



Sanayileşmede Yakınsama: Gelişen Piyasa Ekonomilerinden Kanıtlar

◆◆◆ Convergence in Industrialisation: Evidence from Emerging Market Economies

Ahmet KOLUMAN*
Fatih KAPLAN**

<https://doi.org/10.25204/iktisad.1522840>

Öz

Makale Bilgileri

Makale Türü:
Araştırma
Makalesi

Geliş Tarihi:
26.07.2024

Kabul Tarihi:
20.10.2024

© 2024 İKTİSAD
Tüm hakları
saklıdır.



Bu çalışmanın amacı, gelişen piyasa ekonomileri için Endüstri 4.0'ın 2000-2021 döneminde yakınsama kulüplerinin varlığını incelemektir. Phillips ve Sul (2007, 2009) kulüp yakınsama testi ile kümeleme algoritması kullanarak gelişen piyasa ekonomilerinin orta ve yüksek teknoloji ürün ihracatı, patent sayısı ve Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) ihracatının aynı uzun vadeli dengeye yakınsayıp yakınsamadığını veya iraksayıp iraksamadığını araştırmaktadır. Kulüp yakınsama analizi sonucunda, orta ve yüksek teknoloji ürün ihracatı için kümelenebilecek dört yakınsama kulübü ile bir iraksak grubun olduğu, BİT ihracatı için kümelenebilecek altı yakınsama kulübünün olduğu ve patent sayısı için kümelenebilecek üç yakınsama kulübü ile bir iraksak grubun olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak Meksika ile Tayland, Bulgaristan ile Macaristan, Şili ile Pakistan'ın Endüstri 4.0 açısından aynı kulüpler içinde yer aldıkları belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, Peru'nun diğer ülkelerden negatif, Çin'in ise pozitif ayrıştığı sonucuna ulaşılmıştır. Analiz sonuçları gelişen piyasa ekonomileri için tek bir yakınsama kulübünün olmadığını gösterdiğinden, her ülkenin mevcut yapısal özelliklerine ve endüstriyel altyapısına uygun sanayileşme stratejisi geliştirmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, gelişen piyasa ekonomileri, kulüp yakınsama.

Abstract

Article Info

Paper Type:
Research Paper

Received:
26.07.2024

Accepted:
20.10.2024

© 2024 JEBUPOR
All rights
reserved.



The purpose of this study is to examine the existence of convergence clubs in the 2000-2021 period of Industry 4.0 for emerging market economies. Using the Phillips-Sul (2007, 2009) club convergence test and the clustering algorithm, it investigates whether exports of medium and high technology products, the number of patents and Information Communication Technologies (ICT) exports converge or diverged to the same long-run equilibrium in emerging market economies. Club convergence analysis reveals that there are four convergence clubs and one divergent group clustering for medium and high technology product exports, six convergence clubs clustering for ICT exports and three convergence clubs and one divergent group clustering for the number of patents. As a result, it has been determined that Mexico and Thailand, Bulgaria and Hungary, Chile and Pakistan are in the same clubs in terms of Industry 4.0. The study also found that Peru diverged negatively from other countries while China diverged positively. Since the results of the analysis show that there is no single convergence club for emerging market economies, it is recommended that each country should develop an industrialization strategy in line with its own structural characteristics and industrial infrastructure.

Keywords: Industry 4.0, emerging market economies, club convergence.

Atıf / to Cite (APA): Koluman, A. ve Kaplan, F. (2024). Sanayileşmede yakınsama: gelişen piyasa ekonomilerinden kanıtlar. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 9(25), 665-680. <https://doi.org/10.25204/iktisad.1522840>

*ORCID Öğr. Gör., Tarsus Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü/Lojistik Programı, ahmetkoluman@tarsus.edu.tr

**ORCID Prof. Dr., Tarsus Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik, fkapan@tarsus.edu.tr

Extended Abstract

Introduction and Research Questions & Purpose:

The main motivation of this study is to identify which countries in emerging market economies will move together in the next industrial revolution. The technological advances brought about by Industry 4.0 enable the improvement of the production process through the integration of smart and automated mechanisms in the industrial environment (Cezarino, 2021: 1842). Especially for emerging market economies, these technological advances can play a central role in driving productivity and economic development (You et al., 2019: 269). However, capturing and implementing this new strategic era for emerging market economies is not a simple task as it requires technological constraints and capital expenditure (Tortorella and Fettermann, 2018: 2975). In this respect, the study aims to determine the capacity of emerging market economies to adapt to the technological advances brought by Industry 4.0 and which countries can stand out and act together in this adaptation process.

Literature Review:

The impact of Industry 4.0 on both employment and economic growth has been tested on many different methods and sample groups in recent years. Among the studies examining the relationship between Industry 4.0 and employment, Bogliacino et al. (2012) conclude that R&D expenditures have a positive effect on employment in 677 European enterprises. Feldmann (2013) found that R&D expenditures and the number of patents had a negative effect on employment in 21 industrialized countries, but this effect disappeared after three years. In contrast to this result, Aydın (2018) emphasizes that R&D expenditures and the number of patents have a positive effect on employment in Turkey. Doğaner (2022) found that the number of patents has a positive effect on employment in Turkey, while R&D expenditures have a negative effect. Manga and Tuna (2023) conclude that R&D expenditures and the number of patent applications reduce unemployment in emerging market economies. Among the studies examining the relationship between Industry 4.0 and Gross Domestic Product (GDP), Saridoğan (2019) found that high technology exports and IT services exports have a positive effect on economic growth in Turkey and European Union (EU) countries. Kasa (2020) argued that R&D expenditures and the number of patent applications negatively affect economic growth in EU countries. Dağlı and Ezanoğlu (2021) found that R&D expenditures and the number of patents have a positive effect on economic growth in 36 OECD countries. Aydınbaş and Erdinç (2023), in a study on 18 countries, concluded that patent applications and medium and high technology exports increase economic growth in the long run.

Methodology:

This study investigates the club convergence of Industry 4.0 in emerging market economies using the club convergence methodology proposed by Phillips and Sul (2007, 2009). In the literature, many methods are used to investigate the convergence hypothesis. However, in panel unit root tests, which is one of these methods, it is accepted that there is no general convergence if the number of converging countries in the panel is less than the number of non-converging countries. Therefore, the results obtained for the countries forming the panel make it difficult to make policy recommendations (Herrerias, 2013: 2). Phillips and Sul (2007, 2009) proposed the club convergence test to test the convergence hypothesis based on the nonlinear time-varying factor model. In this proposed convergence test, countries are divided into convergence groups (Ulucak and Apergis, 2018: 24). This approach, which examines multiple stationary states, produces more efficient results than panel unit root tests that are frequently used in convergence analyses (Haider and Akram, 2019: 456).

Results and Conclusions:

According to the club convergence results, Mexico and Thailand, Bulgaria and Hungary, Chile and Pakistan are in the same clubs and have the same transition paths. The study found that Peru is negatively divergent from other countries, while China is positively divergent from other countries. On the other hand, in three different indicators used, countries were found to be in different clubs. According to these results, there is no single convergent situation for emerging market economies.

