

Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi: G7 Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi

Şerife KOÇ¹  Günay ÖZCAN² 

¹ Dr. Öğrencisi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Bölümü, Konya, Türkiye
serifekoc20@gmail.com

² Doç. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İktisat Bölümü, Konya, Türkiye
gakel@erbakan.edu.tr

Makale Bilgileri	ÖZ
Makale Geçmişi Geliş: 19.12.2022 Kabul: 11.05.2023 Yayın: 30.06.2023	Dördüncü sanayi devrimi (Endüstri 4.0), günümüzde ürünlerin tasarlanması, üretilmesi, pazarlanması ve ödeme şekli dahil olmak üzere bütün endüstriyi etkisi altına almaktadır. Endüstri 4.0 olgusu imalat sanayinin dijitalleşmesini hızlandırmaktadır. Böylece yüksek katma değerli ürünler, minimum maliyetle yüksek miktarda üretilmektedir. Bu durum ülkelerin tamamında köklü değişimlere yol açmaktadır. Nitekim yenilikleri takip edemeyen ülkelerin ekonomik gelişme hızları yavaşlayacaktır. Bu bağlamda çalışmanın amacı Endüstri 4.0 olgusunun büyüme üzerindeki etkisini analiz etmektir.
Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Ekonomik Büyüme, Ar-Ge Harcaması, Bilgi İletişim Teknolojileri İhracatı, Patent Başvuru Sayısı.	Endüstri 4.0 ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, G7 ülkelerine (Almanya, Amerika, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya, Kanada) ait 1990-2019 yıllarını kapsayan veriler yarımı ile analiz edilmiştir. Çalışmada panel veri yöntemlerinden Ortak İlişkili Etkiler (Common Correlated Effects (CCE)) ve Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group (AMG)) eşbütünleşme tahmincileri kullanılmıştır.
JEL Kodları: O47, O34, O31.	Çalışmadan elde edilen bulgular, Ar-Ge harcamalarının büyüme üzerindeki etkisi hem AMG hem de CCE tahmincilerince pozitif ve anlamlı çıkmıştır. Patent sayısının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi Almanya, ABD ve İngiltere'de anlamlı ve pozitif çıkmıştır. Bilgi iletişim teknolojileri ihracatının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ise Almanya dışında diğer ülkelerde anlamlı çıkmış olup sadece ABD, Fransa ve Japonya'da negatif etki ettiği sonucu çıkmıştır.

Examining the Impact of Industry 4.0 on Economic Growth: Panel Data Analysis for G7 Countries

Article Info	ABSTRACT
Article History Received: 19.12.2022 Accepted: 11.05.2023 Published: 30.06.2023	The fourth industrial revolution (Industry 4.0) is now affecting the entire industry, including the design, manufacture, marketing and payment method of products. Industry 4.0 phenomenon accelerates the digitization of the manufacturing industry. Thus, high value-added products are produced in high quantities at minimum cost. This situation leads to radical changes in all countries. As a matter of fact, the pace of economic development of countries that cannot follow innovations will slow down. In this context, the aim of the study is to analyze the effect of Industry 4.0 phenomenon on growth.
Keywords: Industry 4.0, Economic Growth, R&D Expenditure, Information Communication Technologies Exports, Number of Patent Applications.	The relationship between Industry 4.0 and economic growth has been analyzed with the data of G7 countries (Germany, America, France, England, Italy, Japan, Canada) covering the years 1990-2019. In the study, Common Correlated Effects (CCE) and Augmented Mean Group (AMG) cointegration estimators from panel data methods were used.
Jel Codes: O47, O34, O31	The findings obtained from the study, the effect of R&D expenditures on growth was positive and significant by both AMG and CCE estimators. The effect of the number of patents on economic growth was significant and positive in Germany, USA and England. The effect of ICT exports on economic growth was significant in countries other than Germany, and it was concluded that it had a negative effect only in the USA, France and Japan.

