yeni Zelanda	0,70
Senaryo 3	Kolombiya	1,63	Portekiz	1,27
Senaryo 4	Güney Kore	0,15	Güney Kore, Hollanda	1,00
Senaryo 5	Lüksemburg	0,99	Belçika, Kanada, Lüksemburg	1,00
Senaryo 6	Polonya	0,63	Meksika	1,00

Bulguların daha iyi anlaşılması amacıyla, Senaryo 1 için elde edilen elastiklik skorlarının değişime yanıt veren değişkenlerde nasıl bir etki yaratacağı Polonya ve Güney Kore örneği üzerinden Tablo 8'de sunulmuştur. Buna göre, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla Polonya'nın mevcut durumda 14.523.000 hektar olan tarım arazisinde yapılacak %1'lik bir artışın (145.230 hektar) bitkisel üretimde 49.185.536 İŞ'lık (%0,33'lük) bir artışa karşılık gelmesi beklenir. Benzer şekilde, Güney Kore'nin 1.637.000 hektar olan tarım arazisinde yapılacak %1'lik bir azalış (16.370 hektar), bitkisel üretim değerinde 138.666.528 İŞ'lık (%1,80'lik) bir azalışa tekabül etmesini anlatmaktadır.

Tablo 8. Senaryo 1 kapsamında Polonya ve Güney Kore'nin A ve B Alt setlerindeki değişim

Ülke	Tarım Arazisi (hektar)	Bitkisel Üretim (İŞ)
Polonya (mevcut durum)	14.523.000	14.904.708.000
Polonya (marjinal değişimli durum)	14.668.230	14.953.893.536
Artış Miktarı	145.230	49.185.536
Güney Kore (mevcut durum)	1.637.000	7.703.696.000
Güney Kore (marjinal değişimli durum)	1.620.630	7.565.029.472
Azalış Miktarı	-16.370	-138.666.528

Tekrar Tablo 7'deki bulgulara dönülürse, çiftlik hayvanı sayısındaki değişime hayvansal üretim değerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 2 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, çiftlik hayvanı sayısı değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Yunanistan'ın hayvansal üretim değerinde %2'lik bir artış sağlayacağı, çiftlik hayvanı sayısı değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın ise Yeni Zelanda'nın hayvansal üretim değerinde %0,7'lik bir azalışa neden olacağı tespit edilmiştir. Tarımsal ürünlerdeki ithalatının büyük bir bölümü et, mandıra ve deniz ürünlerinden oluşan Yunanistan için (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2022: 14) çiftlik hayvanı sayısında yapılacak %1'lik artışa karşılık iki katı getiri sağlanabilmesine yönelik bu bulgunun, ülkenin hayvansal ürün ithalatını azaltması noktasında değerlendirilmesi gereken bir fırsat olduğu düşünülmektedir.

Gübre kullanımındaki değişime bitkisel üretim değerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 3 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, gübre kullanımı değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Kolombiya'nın bitkisel üretim değerinde %1,63'lük bir artış sağlayacağı, gübre kullanımı değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın ise Portekiz'in bitkisel üretim değerinde %1,27'lik bir azalışa neden olacağı saptanmıştır. Kolombiya'nın gübre kullanımı değişkenindeki marjinal değişikliğe karşılık bitkisel üretim değeri değişkenindeki hassasiyetinin fazla olması, gelişmiş ülkelere kıyasla düşük seviyelerdeki gübre kullanım miktarıyla ilişkili olabilir. Zira, 2019 verilerine göre OECD ülkeleri içerisinde tarım arazisi açısından Kolombiya'ya en yakın tarım arazisine sahip olan Kanada, Kolombiya'nın yaklaşık altı katı kadar gübre kullanmaktadır.