1. Giriş

18. yüzyılın ikinci yarısından günümüze kadar yaşanan teknolojik sıçramalar "sanayi devrimleri" olarak adlandırılmaktadır (Hassoun vd., 2023: 6549). Bu devrimler; makineleşmenin başladığı Birinci Sanayi Devrimi, elektrik enerjisinin üretimde yoğun kullanıldığı İkinci Sanayi Devrimi, dijitalleşmenin yaygınlaştığı Üçüncü Sanayi Devrimi ve fabrikalardaki gelişmiş dijitalleşme temelinde, internet teknolojileri ile akıllı nesnelerin kullanımının arttığı Dördüncü Sanayi Devrimi olarak sıralanmaktadır (Lasi vd., 2014: 239). Birinci Sanayi Devriminin başlangıcına yol açan buhar makinesinin icadı, tarım ve feodal toplumdaki yeni üretim sürecine geçişi sağlamıştır. Kömürün ana enerji kaynağı olarak kullanıldığı birinci sanayi döneminde, tekstil ve çelik endüstrisi istihdam, çıktı değeri ve yatırılan sermaye açısından baskın endüstriler haline gelmiştir (Xu vd., 2018: 90). Makineleşmenin ilerlemesi ve üretimde elektrik kullanımının yoğunlaşmasıyla İkinci Sanayi Devrimi gerçekleşmiştir. Bu dönemde seri üretim anlayışının büyük ölçüde benimsenmesi üretim süreçlerini daha etkili ve verimli hale getirmiştir (Özsoylu, 2017: 42). 1960'lı yıllarda bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ve internet kullanıcılarının küresel olarak bağlantı kurmasıyla birlikte bilginin depolanması ve yayılması ihtiyacı Üçüncü Sanayi Devrimi olan dijital çağı başlatmıştır (Noble vd., 2022: 2000). 21. yüzyılın başlarında ise internet, tam otomasyon ve dijital teknolojilerin entegrasyonunu barındıran Dördüncü Sanayi Devrimi ortaya çıkmıştır (Hassoun vd., 2023: 6549-6550). Bu değişen manzarada Endüstri 4.0'ın içinde yer alan üç sektör öne çıkmıştır. Bunlar çekirdek teknolojiler (donanım, yazılım, bağlantı); temel teknolojiler (analitik, güvenlik, yapay zekâ, elektrik, 3D sistemler) ve uygulama teknolojileri (ev, personel, şirket, imalat sanayi, altyapı, araçlar, vb.) olarak sıralanabilmektedir (Rita, 2023: 37). Bu ayrım göz önünde bulundurulduğunda, Endüstri 4.0; büyük veri, 3D baskı, bulut bilişim otonom robotlar, artırılmış sanal gerçeklik, endüstriyel nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler blok zinciri, yapay zeka, akıllı sensörler, akıllı lojistik, dronlar, simülasyon, dijital ikiz ve akıllı fabrika vb. teknolojilerde dijital dönüşüm, otomasyon ve veri alışverişine eşlik eden Dördüncü Sanayi Devrimine özgü bir kavramdır (Frank vd., 2019: 341; Martínez-Gutiérrez vd., 2023: 1).

Sanayi alanındaki devrimlerin son yüzyıllardaki gelişmeleri dikkate alındığında, son ampirik çalışmalarda Endüstri 4.0'a ait gelişmeler sıklıkla yer almaktadır. Bu bakımdan çalışmanın temel motivasyonu, gelişen piyasa ekonomilerinde hangi ülkelerin bir sonraki endüstri devriminde birlikte hareket edeceğini tespit etmektir. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkardığı teknolojik ilerlemeler, endüstriyel ortamda akıllı ve otomatik mekanizmaların entegrasyonu yoluyla üretim sürecinin iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır (Cezarino, 2021: 1842). Bu teknolojik ilerlemeler, gelişen piyasa ekonomileri için verimlilik artışı ve ekonomik kalkınma sağladığı için önemli bir rol oynayabilmektedir (You vd., 2019: 269). Ancak bu yeni stratejik döneme uyum sağlamak, teknolojik kısıtlar ve önemli sermaye yatırımları gerektirdiğinden, gelişen piyasa ekonomileri için basit bir iş olarak görülmemektedir (Tortorella ve Fettermann, 2018: 2975). Bu nedenle çalışma, gelişen piyasa ekonomilerinin Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojik ilerlemelere uyum sağlayabilme kapasitesini ve bu uyum sürecinde hangi ülkelerin öne çıkabileceği ve birlikte hareket edebileceğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, Phillips ve Sul (2007, 2009) tarafından önerilen kulüp yakınsama algoritması kullanılarak olası yakınsama kulüpleri tespit edilmektedir.

Literatürdeki çalışmalarda, özellikle Endüstri 4.0'ın hem istihdam hem de ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin son yıllarda birçok farklı yöntem ve örneklem grubu üzerinde test edildiği görülmüştür. Ancak literatürde, Endüstri 4.0 için yakınsama hipotezini test eden bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla çalışmanın bu yönüyle literatüre katkı sağlanması beklenmektedir. Çalışmanın literatüre ikinci katkısı sadece tek bir değişken yerine, orta ve yüksek teknoloji ürün ihracatı, patent sayısı ve bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) ihracatı değişkenlerinin birlikte ele alınarak Endüstri 4.0'ın çok boyutlu etkilerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesidir. Çalışmanın literatüre üçüncü katkısı ise gelişen piyasa ekonomilerine odaklanmasıdır. Gelişen piyasa ekonomilerinde Endüstri 4.0'a odaklanmak, bu ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmaları ve gelişmiş ülke ekonomileri arasına girmeleri için önem arz etmektedir.

Çalışmada Endüstri 4.0'ın etkilerini ölçmek için orta ve yüksek teknoloji ihracatı (Aydınbaş ve Erdinç, 2023; Balan ve Koyuncu, 2020; Sarıdoğan 2019; Bulut ve Yenipazarlı, 2020), bilgi ve iletişim teknolojileri ihracatı (Adedoyin vd., 2020; Aydınbaş ve Erdinç, 2023) ve patent başvuru sayısına (Aydınbaş ve Erdinç, 2023; Aydın, 2018; Dağlı ve Ezanoğlu, 2021; Doğaner, 2022; Feldman, 2013) ilişkin göstergeler kullanılmıştır. Endüstri 4.0, üretimin dijitalleşmesi ve bu dijitalleşmenin BİT entegrasyonu ile ortaya çıkmaktadır. Aslında BİT gerçek zamanlı veri toplamak ve bunları analiz ederek üretim sistemine faydalı bilgiler sağlamak için dijital teknolojilerin benimsenmesine bağlıdır (Rita, 2023: 40). Bu nedenle BİT tarafından oluşturulan teknolojiler (nesnelerin interneti, bulut hizmetleri, büyük veri ve analizi) diğer tüm akıllı boyutları destekledikleri için Endüstri 4.0 teknolojileri olarak kabul edilmektedir (Tao vd., 2018: 157). Diğer yandan Endüstri 4.0'da patentlerin tartışılmasındaki en önemli hususlardan biri, rekabet gücünün teknolojik yeniliklerle sıkı bir şekilde bağlantılı olması ve bunun da bir ülkenin karşılaştırmalı teknolojik avantajlarına yansımadır (Rita, 2023: 42-43). Patentler, teknolojilerin ilerlemesini ayırt etmek ve her şeyden önce teknolojinin satışı veya lisanslanması yoluyla finansal faydalar elde edilmesini sağlamak için gereklidir. Dünya Bankası (2024) verilerine göre, 2000-2021 yılları arasında patent başvuruları %172,65 oranında artış göstermiştir. Bu artışın kaynağının, robotlaşma ve bulut bilişim gibi yeni teknolojilerin olduğu düşünülmektedir (Rita vd., 2023: 74).

Sanayi devrimlerinin tarihçesine ilişkin kısa bilgilendirmelerin sunulduğu ve çalışmanın motivasyonunun tartışıldığı giriş bölümünün ardından ikinci bölümde Endüstri 4.0 ile ekonomik büyüme ve istihdam arasındaki ilişki incelenmektedir. Üçüncü bölümde, çalışmanın veri seti, metodolojisi ve analiz bulguları sunulmuştur. Dördüncü bölümde ise genel bir değerlendirme ve politika önerileri ile çalışma sonlandırılmaktadır.