Atf/Citation: Koç, Ş. ve Özcan, G. (2023). Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi: G7 Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 4(2): 1-16.



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ

Sanayi, bir ekonomik sistem içinde mekanizasyon kullanılarak ürünler üretilen yerler olarak ifade edilmektedir. Sanayileşmenin ortaya çıkmasından günümüze kadar olan teknolojik gelişmeler ve gelecekte oluşması muhtemel değişimler endüstriyel devrimler olarak tanımlanmaktadır. Birinci endüstri devriminde mekanizasyon yoğunlaşmaya başlamış, ikinci endüstri devriminde mekanizasyon ile sanayide elektriğin kullanımı ve kitle üretime geçilmiş, üçüncü endüstri devriminde ise dijitalleşme yaşanmıştır. Son olarak dördüncü endüstri devrimi olarak adlandırılan (Endüstri 4.0) günümüz paradigması, üretimin akıllı fabrikalarda yapıldığı ve internet teknolojisi kullanılarak otonom robotların üretimin bir parçası haline geldiği, ileri teknolojik ürünler kullanılmak suretiyle yeni üretim süreçlerinin oluştuğu bir olgu olarak karşımıza çıkmıştır.

Endüstri 4.0 kavramı birçok yeniliği içinde barındırmaktadır. Örneğin akıllı fabrikalar, 3D yazıcılar, simülasyon, büyük veri, bulut bilişim, siber güvenlik, nesnelerin interneti, yatay/dikey entegrasyon olarak sıralanmaktadır. Siber fiziksel sistemler, gerçek ve sanal dünyayı birbirine bağlamaya yardımcı olduğundan dolayı Endüstri 4.0 olgusunun itici güçlerinden biridir. Siber fiziksel sistemlerle kurulan akıllı fabrikalarda, düşük maliyetli yüksek kalitede ve çok sayıda özelleştirilmiş ürünler üretilebilmektedir.

Büyük veri, mevcut bilgi sistemlerinin işlemeyeceği kadar çok sayıda farklı veriye ulaşılması şeklinde ifade edilebilir. Büyük verileri kullanan işletmeler ve kurumlar tüketicilerin geleceğe yönelik taleplerini tahmin ederek kar maksimizasyonu sağlamaya çalışmaktadırlar. Bulut bilişim, internet tabanlı veri depolama sistemidir. Özellikle bilgisayarların ek bir donanım ve yazılıma gerek kalmadan büyük verilerin depolanmasını sağlar. 3D yazıcı ile ürünler istenilen şekilde kısa sürede tasarlanarak tüketicilerin talepleri karşılanmakta ve montaj ihtiyacı az olan ürünler üretildiğinden maliyet düşmektedir. Ayrıca üretim aşamasında kullanılan malzemeyi verimli şekilde kullanmakta hatta atık malzemeyi tekrar üretime dahil etmektedir. Simülasyon yazılımı ile tasarım sürecinde olan bir montaj hattının çalışma durumu hakkında analiz yapılabilir ve oluşabilecek aksaklıklar tespit edilerek gerekli önlemler alınabilir. Böylece fiziksel olarak kurulan montaj sisteminde ortaya çıkabilecek hataların önüne geçildiği için zaman kaybı olmayacaktır. Yatay entegrasyon, müşteri profilleri aynı olan farklı işletmelerin birleşme yoluna gitmesidir. Dikey entegrasyon, aynı piyasadaki farklı alt sektörlerdeki işletmelerin birleşmesi şeklinde ifade edilir. Yatay ve dikey entegrasyon birleşmesi sonucunda kişiye özel üretim, kaynak kullanımında verimlilik ve esnek bir yapıda üretim yapılmaktadır. Endüstri 4.0 olgusunun getirisi olan bu teknolojik yenilikler ekonomide köklü değişimlerin yaşanmasını sağlayacaktır. Özellikle üretim sürecinin yeniden şekillenmesini sağlamak suretiyle minimum maliyetle ve katma değeri yüksek ürünler kısa zamanda üretilecektir.