Tarım arazisindeki değişime bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 4 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, tarım arazisi değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Güney Kore'nin bitkisel ve hayvansal üretim değerinde %0,15'lik bir artış sağlayacağı, tarım arazisi değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın ise hem Güney Kore hem de Hollanda'nın bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinde %1'lik bir azalışa neden olacağı belirlenmiştir. Tarım arazisindeki değişime sadece bitkisel üretim değerinin hassasiyetinin ölçüldüğü senaryo 1'de %1,8 değeriyle en yüksek LHE skoruna sahip olan Güney Kore, tarım arazisindeki değişime bitkisel ve hayvansal üretim değerinin hassasiyetinin ölçüldüğü senaryo 4'te en yüksek LHE skorunu Hollanda ile paylaşmaktadır. Buna göre, Güney Kore'nin tarım arazisi değişkeninde bir azalış söz konusuysa, diğer tüm değişkenlerin sabit kalması şartıyla; (i) senaryo 1'deki gibi tarım arazisinde %1'lik azalışa gidildiğinde bitkisel üretim değerinde %1,8'lik

azalış kaydedilmesi veya (ii) senaryo 4'teki gibi tarım arazisinde %1'lik azalışa gidildiğinde bitkisel ve hayvansal üretim değerinde ayrı ayrı %1'lik azalışlar kaydedilmesi opsiyonları arasında bir tercih yapılarak, politika geliştirilmesi faydalı olacaktır.

Tarımsal iş gücündeki değişime bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 5 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, Lüksemburg en yüksek RHE ve LHE skoruna sahipken, Lüksemburg'un yanı sıra Belçika ve Kanada'nın da LHE skorunun en yüksek seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Dünya Bankası'nın (2022b) 2019 yılı verilerine göre Lüksemburg, Belçika ve Kanada'nın aktif nüfusunun yalnızca küçük bir yüzdesinin (sırasıyla %0,68, %0,92 ve %1,51) tarımla uğraşması ve tarımsal istihdamlarının OECD ülkeleri ortalamasının (%4,8) altında kalması, tarımsal iş gücündeki değişime karşı ilgili ülkelerin bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinin duyarlılığını açıklar niteliktedir.

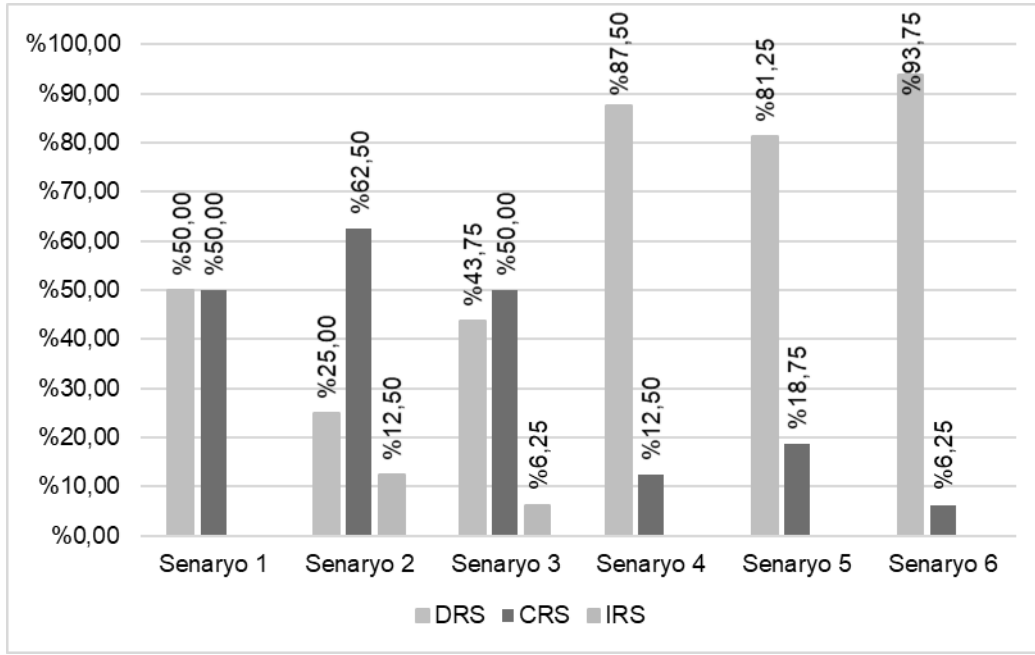
Son olarak, sermaye stokundaki değişime bitkisel ve hayvansal üretim değerlerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryo 6 kapsamında, diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla, sermaye stoku değişkeninde yapılacak %1'lik bir artışın Polonya'nın bitkisel ve hayvansal üretim değerinde %0,63'lük bir artış sağlayacağı, sermaye stoku değişkeninde yapılacak %1'lik bir azalışın ise Meksika'nın bitkisel ve hayvansal üretim değerinde %1'lik bir azalışa neden olacağı tespit edilmiştir. Polonya'nın sağ taraf elastikliği bakımından %0,33 değeriyle senaryo 1'e kıyasla %0,63 değeriyle senaryo 6'da daha yüksek bir skora sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu nedenle, oransal marjinal bir değişim kapsamında, Polonya için senaryo 1'deki gibi tarım arazisinde artış sağlayacak uygulamalara (ormansızlaşma, tarım arazisi dönüştürme vb.) gidilmesi yerine senaryo 2'deki gibi sermaye stokuna yatırım yapılmasının hem çevresel açıdan daha zararsız olacağı hem de ülkenin tarımsal üretimine daha fazla katkı sağlayacağı ifade edilebilir. Ancak her iki durumda da değişime yanıt veren setteki artışın değişen setteki artışa kıyasla azalan oranda gerçekleşeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Elde edilen elastiklik skorlarına göre belirlenen, kurgulanmış her bir senaryo için birimlerin sergiledikleri kısmi RTS türleri Tablo 9'da, RTS türlerinin yüzdeleri ise Şekil 2'de özetlenmiştir. İlgili bulgulara göre, *C* setindeki değişkenlerin sabit kalması şartıyla *A* setinde yapılacak marjinal bir artışın;