2. Literatür Taraması

Literatürde yapılan çalışmalarda, Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme, istihdam, ihracat vb. ekonomik faktörlerle ilişkisi sıklıkla incelenmektedir. Endüstri 4.0'ın hem istihdam hem de ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin son yıllarda birçok farklı yöntem ve örneklem grubu üzerinde test edildiği görülmektedir. Bu ilişkileri ele alan çalışmalarda Endüstri 4.0'ı temsilen Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) harcamaları, orta ve yüksek teknoloji ihracatı, patent başvuru sayısı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatı, robot sayısı gibi veriler kullanılmaktadır.

Endüstri 4.0 ile istihdam arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalardan Bogliacino vd. (2012), 677 Avrupa işletmesinde Ar-Ge harcamalarının istihdama pozitif etkisinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu etkinin özellikle yüksek teknoloji ürünler üreten sektörler ile hizmet sektöründe ortaya çıktığı ileri sürülmüştür. Feldmann (2013), 21 endüstrileşmiş ülkede Ar-Ge harcamaları ile patent sayısının istihdam üzerinde olumsuz etkisi olduğunu tespit etmiş, ancak bu etkinin üç yıl sonra ortadan kaybolduğunu ortaya koymuştur. Bu sonucun aksine Aydın (2018), Türkiye'de Ar-Ge harcamaları ile patent sayısının istihdam üzerine etkisinin pozitif olduğunu vurgulamıştır. Aydın (2021), 47 ülke üzerine yaptığı çalışmada, robot kullanım sayısındaki artışın istihdamı olumsuz etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca çalışmada, robot kullanımının yüksek gelirli ülkelerde daha fazla işsizliğe yol açtığı tespit edilmiştir. Bulut ve Yenipazarlı (2020), 81 ülke üzerine yaptığı çalışmada, yüksek teknoloji ihracatının istihdam üzerindeki etkisinin pozitif, Ar-Ge harcamalarının etkisinin ise negatif olduğunu belirlemiştir. Balan ve Koyuncu (2020), 36 OECD ülkesinde yüksek teknoloji ihracatı ile işgücü verimliliği arasındaki nedensel ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada, yüksek teknoloji ürünü ihracatından işgücü verimliliğine doğru nedensel ilişkilerin 8 ülke için geçerli olduğu tespit edilmiştir. Doğaner (2022), Türkiye'de patent sayısının istihdamı pozitif yönde etkilediği, Ar-Ge harcamalarının ise negatif yönde etkilediğini belirlemiştir. Manga ve Tuna (2023), yükselen piyasa ekonomilerinde Ar-Ge harcamaları ile patent başvurusu sayısının işsizliği azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Endüstri 4.0 ile Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalardan Sarıdoğan (2019), Türkiye ve Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde yüksek teknoloji ihracatı ile bilişim hizmetleri ihracatının ekonomik büyümeye etkisinin pozitif olduğunu tespit etmiştir. Adedoyin vd. (2020), ABD’de bilgi iletişim teknolojilerin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Kasa (2020), AB ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ile patent başvurusu sayısının ekonomik büyümeyi olumsuz etkilediğini ileri sürmüştür. Diğer yandan Amerika kıtasında yer alan ülkelerde ise Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği, ancak patent başvuru sayısı ile ekonomik büyüme arasında anlamlı bir ilişki olmadığı vurgulanmıştır. Dağlı ve Ezanoğlu (2021), 36 OECD ülkesinde Ar-Ge harcamaları ile patent sayısının ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak ileri teknoloji ihracatının ekonomik büyüme üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır. Aydınbaş ve Erdiç (2023), 18 ülke üzerine yaptıkları çalışmada, uzun dönemde patent başvuruları ile orta ve ileri teknoloji ihracatının ekonomik büyümeyi artırdığını tespit etmişlerdir. Ancak bilgi iletişim teknolojileri ihracatının ekonomik büyüme üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır. Koç ve Özcan (2023), G7 ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ile patent başvuru sayısının İtalya hariç diğer tüm ülkelerde ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada ABD, Fransa ve Japonya’da Bilgi ve İletişim teknolojilerinin ekonomik büyümeye negatif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3. Veri Seti ve Yöntem

Araştırmanın bu bölümünde, çalışmada kullanılan veri seti tanıtılmakta ve kullanılan kulüp yakınsama metodolojisi hakkında bilgiler yer almaktadır. Son olarak analizden elde edilen bulgular tartışılmaktadır.

3.1. Veri Seti

Bu çalışmanın amacı, gelişen piyasa ekonomilerinde Endüstri 4.0’ın kulüp yakınsamasını araştırmaktır. 2000-2021 yıllarını kapsayan çalışmada, IMF tarafından sınıflandırılan 22 gelişen piyasa ekonomisinin verileri kullanılmıştır. Söz konusu veri dönemi verilerin mevcudiyetine göre belirlenmiştir. Endüstri 4.0’ı temsilen orta ve yüksek teknoloji ürün ihracatı, BİT ihracatı ve patent başvuru sayısına ait değişkenler kullanılmıştır. Bu üç değişken literatürde yer alan çalışmalara (örneğin Aydınbaş ve Erdiç, 2023) göre seçilmiştir. Tablo 1’de analizlerde kullanılan değişkenler sunulmaktadır.

Tablo 1. Değişkenler, Değişken Tanımları ve Veri Kaynakları

Değişkenler	Değişkenlerin Tanımı	Kaynak
BİT	BİT malları ihracatının toplam mal ihracatı içindeki payı	Dünya Bankası
OYTI	Orta ve yüksek teknoloji ihracatının imalat sanayi ihracatı içindeki payı	Dünya Bankası
PATENT	Patent Başvuru Sayısı	Dünya Bankası

Endüstri 4.0’ı tanımlamak üzerine oluşturulan değişkenlerin 2000-2021 dönemindeki yıllık gözlem değerlerine ait tanımlayıcı istatistikleri incelenmekte ve sonuçları Tablo 2’de raporlanmaktadır.

Tablo 2. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Ortalama	Standart Hata	Minimum	Maksimum	Skewness	Kurtosis	Jarque-Bera
BİT	8,6251	12,2654	0,0288	52,6806	1,6106	4,7018	267,6452 [0,000]
OYTI	43,5841	20,8612	3,6598	83,0982	0,0181	2,2459	11,4952 [0,003]
PATENT	28645	162336	27,00	1426644	7,0699	53,8400	56156,79 [0,000]

Tablo 2 incelendiğinde, BİT değişkeninin ortalamasının 8,63 ve standart sapmasının ise 12,27 olduğu görülmektedir. BİT değişkeni için minimum ve maksimum değerlerin sırasıyla 0,029 ve 52,68 şeklinde hesaplandığı ve bu değerlerin sırasıyla Arjantin’de (2021) ve Malezya’da (2000) kaydedildiği izlenmektedir. Tablo 2 OYTI değişkeni açısından incelendiğinde, ortalamasının 43,58 ve standart sapmasının 20,86 olduğu, minimum ile maksimum değerlerin sırasıyla 3,66 ve 83,10 olarak hesaplandığı görülmektedir. OYTI değişkeni için hesaplanan minimum değerlerin Peru’ya (2006), maksimum değerlerin ise Filipinler’e (2006) ait olduğu tespit edilmektedir. Tablo 2 PATENT değişkeni açısından incelendiğinde, ortalamasının 28645, standart sapmasının 162336 olduğu, minimum ile maksimum değerlerinin sırasıyla 27 ve 1426644 şeklinde hesaplandığı ve bu değerlerin sırasıyla Peru’da (2005) ve Çin’de (2021) kaydedildiği görülmektedir. Ayrıca Tablo 2’de çarpıklık (Skewness), basıklık (Kurtosis) ve Jarque ve Bera normallik test sonuçları yer almaktadır. BİT, OYTI ve PATENT değişkenlerinin çarpıklık değerleri sıfırdan büyük olduğu için seriler sola çarpıktır. Diğer yandan Kurtosis değerlerinde, PATENT değişkeninin değeri 3’ten büyük olduğu için seri sivri uçlu, diğer değişkenlerin değerleri de 3’ten küçük olduğu için basık uçludur. Jarque ve Bera testinde, normallik sıfır hipotezi tüm seriler için reddedildiğinden veriler normal dağılım göstermemektedir.