Ülkeler tüm bu gelişmelerden fayda sağlayarak yeni oluşan bu Endüstri 4.0 olgusunda öncü olmak için çaba harcamaktadırlar. Çünkü ülkeler küresel rekabet gücünü artırmak ve ekonomik güç olma yolunda, Endüstri 4.0 olgusunun bileşenlerinin ekonomiyle bir bütün olması gerektiğinin bilincindedir. Bu sebeple çalışmanın amacı, 1990 ve 2019 yılları arasında G7 ülkelerinde (Almanya, Amerika, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya, Kanada) Endüstri 4.0 potansiyelinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu amaçla ekonomik büyümeyi temsilen Gayri safi yurtiçi hasılayı ve Endüstri 4.0 gelişimini temsilen ise Ar-Ge harcamaları, toplam patent başvuru sayısı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatı göstergeleri kullanılmıştır. Literatür incelendiğinde Endüstri 4.0 üzerine yapılan çalışmalar kapsamında çalışmamızın hem örneklem hem de ekonometrik analiz yöntemleriyle literatüre bir katkı yapacağını düşünmekteyiz. Araştırmamızın ilk bölümünde ekonomik büyüme ve endüstri 4.0 arasındaki ilişkiye yönelik teorik çerçeveye değinilmiştir. Sonrasında ise bahsi geçen konulara ilişkin ampirik çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde panel veri analizi yapılmış ve son kısımda ise elde edilen bulguların değerlendirildiği sonuç bölümü yer almıştır.

1. TEORİK ÇERÇEVE

Günümüzde Endüstri 4.0 olarak ifade edilen endüstriyel değer oluşturma süreci, yeniden şekillenmektedir. Endüstri 4.0 süreci için, akıllı üretim, endüstriyel üretim, entegre endüstri ifadeleri de kullanılmaktadır. Endüstri 4.0, mevcut durumda ürünlerin tasarlanması, üretilmesi, teslimi ve ödeme şeklini değiştirmek suretiyle endüstrinin bütününe etkileme potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir. Siber fiziksel sistemlerin kullanılması, nesnelere interneti ve büyük veriyi geliştirmenin sonucundan sürekli gelişen bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır (Maresova vd., 2018, s.2).

Alman Telekomünikasyon Derneği BITKOM, Endüstri 4.0 kavramını açıklamak için 100'ün üzerinde farklı tanımlama yapıldığını tespit etmiştir (Moeuf vd., 2018, s.1118). Trappey vd. (2016) için Endüstri 4.0 kavramı; nesnelere interneti, büyük veri ve bulut bilişim gibi bilgi iletişim teknolojilerinin akıllı bir strateji ile birleştirilmesi neticesinde üretimin gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Schumacher vd. (2016)'ne göre endüstri 4.0 kavramı, internetin ve gömülü sistemlerin yeni bir çeşit akıllı ağ ve dinamik bir değer zinciri oluşturmak amacıyla insan faktörü, akıllı makineler, ürün hatları, fiziksel nesnelere ve üretim süreçlerini organizasyonel sınırlar boyunca bir bütün haline getirmekte kullanılan en son teknolojik gelişmeler şeklinde tanımlanmaktadır.

Endüstri 4.0'ın amacı, hem yüksek oranda verimlilik elde etmek hem de otomasyon seviyesini artırmaktır. Ayrıca Endüstri 4.0'ın temel özellikleri arasında dijitalleşme, üretimin özelleştirilmesi, insan makine etkileşimi bulunmaktadır. Bu özellikler internet teknolojisi ile ilişkisini ve Endüstri 4.0'ın bilgi yönetim süreci olduğunu göstermektedir (Lu, 2017, s.1).