- Senaryo 1 için ülkelerin %50'sinin *B* setinde daha az oranda ve %50'sinin *B* setinde aynı oranda bir artışa,
- Senaryo 2 için ülkelerin %25'inin *B* setinde daha az oranda, %62,5'inin *B* setinde aynı oranda ve %12,5'inin *B* setinde daha fazla oranda bir artışa,
- Senaryo 3 için ülkelerin %43,75'inin *B* setinde daha az oranda, %50'sinin *B* setinde aynı oranda ve %6,25'inin *B* setinde daha fazla oranda bir artışa,
- Senaryo 4 için ülkelerin %87,5'inin *B* setinde daha az oranda ve %12,5'inin *B* setinde aynı oranda bir artışa,
- Senaryo 5 için ülkelerin %81,25'inin *B* setinde daha az oranda ve %18,75'inin *B* setinde aynı oranda bir artışa,
- Senaryo 6 için ülkelerin %93,75'inin *B* setinde daha az oranda ve %6,25'inin *B* setinde aynı oranda bir artışa neden olacağı söylenebilir.

Tablo 9. Senaryo bazında RTS karakterizasyonu

Ülkeler	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Belçika	CRS	CRS	CRS	DRS	CRS	DRS
Güney Kore	CRS	CRS	DRS	CRS	DRS	DRS
Hollanda	CRS	CRS	CRS	CRS	DRS	DRS
İspanya	DRS	CRS	DRS	DRS	DRS	DRS
İsrail	CRS	CRS	CRS	DRS	DRS	DRS
İtalya	DRS	CRS	CRS	DRS	DRS	DRS
Kanada	DRS	CRS	DRS	DRS	CRS	DRS
Kolombiya	CRS	DRS	IRS	DRS	DRS	DRS
Lüksemburg	CRS	DRS	CRS	DRS	CRS	DRS
Macaristan	DRS	CRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Meksika	CRS	CRS	CRS	DRS	DRS	CRS
Polonya	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Portekiz	DRS	CRS	CRS	DRS	DRS	DRS
Şili	DRS	IRS	DRS	DRS	DRS	DRS
Yeni Zelanda	CRS	DRS	CRS	DRS	DRS	DRS
Yunanistan	DRS	IRS	DRS	DRS	DRS	DRS