3.2. Kulüp Yakınsama Analizi

Solow’un (1956) Neo-klasik ekonomik büyüme modeline dayanan yakınsama hipotezi 1980’li yılların sonlarından itibaren ampirik çalışmalara konu olmuştur. Bu hipoteze göre, az gelişmiş/gelişmekte olan ülkelerin (veya bölgelerin) kişi başına geliri ile gelişmiş ülkelerin kişi başına geliri arasındaki fark zaman içinde azalacak ve az gelişmiş/gelişmekte olan ülkeler gelişmiş ülkeleri yakalayacaktır (Yılcı ve Gökçe, 2020: 399). Bu hipotezle ilgili ortaya atılan varsayımlar birden fazla yakınsama türünün ortaya çıkmasına yol açmıştır (Doru, 2023: 73). Yakınsama literatürü temel olarak β -yakınsama, σ -yakınsama, stokastik yakınsama ve kulüp yakınsamadan oluşmaktadır (Anastasiou ve Zaroutieri, 2023: 37). β -yakınsama, bir grup ekonomi için başlangıç aşamasındaki kişi başına gelir ile sonraki aşamadaki kişi başına gelirdeki büyüme oranı arasındaki ilişkiyi incelemektedir (Costantini ve Lupi, 2005: 2). Eğer negatif bir ilişki tespit edilirse β -yakınsama sağlanmış olmakta ve düşük gelire sahip ülkeler, yüksek gelire sahip olanlardan daha hızlı büyüme eğilimi göstermektedir (Barro ve Sala-I-Martin, 1992: 225). β -yakınsamadan farklı olarak σ -yakınsama, zaman içinde ülkeler veya bölgeler arasındaki büyüme dağılımının (çoğu durumda kişi başına düşen gelirin büyümesi) azalmasını ifade etmektedir (Aginta vd., 2023: 106). σ -yakınsama analizine göre, zaman içinde standart sapmada bir azalma meydana geliyorsa yakınsamadan, aksi takdirde ıraksamadan söz edilebilmektedir (Saribaş, 2016: 173). Stokastik yakınsama ise ilgili değişken için zaman içinde meydana gelen bir şokun kalıcı olmadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla stokastik yakınsama hipotezi, birim kök/durağanlık analizleri ile test edilebilmektedir. Serinin durağan olduğu tespit edilirse bu durum yakınsama lehine kanıtları desteklemektedir (Misra vd., 2024: 431).

Yakınsama hipotezinin test edilmesi Baumol’ın 1986 yılında yayımlanan “Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show” isimli çalışmasıyla başlamıştır. Ancak De Long (1988), bu çalışmayı örneklem seçimi yanlılığından dolayı eleştirmiştir. Daha sonra Barro ve Sala-i Martin (1992), β -yakınsamayı test etmiştir (Yılcı ve Canpolat-Gökçe, 2020: 398). Zaman serisi literatürünün gelişmesiyle birlikte araştırmacılar tarafından yakınsama hipotezine olan ilgi artmıştır. Özellikle birim kök testlerinin gelişmesi stokastik yakınsama hipotezinin sınanmasına güçlü bir şekilde olanak sağlamıştır (Konat vd., 2019: 67). Yakınsama hipotezini test etmek için kullanılan panel birim kök testlerinde, paneli oluşturan ülkelere yakınsayan ülke sayısının yakınsamayan ülke sayısından az olması durumunda genel yakınsamanın olmadığı kabul edilmektedir. Bu nedenle paneli oluşturan ülkeler için elde edilen sonuçlar politika önerisi yapılmasını zorlaştırmaktadır (Herrerias, 2013: 2). Bu eksiklikten hareketle Phillips ve Sul (2007, 2009), doğrusal olmayan zamanla değişen faktör modeline dayalı yakınsama hipotezini test etmek için kulüp yakınsama testini önermiştir. Önerilen bu yakınsama testinde, ülkeler yakınsama gruplarına ayrılmaktadır (Ulucak ve Apergis,

2018: 24). Çoklu durağan durumları inceleyen bu yaklaşım, yakınsama analizlerinde sıklıkla kullanılan panel birim kök testlerinden daha etkin sonuçlar üretmektedir (Haider ve Akram, 2019: 456). Bu bakımdan çalışmada, kulüp yakınsama metodolojisi kullanılarak gelişen piyasa ekonomilerinde Endüstri 4.0'ın kulüp yakınsaması araştırılmaktadır. Phillips ve Sul (2007) tarafından öne sürülen metodolojide, ilk olarak Endüstri 4.0 temsil eden değişken (Y_{it}) Model 1'deki gibi iki bileşene ayrılmaktadır:

$$Y_{it} = \partial_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

Model 1'de i birimleri, t zamanı, ∂_{it} sistematik ortak kalıcı bileşenleri, μ_{it} ise geçici heterojen bileşenleri temsil etmektedir. Ortak bileşenleri kendine özgü bileşenlere ayırmak için Model 2 kullanılmaktadır:

$$Y_{it} = \left(\frac{\partial_{it} + \mu_{it}}{v_t} \right) v_t = \delta_{it} v_t \quad (2)$$

Model 2'de v_t ile δ_{it} sırasıyla ortak bir trend bileşeni ve birime özgü bileşeni temsil etmektedir. Diğer bir ifadeyle v_t hem deterministik hem de stokastik bileşenlere sahip ortak bir durağan durum olan trend davranışlarını, δ_{it} ise Y_{it} ile paneldeki ortak stokastik trend olan v_t arasındaki mesafeyi ölçmektedir. Yükleme katsayıları dâhil edilmeden Model 2'nin doğrudan tahmin edilmesi mümkün olmadığı için Model 3'teki nispi geçiş yolları oluşturulmaktadır:

$$h_{it} = \frac{Y_{it}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{it}} = \frac{\delta_{it}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_{it}} \quad (3)$$

Model 3'te h_{it} , i ülkesinin t zamandaki panel ortalamasına göre nispi geçiş parametresidir. İlk olarak h_{it} 'nin kesit ortalaması 1'e eşittir ve ikinci olarak faktör yüklem katsayıları δ_{it} , δ_i 'ye yakınsarsa nispi geçiş parametresi 1'e yakınsamaktadır. Böylece h_{it} 'nin yatay kesit varyansını tanımlayan model $H_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (h_{it} - 1)^2$ hesaplanabilmektedir. H_t , panelin ortak değere olan mesafesini temsil etmektedir. Paneldeki her bir kesitin ortak değere yakınsayıp yakınsamadığını gösteren temel hipotez $H_0 = \delta_i = \delta$ ve $a \geq 0$ ve alternatif hipotez $H_1 = \delta_i \neq \delta$ ve $a < 0$ şeklinde yazılmaktadır. Model 4'teki log t istatistiği ile H_0 hipotezi test edilmektedir.

$$\log \left(\frac{H_1}{H_t} \right) - 2 \log L(t) = \hat{a} + \hat{b} \log(t) + \hat{\varepsilon}_t \quad t \text{ için } = [rT], [rT] + 1, \dots, r > 0 \quad (4)$$