Endüstri 4.0 yaklaşımı, CPS teknolojisi aracılığı ile dijital ve fiziksel dünyaların entegrasyonunun omurgasını oluşturmak suretiyle yeni bir üretim paradigması sunmaktadır. Bu üretim paradigmasını benimseyen ve kullanan şirketlerde üretkenlik ve verimlilik seviyelerinin yükselmesi kaçınılmaz olduğundan gelecek yıllarda şirketlerin karşılaşacakları endüstriyel gelişmelere uyum sağlamaları kolay olacaktır. Endüstri 4.0 süreci, iş modelleri, iş organizasyonları ve üretim teknolojisi ile ilgili paradigma kayması beraberinde bir dizi ekonomik ve sosyal fırsat sunan büyük bir potansiyeli barındırmaktadır (Pereira ve Romero, 2017, s.1207).

Geleneksel üretim yapan şirketlerin genellikle endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımıyla ilgili stratejik planlarının olmadığı söylenebilir. Almanya ve İsviçre gibi ülkeler endüstriyel alt yapının geliştirilmesindeki başarısı ile diğer ülkelere yol gösterici konumundadır. Endüstri 4.0'ı uygulamada olgunluk aşamasına ulaşmışlardır. Ancak bununla birlikte Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde birçok üretici sadece kendi kuruluşları ile sınırlı olmayan tüm endüstrideki dönüşümle karşı karşıya kaldığı için zorluk çekmektedir. Az gelişmiş ülkelerde üretim, emek faktörüne dayalı yapıldığı için Endüstri 4.0 olgunluk düzeyi oldukça düşüktür. Bu durumda endüstrideki otomasyon yerine Endüstri 4.0 aşamasına geçebilmek için hükümetlerin endüstri çapında desteği ile mümkün olacağını uzmanlar vurgulamaktadır (Hughes vd., 2020, s.2).

Bütün bu gelişmelerin neticesinde Endüstri 4.0 olgusunun dünya ekonomisinde birçok değişimi ve dönüşümü beraberinde getirdiği görülmektedir. Bu durumda teknolojik gelişmelerde fiziksel sermayenin yanı sıra beşeri sermayenin de önemli bir etkisinin olduğu kesindir. Beşeri sermayenin gelişmesi sayesinde inovasyon ve ar-ge faaliyetlerinin önemi giderek artmıştır. Değişen dünya ekonomisinde ülkelerin yüksek büyüme trendlerine ulaşmaları, ar-ge ve inovasyon faaliyetlerinde yakaladıkları ivmelere de bağlıdır (Kasa ve Arslan, 2020, s.1811). İnovasyon hem küresel büyümeyi hem de ülkelerin ekonomik büyümesini hızlandırmak suretiyle sürdürülebilir rekabet avantajı sağlar. Gelişmiş ekonomilerde inovasyon büyümeyi teşvik ederken, gelişmekte olan ülkelere ise ulusal

rekabet edebilirliklerini arttırmaktadır. İnovasyon, ülkelerin endüstriyel yapılarını sürekli olarak daha ileriye taşımalarını sağlayan ana faktördür (Anuşlu ve Fırat, 2020, s.49).

İktisadi olarak teknolojik gelişmeler ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi arz ve talep açısından değerlendirmek mümkündür. Arz açısından değerlendirildiğinde, teknolojik gelişmeler verimliliği artırır. Verimliliğin artması üretimi yani arzı artırır. Talep açısından değerlendirildiğinde teknolojik gelişmeler, ürünlere yeni özellikler eklenmesini sağladığı için tüketicinin ilgisini çekmektedir. Böylece tüketici talebini belli doyum noktasına ulaşıncaya kadar artırır. Kısaca teknolojik gelişmeler, üretim süreçlerinin daha etkin kullanımını sağladığından dolayı üretimde verimliliğin artmasını tetikler. Emek ve sermaye ürünlere katma değer katarak ürünün değerini arttırmaktadır. Böylece teknolojik gelişmeler ekonomik büyümeyi olumlu etkilemiştir (Erden Özsoy ve Tosunoğlu, 2020, s.5; Doğru ve Meçik, 2018, s.1585).