Şekil 2. Senaryo bazında RTS yüzdeleri

Ayrıca, Tablo 9 ve Şekil 2'den ülkelerin büyük bir kısmının tarımsal üretimde DRS karakteristiği sergilediği, buna karşılık IRS karakteristiği sergileyen ülke sayısının oldukça az olduğu görülmektedir. Senaryo 1'de birimler eşit oranda DRS ve CRS karakteristiği sergilerken, senaryo 2 ve 3'te diğer senaryolara kıyasla CRS payının; senaryo 4, 5 ve 6'da ise açık ara DRS payının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Senaryo 1, 4, 5 ve 6'da IRS karakteristiği sergileyen ülke bulunmadığı için ilgili senaryolar özelinde tarımsal çıktılarda büyüme sağlanamayacağı, öte yandan senaryo 2'de IRS karakteristiği sergileyen Şili ile Yunanistan'ın ve senaryo 3'te IRS karakteristiği sergileyen Kolombiya'nın ilgili senaryolar özelinde tarımsal çıktılarında büyüme sağlayabilmesinin mümkün olduğu kaydedilmiştir.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, öncelikle standart Veri Zarflama Analizi (VZA) yaklaşımı kullanılarak OECD üyesi ülkelerin 2019 yılı tarımsal etkinliği ölçülmektedir. Etkinlik analizini takiben, girdi-çıktı değişkenlerinin alt setlerindeki duyarlılığın incelendiği ve dolayısıyla VZA'nın duyarlılık analizi olarak nitelendirilen parçalı elastiklik ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Parçalı elastiklik analizlerinde, girdi ve çıktı değişkenlerinin alt setlere ayrıştırıldığı altı farklı senaryo için karar birimleri elastiklik ölçümlerine tabi tutulmakta ve her bir senaryo özelinde en yüksek sağ ve sol taraf elastiklik skorlarına sahip olduğu belirlenen ülkeler üzerinden değerlendirmelerde bulunmaktadır. Son olarak, elde edilen elastiklik skorları, karşılık gelen ölçeğe göre getiri (RTS) sınıflarıyla ilişkilendirilmekte ve senaryo bazında ülkelerin kısmi RTS karakterizasyonları ortaya konulmaktadır.

Etkinlik analizi bulgularına göre 37 OECD ülkesinden 16'sının yani yaklaşık olarak %43'ünün etkin bir şekilde faaliyet gösterdiği ve ülkelerin ortalama tarımsal etkinliğinin 0,87 seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, OECD'ye üye ülkeler arasında gelişmekte olan ekonomiler kategorisindeki ülkelere Türkiye hariç tamamı görece olarak etkin bulunmuş, Türkiye'nin de etkinlik sınırına oldukça yakın bir şekilde faaliyet gösterdiği saptanmıştır.