Model 4'te, rT regresyondaki başlangıç gözlemidir ve r 'nin seçimi yakınsama sonuçlarını etkileyebilmektedir. (Phillips ve Sul, 2007: 1789), r 'nin küçük örneklerde ($T \leq 50$) 0,3; büyük örneklerde ($T \geq 100$) ise 0,2 olarak alınmasını önermektedir. Daha sonrasında Kwak (2022), r 'nin 0,1 olması durumu ile 0,3 olması durumunu karşılaştırmıştır. Yapılan Monte-Carlo simülasyonları sonucunda, zaman serisinin kısa olduğu durumlarda r 'nin 0,1 olarak kullanılmasının r 'nin 0,3 kullanımına göre güç ve boyut testlerinin daha kuvvetli olduğu tespit edilmiştir (Kwak, 2022: 6). Diğer yandan Phillips ve Sul'un (2007, 2009) çalışmalarında, analizde kullanılan veriler Hodrick–Prescott yöntemi ile filtrelenmektedir. Tomal (2024), PS yaklaşımına dayalı kulüp yakınsama testlerinin kullanıldığı çalışmaları incelemiş, başta Hodrick–Prescott filtreleme yöntemi olmak üzere başka filtreleme yöntemlerinin (Hamilton, Butterworth, Christiano-Fitzgerald vb.) kullanıldığı çok sayıda çalışmada ise filtrelemeye ilişkin bir bilgi verilmediği gözlemlenmiştir.

3.3. Ampirik Sonuçlar

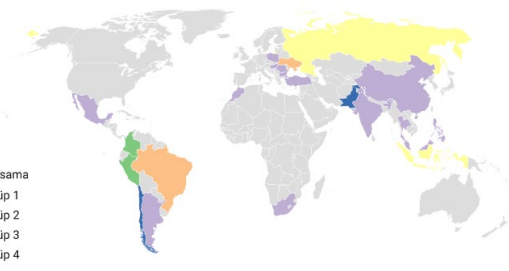
Uluslararası Para Fonu (International Monetary Fund – IMF), yüksek katma değerli mallar üretebilen ve yalnızca gelir açısından değil, aynı zamanda küresel ticaret ve finansal piyasa entegrasyonuna katılım açısından da gelişmiş ekonomilere benzeyen, sürekli güçlü büyüme ve istikrara sahip ekonomileri gelişen piyasa ekonomileri olarak tanımlamaktadır (Duttagupta ve Pazarbasioglu, 2021:

7). Aynı zamanda gelişen piyasa ekonomileri hızlı endüstrileşme, modernizasyon ve ekonomik kalkınma süreci yaşayan ülkelerden oluşmaktadır. Bu ekonomiler, düşük maliyetli üretim üsleri olmasına rağmen yüksek riskli ticaret ortamlarını içerisinde barındırmaktadır (Cavuşgil vd., 2009: 253). Ayrıca gelişen piyasa ekonomileri, ekonomik ve sosyal açıdan birbirlerine benzemelerine rağmen yapısal özellikleri farklılık gösterebilmektedir (Çivi ve Çavuşgil, 2001: 117-118). Özellikle Çin, Hindistan, Brezilya, Rusya, Meksika ve Türkiye'deki firmalar, gelişen piyasa ekonomilerinde yer alan rakiplerinden mühendislik becerileri olarak ayrılmaktadır (Cavuşgil vd., 2009: 253). Bu ülkelere ek olarak son yıllarda Güney Afrika bilim, teknoloji ve inovasyonu sanayileşmenin ayrılmaz bir parçası olarak görmüştür (Dhamija, 2022: 5084). Bu bakımdan çalışmada gelecekte gelişmiş ülke statüsünde olmaları muhtemel gelişen piyasa ekonomisi ülkelerinde Endüstri 4.0'ın ayak izlerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla çalışmada, Phillips ve Sul (2007, 2009) tarafından önerilen kulüp yakınsama algoritması kullanılmıştır.

Yakınsama hipotezini test etmek için değişen varyans ve otokorelasyona duyarlı standart hata kullanan tek taraflı t istatistiği kullanılmaktadır. Tek taraflı t istatistiğinin, tablo değeri olan -1,65'ten küçük olması durumunda H_0 hipotezi reddedilmektedir. Endüstri 4.0'ın kulüp yakınsama analizinde r değeri 0.10 alınmıştır. Çalışmanın bulgularında sırasıyla orta ve yüksek teknoloji mal ihracatı, BİT ihracatı ve patent sayısına ait sonuçlar yer almaktadır. Tablo 3'te orta ve yüksek teknoloji ürün ihracatına ait kulüp yakınsama sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 3. Orta ve Yüksek Teknoloji Ürün İhracatına Ait Kulüp Yakınsama Sonuçları

Başlangıç Sınıflandırılması			
	Katsayı	t test	Ülke İsimleri
Panel	-0,999	-12,850	Örnekleme Oluşturan 22 gelişen piyasa ekonomisi
Kulüp 1	0,175	1,182	Arjantin, Bulgaristan, Çin, Macaristan, Malezya, Meksika, Fas, Filipinler, Polonya,
Kulüp 2	0,489	1,454	Hindistan, Güney Afrika, Türkiye
Kulüp 3	-0,539	-1,013	Brezilya, Ukrayna
Kulüp 4	-0,910	-0,918	Endonezya, Rusya
Kulüp 5	0,627	1,240	Şili, Pakistan
Grup 6	-1,079	-8,333	Kolombiya, Peru
Kulüp Birleşme Sonuçları			
Kulüp 1+2	-0,097*	-0,937	Arjantin, Bulgaristan, Çin, Macaristan, Malezya, Meksika, Fas, Filipinler, Polonya, Romanya, Tayland, Hindistan, Güney Afrika, Türkiye
Kulüp 2+3	0,086*	0,548	Hindistan, Güney Afrika, Türkiye, Brezilya, Ukrayna
Kulüp 3+4	-1,010	-2,084	Brezilya, Ukrayna, Endonezya, Rusya
Kulüp 4+5	-0,955	-8,521	Endonezya, Rusya, Şili, Pakistan
Kulüp 5 + Grup 6	-1,123	-10,388	Şili, Pakistan, Kolombiya, Peru
Final Kulüp Sonuçları			
Kulüp 1	-0,097	-0,937	Arjantin, Bulgaristan, Çin, Macaristan, Malezya, Meksika, Fas, Filipinler, Polonya, Romanya, Tayland, Hindistan, Güney Afrika, Türkiye
Kulüp 2	-0,539	-1,013	Brezilya, Ukrayna
Kulüp 3	-0,910	-0,918	Endonezya, Rusya,
Kulüp 4	0,627	1,240	Şili, Pakistan
Grup 5	-1,079	-8,333	Kolombiya, Peru