Teknolojik gelişmelerin ekonomik büyümeyi arttıracığını Schumpeter yaratıcı yıkım teorisinde vurgulamıştır. Bu teoriye göre, teknolojik gelişmelere uyum sağlayamayan ve verimi azalan firmalar piyasadan çekilir. Teknolojik yeniliklere uyum sağlayan ve üretimde verimlilik artışı yakalayan yenilikçi firmalar piyasaya girer. Yenilikçi firmaların ekonomik büyümeyi arttıracığını varsaymıştır (Doğru ve Meçik, 2018, s.1586).

Romer (1986) ve Lucas (1988) çalışmalarında teknolojinin içsel olduğunu varsayarak ülkeler arasındaki ekonomik farklılıkların nedenlerini teknolojik gelişmeler olduğunu açıklamışlardır. İçsel büyüme teorilerinin çıkış noktası firmaların ar-ge harcamaları neticesinde ortaya çıkarmış oldukları teknoloji ve yeniliklerdir (Özer ve Çifçi, 2015, s.1).

Ar-Ge harcamalarının ekonomiye etkisi incelendiğinde büyümeye katkı sağladığı görülmüştür. Şöyle ki ar-ge harcamaları yeni ürünlerin piyasaya çıkışı ve var olan ürünlere yeni özellikler eklenmesinde etkilidir. Yüksek teknolojik ürünlere olan dış talebin artması ihracatın artmasına yol açmaktadır. İhracatın artması ise ülkeye döviz girişini artırarak ekonomik büyümeye ve istihdamın artmasına sebep almaktadır. Ülkenin gelirinin artması yenilikçi ürünlerin desteklemesine ve farklı iş kollarının açılmasına katkı sağlamaktadır. Bu durumda yine istihdam artışı ve refah seviyesi yükselmektedir (Bulut ve Yenipazarlı, 2020, s.17).

Nitekim Asya ülkelerinin büyüme oranlarında görülen artışların ve dünya ekonomisinde söz sahibi olmalarının ardında yatan temel etken, ar-ge faaliyetlerine yaptıkları yatırımlardır. 2018 yılında Çin, ar-ge harcamalarına 370 milyar dolar yatırım yapmıştır. Ülkelerin ar-ge faaliyetlerine verdiği önem giderek artmaktadır (Kaya ve Abay, 2020, s.82).

Literatürün çoğunluğunda inovasyonun ekonomik büyüme ve sosyoekonomik etkisinin kesin olduğu görülmektedir. İnovasyonu, sosyal, kültürel ve teknolojik değişimlerin kaynağı olduğu ve buluşların ortaya çıkarılmasındaki en önemli etken olarak değerlendirilmektedir. İnovasyon ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki dünya genelinde önemini korumaktadır (Anuşlu ve Fırat, 2020, s.45).

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkisi son yıllarda birçok farklı yöntem ve örneklem grubu üzerinde çeşitli ekonometrik yöntemlerle test edildiği görülmüştür. Bu ilişkinin ele alındığı çalışmalarda endüstri 4.0'ı temsilen ar-ge, ileri teknoloji ihracatı, patent başvuru sayısı, genişbant penetrasyonu ve beşerî sermaye gibi veriler kullanılmıştır.

Czernich vd. (2011), çalışmalarında 1996-2007 yılları arasında OECD ülkelerinde genişbant alt yapısındaki iyileştirmelerle ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri ile analiz etmişlerdir.

Çalışmanın sonucunda genişbant penetrasyonundaki %10'luk bir artışın kişi başına GSYH'yı yüzde 0,9-1,5 puan artırdığı tespit edilmiştir.