Elastiklik analizi bulgularına göre ise tarımsal üretimde ülkelerin büyük oranda ölçeğe göre azalan getiri karakteristiği sergilediği ve bu oranı ölçeğe göre sabit getiri karakteristiği sergileyen ülkelerin takip ettiği tespit edilmiştir. Ölçeğe göre artan getiri karakteristiği sergileyen ülkelerin ise oldukça az sayıda olduğu belirlenmiş, artan getiriye sadece çiftlik hayvanı sayısındaki değişime hayvansal üretim değerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryoda ve gübre kullanımındaki değişime bitkisel üretim değerinin yanıtının elastikliğinin ölçüldüğü senaryoda rastlanmıştır. Elastiklik analizleri kapsamında, marjinal değişimin yaşanacağı varsayılan sette yalnızca tek bir faktörü değiştirmeye odaklanıldığı, dolayısıyla da çoklu faktör değişikliğine kıyasla daha basit ve kısa soluklu değişiklikler gerektiren senaryoların tasarlandığı göz önünde bulundurularak, seçmeli radyal etkinlik varsayımını sağlayan OECD ülkelerinin büyük bir bölümü için tarım sektöründe kısa vadede büyümeye gidilemeyeceği, ilgili senaryolar özelindeki üretim faktörlerinde yaşanabilecek marjinal artışlar karşısında tarımsal çıktılarının çoğunlukla azalan veya sabit oranda artış eğiliminde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada tarımın çevresel boyutundan ziyade üretim boyutuna odaklanılmaktadır. Tarımsal etkinlik ve elastiklik ölçümünde çevresel faktörlerin (örneğin, istenmeyen yapıdaki sera gazı emisyonları) de dikkate alındığı gelecek çalışmalar yürütülebilir. Bir başka gelecek araştırma konusu olarak ise bu çalışmada tasarlanan benzer senaryolar üzerinden Stokastik Sınır Analizi gibi parametrik yöntemlerle elastiklik bulgularının elde edileceği ve sonrasında VZA bulgularıyla kıyaslanacağı metodolojik karşılaştırma odaklı yaklaşımlar önerilebilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Ceren Dirik: Literatür taraması, Kavramsallaştırma, Metodoloji, Modelleme, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak *Serap Şahin*: Metodoloji, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme *Kazım Barış Atıcı*: Metodoloji, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme
Ceren Dirik: Literature review, Conceptualization, Methodology, Modelling, Data Curation, Analysis, Writing-original draft *Serap Şahin*: Methodology, Modelling, Writing-review and editing *Kazım Barış Atıcı*: Methodology, 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 Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Antle, J.M. (1983). "Infrastructure and Aggregate Agricultural Productivity: International Evidence", *Economic Development and Cultural Change*, 31(3), 609-619.
- Arrow, K.J., Chenery, H.B., Minhas, B.S. ve Solow, R.M. (1961). "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency", *The Review of Economics and Statistics*, 43(3), 225-250.
- Atıcı, K.B. ve Podinovski, V.V. (2012). "Mixed Partial Elasticities in Constant Returns-to-Scale Production Technologies", *European Journal of Operational Research*, 220(1), 262-269.
- Atıcı, K.B., Ulucan, A. ve Bayar, I.U. (2018). "The Measurement of Agricultural Productivity Change in OECD Countries with Fuzzy Data", *RAIRO-Operations Research*, 52(3), 1003-1017.
- 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.
- Bhattacharjee, J.P. (1955). "Resource Use and Productivity in World Agriculture", *Journal of Farm Economics*, 37(1), 57-71.
- Bilişik, M.T. (2015). "Gelişmekte Olan ve Hızlı Büyüyen Ülkelerin Tarım Sektörünün Malmquist Toplam Faktör Verimliliği ile Analizi", *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(2), 77-97.
- Birleşmiş Milletler. (2019). "World Economic Situation and Prospects 2019", https://unctad.org/system/files/official-document/wesp2019_en.pdf (Erişim Tarihi: 20.03.2022).
- Bureau, J.C., Färe, R. ve Grosskopf, S. (1995). "A Comparison of Three Nonparametric Measures of Productivity Growth in European and United States Agriculture", *Journal of Agricultural Economics*, 46(3), 309-326.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Coelli, T.J. (1995). "Recent Developments in Frontier Modelling and Efficiency Measurement", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 39(3), 219-245.
- 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(1), 115-134.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Tone, K. (2007). "Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software", Springer, New York.
- Deliktaş, E. ve Balcılar, M. (2005). "A Comparative Analysis of Productivity Growth, Catch-Up, and Convergence in Transition Economies", *Emerging Markets Finance and Trade*, 41(1), 6-28.
- Dünya Bankası. (2007). "World Development Report 2008: Agriculture for Development", World Bank, Washington, DC.
- Dünya Bankası. (2022a). "Poverty Headcount Ratio at \$1.90 A Day (2011 PPP) (% of Population)", <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.DDAY?end=2019&start=2014> (Erişim Tarihi: 01.05.2022).
- Dünya Bankası. (2022b). "Employment in Agriculture (% of Total Employment) (Modeled ILO Estimate)", <https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS?end=2019&start=2000&view=chart> (Erişim Tarihi: 01.05.2022).
- Emrouznejad, A. ve Yang, G.L. (2018). "A Survey and Analysis of the First 40 Years of Scholarly Literature in DEA: 1978-2016", *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2003). "Compendium of Agricultural – Environmental Indicators 1989-91 to 2000", <https://www.fao.org/3/j0945e/j0945e00.pdf> (Erişim Tarihi: 30.12.2021).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2017). "The Future of Food and Agriculture – Trends and Challenges", <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf> (Erişim Tarihi: 17.12.2021).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2022a). "SDG Indicators – Prevalence of Undernourishment (%)", <https://www.fao.org/faostat/en/#data/SDGB> (Erişim Tarihi: 14.02.2022).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2022b). "FAO Food Price Index", <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/> (Erişim Tarihi: 16.02.2022).
- Førsund, F.R. ve Hjalmarsson, L. (2004). "Calculating Scale Elasticity in DEA Models", *Journal of the Operational Research Society*, 55(10), 1023-1038.
- Fukuyama, H. (2000). "Returns to Scale and Scale Elasticity in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 125(1), 93-112.
- Galanopoulos, K., Karagiannis, G. ve Koutroumanidis, T. (2004). "Malmquist Productivity Index Estimates for European Agriculture in the 1990s", *Operational Research*, 4(1), 73-91.