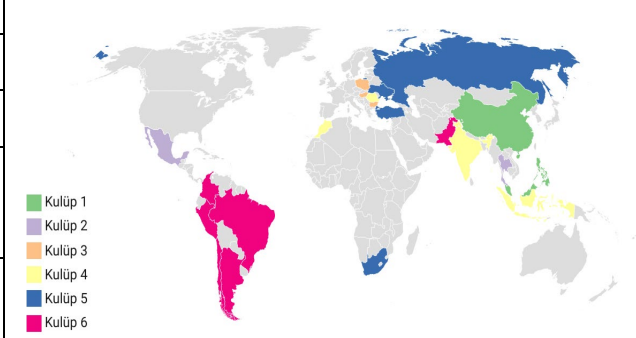


Tablo 3'teki sonuçlara göre, panelin tamamı için t istatistiği -17,57'dir ve kritik değer olan -1,65'ten küçüktür. Bu nedenle genel yakınsama için sıfır hipotezi reddedilmekte, diğer bir ifadeyle gelişen piyasa ekonomilerinin tamamı için yakınsamanın bulunmadığı kabul edilmektedir. Panelin

tamamı için yakınsamanın olmaması, bu ülkelerin farklı geçiş yollarına sahip olduğunu göstermektedir. Başlangıç kümesi beş kulüpten meydana gelmekte ve birinci kulüp on bir ülkeyle panelin yarısını içermektedir. Beş kulüpteki t istatistik sonuçları kritik değerden büyük olduğu için kulüp yakınsama hipotezi reddedilememektedir. Sadece Kolombiya ile Peru'nun bulunduğu grup diğer hiçbir kulübe yakınsamamaktadır. Phillips ve Sul (2009), kulüp yakınsamanın olduğu grupların kendi aralarında yakınsayıp yakınsamadığını ölçen yeni bir algoritma önermiştir. Tablo 3'te ayrıca Phillips ve Sul (2009) tarafından önerilen yeni algoritmanın test sonuçları yer almaktadır. Birleştirilmiş kulüplerden Kulüp 1+2 ile Kulüp 2+3'ün t istatistikleri sırasıyla -0,937 ve 0,548 olup kritik değer olan -1,65'ten büyüktür. Bu kulüplerin birleşmesi anlamlıdır. Diğer birleştirilmiş kulüplerde ise t istatistiği kritik değerden küçük olduğu için yakınsama bulunmamaktadır. Endüstri 4.0'ı temsilen kullanılan orta ve yüksek teknoloji ihracatı ile BİT ihracatı ve patent sayılarına ait sonuçların benzerlik gösterip göstermediği de kontrol edilmiştir. Tablo 4'te BİT ihracatına ait kulüp yakınsama sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 4. BİT İhracatına Ait Kulüp Yakınsama Sonuçları

Başlangıç Sınıflandırılması			
	Katsayı	t test	Ülke İsimleri
Panel	-1,083	-33,357	22 Ülke
Kulüp 1	-0,636	-0,865	Çin Malezya, Filipinler
Kulüp 2	1,862	3,240	Meksika, Tayland
Kulüp 3	0,035	0,187	Bulgaristan, Macaristan, Polonya
Kulüp 4	-0,060	-0,188	Hindistan, Endonezya, Fas, Romanya
Kulüp 5	0,587	1,945	Rusya, Güney Afrika, Türkiye, Ukrayna
Kulüp 6	-0,048	-0,354	Arjantin, Brezilya, Şili, Kolombiya, Pakistan, Peru

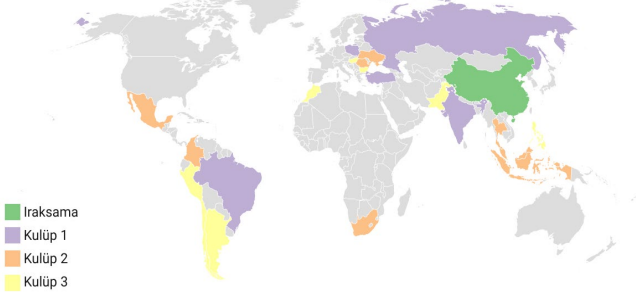


Tablo 4'teki sonuçlara göre, t istatistiği, kritik değerden küçük olduğu için panelin tamamı için yakınsama bulunmamaktadır. Panelin tamamında yakınsamanın olmaması nedeniyle daha sonraki aşamada ülkeler kulüplere ayrılmıştır. Kulüp yakınsama sonuçlarına göre t istatistiği -1,65'ten büyük olduğu için sonuçlar yorumlanabilmektedir. BİT ihracatı açısından Kulüp 1 üyeleri Çin, Malezya ve Filipinler olmak üzere Asya'nın gelişen ülkelerinden; Kulüp 3 üyeleri Bulgaristan, Macaristan ve Polonya şeklinde Avrupa ülkelerinden; Kulüp 5 üyeleri coğrafi olarak birbirine yakın olan Rusya, Ukrayna ve Türkiye ülkelerinden; Kulüp 6 üyeleri ise Güney Amerika kıtasında yer alan Arjantin, Brezilya, Kolombiya, Şili ve Peru ülkelerinden oluşmaktadır. Bu bulgulardan hareketle BİT ihracatında coğrafi olarak aynı bölgede bulunan ülkelerin aynı geçiş yoluna sahip olduğu ifade edilebilmektedir. Bir sonraki aşamada kulüp birleşme sonuçları kontrol edilmekte ancak hiçbir kulüp birleşmesinin anlamlı olmadığı gözlemlenmektedir¹. Tablo 5'te ise patent sayılarına ilişkin kulüp yakınsama sonuçları sunulmaktadır.

¹ Ek-1'de kulüp birleşme sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 5. Patent Sayısına Ait Kulüp Yakınsama Sonuçları

Başlangıç Sınıflandırılması			
	Katsayı	t test	Ülke İsimleri
Panel	-1,007	-19,061	22 Ülke
Kulüp 1	-0,101	-1,068	Brezilya, Hindistan, Polonya, Rusya, Türkiye
Kulüp 2	0,168	0,722	Kolombiya, Endonezya, Malezya, Meksika, Romanya, Güney Afrika, Tayland, Ukrayna
Kulüp 3	0,012	0,052	Arjantin, Bulgaristan, Şili, Macaristan, Fas, Pakistan, Peru, Filipinler
Grup 4			Çin



Tablo 5'teki sonuçlara göre, panelin tamamı için t istatistiği -19,061'dir ve kritik değer olan -1,65'ten küçüktür. Bu nedenle patent sayılarında gelişen piyasa ekonomilerinin tamamı için yakınsama olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Kulüp yakınsama sonuçlarına göre t istatistiği -1,65'ten büyük olduğu için kulüpler yorumlanabilmektedir. Patent sayıları açısından gelişen piyasa ekonomileri 3 kulübe ayrılmaktadır. Kulüp 1; BRICS birliğindeki üç ülkenin (Brezilya, Hindistan, Rusya) yanı sıra Türkiye ve Polonya'yı kapsamaktadır. Kulüp 2 üyeleri Kolombiya, Endonezya, Malezya, Meksika, Romanya, Güney Afrika, Tayland ve Ukrayna'dan; Kulüp 3 üyeleri ise Arjantin, Bulgaristan, Şili, Macaristan, Fas, Pakistan, Peru ve Filipinler'den oluşmaktadır. Bununla birlikte yapılan analizde kulüp birleşmelerinin anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Bu 3 kulüpten farklı olarak Çin iraksak grupta yer almıştır. Şekil 1'de kulüplerin ortalamaya göre nispi geçiş yolları sunulmuştur.