Ng vd. (2013), 1998-2011 yılları arasında Güney Doğu Asya Ülkeleri Birliği'ndeki (ASEAN) 10 ülke için genişbant penetrasyonu ve ekonomik büyüme arasında arasındaki ilişkiyi havuzlanmış en küçük kareler yöntemi ve GGM dinamik panel veri modeli ile test etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda sabit genişbant penetrasyonu ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özkan ve Yılmaz (2017), 1996-2015 yılları arasında 12 AB üyesi ülke ile Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payının ileri teknoloji ihracatının toplam mal ihracatı ve GSYH üzerindeki etkisini panel veri yöntemiyle analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatını ve GSYH'yı arttırdığı tespit edilmiştir.

Özcan ve Özer (2017), 1995-2013 dönemi için seçili 23 OECD ülkesinin ar-ge harcamaları ve patent başvuru sayılarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada Westerlund Panel Eşbütünleşme testi kullanılması sonucunda ar-ge harcamaları ve patent başvuru sayılarını ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Yıldız (2017), 2005-2014 yılları arasında Türkiye ve BRICS ülkelerinde yüksek teknoloji ihracatının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel veri yöntemi ile tahmin etmiştir. Bu çalışmanın sonucunda ileri teknoloji ihracatının artması Türkiye ve BRICS ülkelerinde ekonomik büyümeyi artırıcı etkisinin olduğu saptanmıştır. Bu sebeple seçili ülkeler sürdürülebilir ekonomik büyümeyi yakalamak için yüksek katma değerli üretime ihtiyacı olduğu vurgulanmıştır.

Pradhan vd. (2018), 2001-2012 yılları arasında G-20 ülkelerindeki bilgi iletişim teknolojilerinin alt yapısındaki gelişme ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel granger nedensellik testi ile analiz etmişlerdir. Sabit genişbant, işgücüne katılım oranı, tüketici fiyat endeksi GSYH'a verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada bilgi iletişim teknolojisinin alt yapısındaki iyileştirmeler kişi başı GSYH'yı pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Kabaklarlı ve Atasoy (2019), genişbant altyapısı ile iletişimin maliyetlerinde azalma meydana gelmekte ve toplam faktör verimliliğinin artmasını sağlayarak GSYH'nın yükselmesine yol açmaktadır. Bu çalışmada 2001-2016 yılları arasındaki genişbant internet aboneliklerinin GSYH üzerindeki etkisi dinamik GMM modeli kullanılarak 57 ülke için analiz yapılmıştır. Seçili ülkeler için genişbant altyapısı ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönde ilişki olduğu saptanmıştır. Ayra genişbant internet sayısında GSYH'yı artırdığı sonucuna varılmıştır.

Öztürk ve Alaşahan (2019), bu çalışmada endüstri devrimlerini oluşum sıralarına göre değerlendirmiştir. Özellikle Endüstri 4.0 devrimine yoğunlaştığı analizde Türkiye ve seçili ülke ekonomilerini Pedroni eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testini kullanmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda Türkiye'nin Endüstri 4.0 kavramıyla bütünleşmesi ve seçili ülkelere göre lider konuma gelebilmesi için teknoloji ihracatını artırması ve yüksek teknoloji üretimini gerçekleştirmesi gerektiği vurgulanmıştır. Türkiye'nin Endüstri 4.0 kavramıyla ilgili eğitim ve ar-ge faaliyetlerinin hız kazanmasının bu süreç yönetimi için önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir.

Sarıdoğan (2019), 1998-2017 yılları arasında Türkiye ve AB ülkelerinin yüksek teknoloji ihracatı ile bilişim hizmetleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi LR, LM, F ve Hausman testleri ile analiz etmiştir. Bu çalışmanın sonucunda hem yüksek teknoloji ihracatı hem de bilişim hizmetlerinin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaya ve Abay (2020), 1996-2018 yılları arasında AB üyesi en büyük 10 ekonomi ve Türkiye'de ar-ge ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, sabit etkiler modeli, rassal etkiler modeli, GMM ve system GMM modellerini kullanarak analiz etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda kamunun ar-ge harcamalarını artırması ekonomik büyümeyi arttıracığı tespit edilmiştir.