- Hadjicostas, P. ve Soteriou, A.C. (2006). "One-Sided Elasticities and Technical Efficiency in Multi-Output Production: A Theoretical Framework", *European Journal of Operational Research*, 168(2), 425-449.
- Hajihassaniasl, S. (2020). "The Impact of National Income on the Technical Efficiency of Agriculture Sector in Developing Countries (A Metafrontier Approach)", *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*, 20(4), 245-254.
- Hayami, Y. ve Ruttan, V.W. (1970). "Agricultural Productivity Differences Among Countries", *The American Economic Review*, 60(5), 895-911.
- Headey, D., Alauddin, M. ve Rao, D.S.P. (2010). "Explaining Agricultural Productivity Growth: An International Perspective", *Agricultural Economics*, 41(1), 1-14.
- Kawagoe, T., Hayami, Y. ve Ruttan, V.W. (1985). "The Intercountry Agricultural Production Function and Productivity Differences Among Countries", *Journal of Development Economics*, 19(1-2), 113-132.
- Kyrgiakos, L.S., Vlontzos, G. ve Pardalos, P.M. (2021). "Ranking EU Agricultural Sectors Under the Prism of Alternative Widths on Window DEA", *Energies*, 14(4), 1-26.
- Le, T.L., Lee, P.P., Peng, K.C. ve Chung, R.H. (2019). "Evaluation of Total Factor Productivity and Environmental Efficiency of Agriculture in Nine East Asian Countries", *Agricultural Economics*, 65(6), 249-258.
- Liu, J.S., Lu, L.Y.Y., Lu, W.M. ve Lin, B.J.Y. (2013). "A Survey of DEA Applications", *Omega*, 41(5), 893-902.
- Menten, C. (2018). "Türkiye Tarım Sektöründe Parametrik Olmayan Etkinlik ve Elastiklik Ölçümü", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Menten, C., Çekiç, B. ve Atıcı, K.B. (2020). "Türkiye Tarım Sektöründe Ürünler Bazında Etkinlik Değerlendirmesi", *Verimlilik Dergisi*, (1), 117-141.
- Mihçı, H. ve Mollavelioğlu, S. (2011). "An Assessment of Sustainable Agriculture in the OECD Countries with Special Reference to Turkey", *New Medit*, 10(2), 4-17.
- Mollavelioğlu, S., Mihçı, H., Çağatay, S. ve Ulucan, A. (2010). "Assessment of Sustainability of the European Union and Turkish Agricultural Sectors", *New Medit*, 9(3), 13-21.
- Mugera, A. ve Ojeda, A. (2014). "Technical Efficiency in African Agriculture: Is It Catching up or Lagging Behind?", *Journal of International Development*, 26(6), 779-795.
- Muhtarom, A., Haryanto, T. ve Istifadah, N. (2019). "Analysis of Productivity Efficiency of Food Plant Agriculture in East Java based on DEA Index", *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(1), 420-443.
- Mundlak, Y. ve Hellinghausen, R. (1982). "The Intercountry Agricultural Production Function: Another View", *American Journal of Agricultural Economics*, 64(4), 664-672.
- Nguyen, D. (1979). "On Agricultural Productivity Differences Among Countries", *American Journal of Agricultural Economics*, 61(3), 565-570.
- Nin-Pratt, A., Yu, B. ve Fan, S. (2010). "Comparisons of Agricultural Productivity Growth in China and India", *Journal of Productivity Analysis*, 33(3), 209-223.
- OECD (2020). "Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2020", OECD Publishing, Paris.
- Podinovski, V.V., Chambers, R.G., Atıcı, K.B. ve Deineko, I.D. (2016). "Marginal Values and Returns to Scale for Nonparametric Production Frontiers", *Operations Research*, 64(1), 236-250.
- Podinovski, V.V. ve Førsund, F.R. (2010). "Differential Characteristics of Efficient Frontiers in Data Envelopment Analysis", *Operations Research*, 58(6), 1743-1754.
- Podinovski, V.V., Førsund, F.R. ve Krivonozhko, V.E. (2009). "A Simple Derivation of Scale Elasticity in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 197(1), 149-153.
- Reilly, M. ve Willenbockel, D. (2010). "Managing Uncertainty: A Review of Food System Scenario Analysis and Modelling", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3049-3063.
- Rezek, J.P., Campbell, R.C. ve Rogers, K.E. (2011). "Assessing Total Factor Productivity Growth in Sub-Saharan African Agriculture", *Journal of Agricultural Economics*, 62(2), 357-374.
- Saraç, S.B. (2020). "Veri Zarflama Analizinde Elastiklik Ölçümü Üzerine Bir Model Önerisi: Tarım Sektörü Uygulaması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Saraç, S.B., Atıcı, K.B. ve Ulucan, A. (2022). "Elasticity Measurement on Multiple Levels of DEA Frontiers: An Application to Agriculture", *Journal of Productivity Analysis*, 57(3), 313-324.
- Seiford, L.M. ve Zhu, J. (1999). "An Investigation of Returns to Scale in Data Envelopment Analysis", *Omega*, 27(1), 1-11.