Şekil 1. Kulüp Ortalamalarının Nispi Geçiş Patikaları

Şekil 1’de, her bir panel için yakınsama kulüplerinin yatay kesit ortalamalarına göre nispi geçiş yolları gösterilmektedir. Bir değerinin altındaki bir geçiş yolu, kulüp seviyesinin panel ortalamasının altında olduğunu ifade etmektedir. Buna karşılık, birinin üzerindeki bir geçiş patikası kulüp seviyesinin panel ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir. Orta ve yüksek teknoloji ihracatında Kulüp 1 üyeleri panel ortalamasının üzerinde yer almaktadır. Kulüp 2 ve Kulüp 3 üyeleri panel ortalamasından uzaklaşan bir süreç izlemektedir. Şili ve Pakistan’ı oluşturan Kulüp 4 üyeleri ise diğer kulüplere göre oldukça geri kalmaktadır. Orta ve yüksek teknoloji ihracatında, Peru ile Kolombiya diğer kulüplere iraksayan bir yapıdadır. BİT ihracatında Çin, Malezya ve Filipinler’den oluşan Kulüp 1 üyeleri ortalamadan ciddi oranda uzaklaşan bir geçiş patikasında ilerlemektedir. Aynı şekilde Kulüp 2 ve Kulüp 3 üyeleri 1’in üzerinde yer almakta ve panel ortalamasından yukarı yönlü uzaklaşmaktadır. Hindistan, Endonezya, Fas ve Romanya’dan oluşan Kulüp 4 üyesi ülkeler, 2013 yılı sonrası panel ortalamasının altına düşmüştür. Rusya, Güney Afrika, Türkiye, Ukrayna’dan oluşan Kulüp 5 üyesi ülkeler ile Filipinler hariç Güney Amerika kıtasında yer alan Arjantin, Brezilya, Şili, Kolombiya ve Peru 1’in altında ve ortalamadan uzaklaşan bir süreç izlemektedir. Kulüp 4 üyeleri ise zamanla 1’den uzaklaşan yapıda devam etmiştir. Patent sayısında Kulüp 1 üyeleri diğer kulüplere kıyasla panel ortalamasının üzerinde yer almıştır. Kulüp 2 ve Kulüp 3 ise kendi çizgilerinde mesafelerini korumaktadır. Patent sayısında Çin, panel ortalamasının üzerinde yukarı yönlü bir yol izleyerek diğer kulüplerden ayrılmaktadır.

4. Sonuç ve Değerlendirme

Tarih boyunca endüstri alanında yaşanan devrim niteliğindeki teknolojik yenilikler, küresel üretimin ve ticaretin artmasına imkân sağlamıştır. Bu yeniliklere öncülük eden ülkelerde toplumsal refah düzeyinde önemli ölçüde artışlar yaşanmıştır. ABD, Almanya, Japonya vb. gibi gelişmiş ülkelerin gerek toplam Ar-Ge harcamaları gerekse toplam sermaye yatırımları dikkate alındığında, Endüstri 4.0 olarak adlandırılan sürece öncülük etmeleri beklenmektedir. Bu çalışmada ise gelecekte gelişmiş ülke statüsünde olmaları muhtemel gelişen piyasa ekonomisi ülkelerinde Endüstri 4.0'ın ayak izlerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, literatürdeki çalışmalardan yararlanılarak Endüstri 4.0'ı temsilen orta ve yüksek teknoloji ürün ihracatı, BİT ihracatı ve patent sayısına ait veriler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler kulüp yakınsama algoritması kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışmada bazı önemli sonuçlar ortaya konulmuştur. İlk olarak Meksika ile Tayland, Bulgaristan ile Macaristan, Şili ile Pakistan'ın aynı kulüpler içinde yer alarak aynı geçiş yollarına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci olarak gelişen piyasa ekonomileri arasında Peru'nun diğer gelişen piyasa ekonomilerinden geride kaldığı, Çin'in ise oldukça ileride bir çizgiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Üçüncü olarak kullanılan üç farklı göstergede, ülkelerin farklı kulüpler arasında yer aldığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle gelişen piyasa ekonomilerinde tek bir yakınsak durum olduğundan söz edilememektedir. Sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, politika yapıcıları için iki noktada politika çıkarımlarının altı çizilmektedir. Birincisi, her ülke mevcut endüstriyel altyapısına ve ihtiyaçlarına uygun olarak özelleştirilmiş Endüstri 4.0 stratejileri geliştirmelidir. İkincisi ise teknolojik altyapının güçlendirilmesinin, bu ülkelerin Endüstri 4.0'a geçiş sürecini hızlandıracağı düşünülmektedir.

Bu çalışma, gelişen piyasa ekonomilerinde Endüstri 4.0'ın kulüp yakınsamasının incelenmesi ile sınırlı kalmıştır. Bu bakımdan gelecek çalışmalarda stokastik yakınsama gibi diğer yakınsama türlerinin de araştırılması önerilmektedir. Ayrıca gelişen piyasa ekonomileri, kendi içerisinde homojen bir grup olarak kabul edilse de Endüstri 4.0 açısından çıkan farklılığın nedenlerinin incelenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Kaynaklar

- Adedoyin, F.F., Bekun, F.V., Driha, O.M. ve Balsalobre-Lorente, D. (2020). The effects of air transportation, energy, ICT and FDI on economic growth in the industry 4.0 era: Evidence from the United States. *Technological Forecasting And Social Change*, 160, 120297. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120297>
- Aginta, H., Gunawan, A.B. ve Mendez, C. (2023). Regional income disparities and convergence clubs in Indonesia: New district-level evidence. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 28(1), 101-132. <https://doi.org/10.1080/13547860.2020.1868107>
- Anastasiou, A. ve Zaroutieri, E. (2023). Energy poverty and the convergence hypothesis across EU member states. *Energy Efficiency*, 16(5), 38. <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10113-9>
- Aydın, A. (2021). Robotların istihdam üzerindeki etkisi: Seçilmiş ülkeler üzerine ampirik inceleme. *Çalışma ve Toplum*, 1(68), 269-288. <https://doi.org/10.54752/ct.1155509>
- Aydın, E. (2018). Türkiye'de teknolojik ilerleme ile istihdam yapısındaki değişme projeksiyonu: Endüstri 4.0 bağlamında ampirik analiz. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(31), 461-471. <https://dergipark.org.tr/en/pub/comuybd/issue/44733/556087>
- Aydınbaş, G. ve Erdiñç, Z. (2023). Endüstri 4.0 devriminin ekonomik büyümeye etkileri üzerine panel veri analizi. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 41(3), 363-387. <https://doi.org/10.17065/huniibf.1229519>
- Balan, F. ve Koyuncu, G. (2020). Endüstri 4.0 bağlamında yüksek teknoloji içeren ürün ihracatı ile işgücü verimliliği ilişkisi: Panel nedensellik analizi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 15(1), 1-10. <https://dergipark.org.tr/en/pub/girkal/issue/56284/756983>