Kasa (2020), bu çalışmada Endüstri 4.0 süreciyle bütünleşmiş ve entegre olma noktasında gerekli çalışma ve stratejiler geliştirmiş yenilikçi ülkelerin gelişim aşamasını incelemiştir. 16 ülkenin Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ürün ihracatları, beşerî sermaye endeksi, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve patent başvurularının kişi başına GSYH üzerine etkisi, sistem GMM modeli kullanarak analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda yüksek teknoloji ihracatı ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının kişi başına GSYH'a etkisinin pozitif olduğu tespit edilmiştir.

Kurniawati (2021), 2000-2018 yılları arasında yüksek ve orta gelirli 25 Asya ülkesindeki bilgi iletişim teknolojileri ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel eş bütünleşme testi ile analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda yüksek gelirli Asya ülkelerinin yüksek internet penetrasyonundan pozitif ve ciddi oranda ekonomik gelişme sağladığı ve ayrıca orta gelirli Asya ülkelerinde ekonomik büyümeyi yüksek oranda artıracığı tespit edilmiştir.

Tablo 1. Endüstri 4.0 ve Ekonomik Büyüme İlişkisi Literatür Tablosu

Yazarlar	Çalışma Yapılan Ülke	Çalışma Dönemi	Çalışmada Kullanılan Değişkenler	Çalışmada Kullanılan Yöntem	Sonuç
Czernich vd. (2011)	Oecd	1996-2007	Genişbant İnternet, Gsyh,	Panel Veri	Genişbant penetrasyonundaki %10'luk bir artışın kişi başına GSYH'yı yüzde 0,9-1,5 puan artırdığı tespit edilmiştir
Ng vd. (2013)	Asean	1998-2011	Genişbant İnternet, Gsyh	Havuzlanmış Ekk, Gmm Dinamik Panel	İstatistikî olarak anlamlı pozitif etki
Özkan ve Yılmaz (2017)	Türkiye	1996-2015	Ar-Ge Harcamaları, Yüksek Teknoloji İhracatı, GSYH	Panel Veri	İstatistikî olarak anlamlı pozitif etki
Özcan ve Özer (2017)	23 OECD Ülkesi	1995-2013	Kişi Başına Düşen Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla, Ar-Ge Harcamaları, Patent Başvuru Sayısı	Westerlund Panel Eşbütünleşme	Uzun dönemde istatistikî olarak anlamlı ve pozitifdir. Buna karşın kısa dönem katsayıları pozitif fakat istatistikî olarak anlamlı değildir.