- Sharma, S. (2020). "Environmental Efficiency in South Asian Agriculture: A Potential of Reducing CO2 Emissions and Fertilizers Usage", *Journal of Public Affairs*, 22(1), 1-8.
- Streimikis, J., Miao, Z. ve Balezentis, T. (2021). "Creation of Climate-Smart and Energy-Efficient Agriculture in the European Union: Pathways Based on the Frontier Analysis", *Business Strategy and the Environment*, 30(1), 576-589.
- Suhariyanto, K. ve Thirtle, C. (2001). "Asian Agricultural Productivity and Convergence", *Journal of Agricultural Economics*, 52(3), 96-110.
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2022). "Yunanistan Pazar Bilgileri", https://ticaret.gov.tr/data/5f118f7413b87614f041ad75/2022_Yunanistan_Pazar_Bilgileri.pdf (Erişim Tarihi: 25.03.2022).
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (t.y.). "İzlanda Pazar Bilgileri", <https://ticaret.gov.tr/data/5eff2c6f13b87612f80cb9a6/%C4%B0izlanda%20%C3%BCIke%20bilgileri.pdf> (Erişim Tarihi: 20.03.2022).
- Tunca, H. ve Deliktaş, E. (2015). "OECD Ülkelerinde Tarımsal Etkinlik Ölçümü: Dinamik Veri Zarflama Analizi", *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 217-227.
- Vlontzos, G., Niavis, S. ve Manos, B. (2014). "A DEA Approach for Estimating the Agricultural Energy and Environmental Efficiency of EU Countries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 91-96.
- Yamada, S. ve Ruttan, V.W. (1980). "International Comparisons of Productivity in Agriculture", *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, Editör: Kendrick, J.W. ve Vaccara, B.N., University of Chicago Press, Chicago, 507-594.