- Barro, R.J. ve Sala-i-Martin, X. (1992). Convergence. *Journal of Political Economy*, 100(2), 223-251. <https://doi.org/10.1086/261816>
- Bogliacino, F., Piva, M. ve Vivarelli, M. (2012). R&D and employment: An application of the LSDVC estimator using European microdata. *Economics Letters*, 116(1), 56-59. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.01.010>
- Bulut, E. ve Yenipazarlı, A. (2020). Endüstri 4.0 ve teknolojinin istihdam üzerindeki etkisi, panel veri analizi. *Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies*, 7(2), 15-35. <https://doi.org/10.34232/pjess.722978>
- Cavusgil, S.T., Knight, G. ve Riesenberger, J. R. (2009). *International business: Strategy, management, and the new realities*. Pearson Education.
- Cezarino, L.O., Liboni, L.B., Oliveira S.N., Oliveira, B.G. ve Stocco, L.C. (2021). Diving into emerging economies bottleneck: Industry 4.0 and implications for circular economy. *Management Decision*, 59(8), 1841-1862. <https://doi.org/10.1108/MD-10-2018-1084>
- Costantini, M. ve Lupi, C. (2005). Stochastic convergence among European economies. *Economics Bulletin*, 3(38), 1-17. <https://www.economicsbulletin.com/2005/volume3/EB-05C30008A.pdf>
- Çivi, E. ve Çavuşgil, S.T. (2001). Yeni dünya düzeninde güç kazanan ülkeler: Yükselen ekonomiler. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 8(1), 113-128. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/145787>
- Dağlı, İ. ve Ezanoğlu, Z. (2021). Ar-Ge, patent ve ileri teknoloji ihracatının ekonomik büyümeye etkileri: OECD ülkeleri için dinamik panel veri analizi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 438-460. <https://doi.org/10.15869/itobiad.780229>
- De Long, J.B. (1988). Productivity growth, convergence, and welfare: Comment. *The American Economic Review*, 78(5), 1138-1154. <https://www.jstor.org/stable/1807174>
- Dhamija, P. (2022). South Africa in the era of Industry 4.0: An insightful investigation. *Scientometrics*, 127(9), 5083-5110. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04461-z>
- Doğaner, A. (2022). The Effect of R&D expenditures and number of patents on employment in Türkiye: An evaluation with the ARDL analysis. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 351-365. <https://doi.org/10.53306/klujfeas.1140229>
- Doru, Ö. (2023). Merkezi ve doğu Avrupa geçiş ekonomileri için AB ekonomileriyle gelir yakınsaması analizi. *Kapanaltı Dergisi*, (3), 72-81. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kmfed/issue/76350/1254233>
- Duttagupta, R. ve Pazarbasioglu, C. (2021). Miles to go: The future of emerging markets, *Finance and Development*. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2021/06/the-future-of-emerging-markets-duttagupta-and-pazarbasioglu.htm>
- Dünya Bankası (2024, 22 Temmuz). *Dünya kalkınma göstergeleri*. <https://data.worldbank.org/>
- Feldmann, H. (2013). Technological unemployment in industrial countries. *Journal of Evolutionary Economics*, 23, 1099-1126. <https://doi.org/10.1007/s00191-013-0308-6>
- Frank, A.G., Mendes, G.H., Ayala, N.F. ve Ghezzi, A. (2019). Servitization and industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 141, 341-351. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>
- Haider, S. ve Akram, V. (2019). Club convergence analysis of ecological and carbon footprint: Evidence from a cross-country analysis. *Carbon Management*, 10(5), 451-463. <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1640135>
- Hassoun, A., Aït-Kaddour, A., Abu-Mahfouz, A.M., Rathod, N.B., Bader, F., Barba, F.J., Biancolillo, A., Crotova J., Galanakis, C.M., Jambrak, A.R., Lorenzo, J.M., Måge, I., Ozogul, F. ve Regenstien, J. (2023). The fourth industrial revolution in the food industry—Part I: Industry 4.0 technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(23), 6547-6563. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2034735>

- Herrerias, M.J. (2013). The environmental convergence hypothesis: Carbon dioxide emissions according to the source of energy. *Energy Policy*, 61, 1140-1150. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.120>
- Kasa, H. (2020). Endüstri 4.0'ın ekonomik büyümeye etkisi: Yenilikçi ekonomilere yönelik ampirik bir analiz. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Özel Sayı*, 305-312. <https://doi.org/10.31590/ejosat.823569>
- Koç, Ş. ve Özcan, G. (2023). Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin incelenmesi: G7 ülkeleri için panel veri analizi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1-16. <https://doi.org/10.51124/jneusbf.2023.39>
- Konat, G., Gökçe, M. ve Kızılkaya, F. (2019). AB ülkelerinin yakınsaması: SURADF VE SURKSS birim kök testi. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, (31), 63-75. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ekoist/issue/50720/668060>
- Kwak, J. (2022). A new approach to the relative convergence test. *Applied Economics Letters*, 29(7), 597-603. <https://doi.org/10.1080/13504851.2021.1878090>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T. ve Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239-242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Manga, S. ve Tuna, A. (2023). Yükselen piyasa ekonomilerinde teknolojik gelişim ve işsizlik ilişkisinin incelenmesi: Dinamik panel veri analizi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 555-570. <https://doi.org/10.17336/igusbd.1051095>
- Martínez-Gutiérrez, A., Díez-González, J., Verde, P. ve Perez, H. (2023). Convergence of virtual reality and digital twin technologies to enhance digital operators' training in industry 4.0. *International Journal of Human-Computer Studies*, 180, 103136. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2023.103136>
- Misra, B.S., Kar, M., Nazlioglu, S. ve Karul, C. (2024). Income convergence of Indian states in the post-reform period: Evidence from panel stationarity tests with smooth structural breaks. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 29(1), 424-441. <https://doi.org/10.1080/13547860.2021.2022352>
- Noble, S.M., Mende, M., Grewal, D. ve Parasuraman, A. (2022). The fifth industrial revolution: How harmonious human-machine collaboration is triggering a retail and service [r] evolution. *Journal of Retailing*, 98(2), 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2022.04.003>
- Özsoylu, A.F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 41-64. <https://dergipark.org.tr/en/pub/cuiibfd/issue/34826/387693>
- Phillips, P.C. ve Sul, D. (2007). Transition modeling and econometric convergence tests. *Econometrica*, 75(6), 1771-1855. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2007.00811.x>
- Phillips, P.C. ve Sul, D. (2009). Economic transition and growth. *Journal of Applied Econometrics*, 24(7), 1153-1185. <https://doi.org/10.1002/jae.1080>
- Rita, S.L. (2023). Digital transformation: Patents as a determinant proxy for industry 4.0. *Journal of Current Science and Research Review*, 1(1), 37-69. <https://jcsrr.org/index.php/jcsrr>
- Rita, S.L., da Silva, L.S.C.V., Kaczam, F., Macedo, M.J.F.G., de Macedo, A.F.P., da Silva, W.V. ve da Veiga, C.P. (2023). Relationship between industry 4.0 and patents. *World Patent Information*, 74, 102221. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2023.102221>
- Sarıbaş, H. (2016). Ana akım büyüme modeli ve yakınsama hipotezlerinin analizi: Panel veri yaklaşımı. *Sosyoekonomi*, 24(30), 169-186. <https://doi.org/10.17233/se.2016.10.011>
- Sarıdoğan, H. Ö. (2019). Yüksek teknoloji ihracatı, bilişim hizmetleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Türkiye ve AB ülkeleri için bir panel veri analizi. *Gaziantep Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 19-30. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/719494>
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Tao, F., Qi, Q., Liu, A. ve Kusiak, A. (2018). Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 157-169. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.006>

- Tomal, M. (2024). A review of Phillips-Sul approach-based club convergence tests. *Journal of Economic Surveys*, 38(3), 899-930. <https://doi.org/10.1111/joes.12563>
- Tortorella, G.L. ve Fettermann, D. (2018). Implementation of industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2975-2987. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
- Ulucak, R. ve Apergis, N. (2018). Does convergence really matter for the environment? An application based on club convergence and on the ecological footprint concept for the EU countries. *Environmental Science and Policy*, 80, 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.002>
- Xu, M., David, J.M. ve Kim, S.H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90-95. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90>
- Yılandı, V. ve Gökçe, E.C. (2020). OECD ülkelerinde yakınsama hipotezinin geçerliliği: Kalıntılarla genişletilmiş panel fourier SURADF birim kök testi. *Sosyoekonomi*, 28(44), 395-407. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2020.02.18>
- You, K., Dal Bianco, S., Lin, Z. ve Amankwah-Amoah, J. (2019). Bridging technology divide to improve business environment: Insights from African nations. *Journal of Business Research*, 97, 268-280. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.01.015>

Ekler

Ek-1. BİT İhracatı ile Patent Sayısına Ait Kulüp Birleşme Sonuçları

BİT İhracatına Ait Kulüp Birleşme Sonuçları					
	Kulüp 1+2	Kulüp 2+3	Kulüp 3+4	Kulüp 4+5	Kulüp 5+6
Katsayı	-1,315	-0,247	-0,611	-0,494	-0,611
t değeri	-5,221	-2,304	-5,218	-3,038	-12,620
Patent Sayısına Ait Kulüp Birleşme Sonuçları					
Katsayı	-0,630	-0,388			
t değeri	-9,057	-2,533			