Yıldız (2017)	Brics Türkiye	2005-2014	Kişi Başı Gsyh, Brüt Sermaye, Yüksek Teknoloji İhracatı	Panel Sabit Etkiler, Panel Rassal Etkiler	İstatistiki olarak anlamlı pozitif etki
Pradhan vd. (2018)	G-20	2001-2012	Sabit Genişbant, İşgücüne Katılım Oranı, Tüketici Fiyat Endeksi, Kişi Başı Gsyh	Granger Nedensellik Testi	İstatistiki olarak anlamlı pozitif etki
Kabaklarlı ve Sencer (2019)	57 Ülke	2001-2016	Kişi Başı Gsyh, Genişbant İnternet, İşgücü, Ticaret, Nüfus	Dinamik Gmm Modeli	İstatistiki olarak anlamlı pozitif etki
Öztürk ve Alaşahan (2019)	Küresel İnovasyon Endeksindeki 10 Ülke	2011-2016	GSYH, Ar-Ge Harcaması, Patent Başvurusu, Yüksek Teknoloji İhracatı, Küresel İnovasyon Endeksi	Pedroni Eşbütünleşme Testi, Granger Nedensellik	İstatistiki olarak anlamlı pozitif etki
Sarıdoğan (2019)	AB Ülkeleri, Türkiye	1998-2017	AR-Ge Harcamaları, GSYİH, Yüksek Teknoloji İhracatı, Bilişim Hizmetleri, Emek, Sermaye	LR, LM, F ve Hausman Testleri	Ekonomik büyümeyi anlamlı ve pozitif etkilemiştir.
Kaya ve Abay (2020)	AB Üyesi En Büyük 10 Ekonomi ve Türkiye	1996-2018	GSMH, Patent Başvurusu, Doğrudan Yabancı Yatırım, Araştırmacı Sayısı, Yüksek Teknoloji Ürün İhracatı	Sabit Etkiler Modeli, Rassal Etkiler Modeli, GMM ve System GMM Modeli	Kamu Ar-Ge harcamalarının artması büyümeyi diğer değişkenlere oranla daha fazla artırmaktadır.
Kasa (2020)	Sistem GMM Modeli Kullanarak Seçilmiş 16 Ülke	1991-2018	Kişi Başı GSYH, Beşeri Sermaye Endeksi, Yüksek Teknoloji Ürün İhracatı, Ar-Ge Harcamaları, Patent Başvuruları, Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları	Sistem GMM Modeli	İstatistiki olarak anlamlı pozitif etki
Kurniawati (2021)	Yüksek ve Orta Gelirli 25 Asya Ülkesi	2000-2018	Kişi Başı GSYH, Toplam İşgücü, İnternet Kullanımı, Sabit ve Mobil Telefon Aboneleri, Dış Ticaret, Doğrudan Yabancı Yatırım	Panel Eşbütünleşme Testi	Doğrudan Yabancı Yatırımlarla negatif ilişki, diğer değişkenlerle pozitif ilişki

3. AMPİRİK ANALİZ

3.1. Veri ve Model

Bu çalışmada dördüncü sanayi devriminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemek amacıyla panel veri analizi yöntemleri kullanılmıştır. Analizde, G7 ülkelerine (Almanya, Amerika, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya, Kanada) ait 1990-2019 yılları arası yıllık veriler kullanılmıştır. Analizde ekonomik büyümeyi temsilen gayri safi yurtiçi hasıla (GDP) bağımlı değişken olarak modele dahil edilmiştir. Endüstri 4.0'ı potansiyelini temsil etmek üzere Ar-Ge harcaması, patent başvuru sayısı, Bilgi iletişim teknolojileri ihracatı göstergeleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan veriler; gayri safi yurtiçi hasıla ve ar-ge harcamaları OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) veri tabanından, patent başvuru sayısı WIPO (Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü) veri tabanından ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatı ise Dünya Bankası veri tabanından temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan model şu şekilde oluşturulmuştur:

$$gdp_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}arge_{it} + \beta_{2i}pat_{it} + \beta_{3i}bithrct_{it} + \varepsilon_{it}$$

3.2. Yöntem

Çalışmada verilerin analizinde panel veri yöntemlerinden faydalanılmıştır. Panel veri analizinin avantajlarından biri kesit ve zaman boyutunun dikkate alınmasıyla veri kümesinin genişletilmiş olması hem bu genişletilen küme ile serbestlik derecesinin büyümesi hem de çoklu doğrusal bağlantı gibi bir sorunun ortadan kalkmasına yardımcı olmasıdır. Bu avantaj ekonometrik analiz sonuçlarının daha etkin ve anlamlı olmasını sağlamaktadır. Panel veri analizinde serilere uygulanan birim kök ve eşbütünleşme testlerinden önce uygulanacak testlerin belirlenmesi için yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik testlerinin yapılması gerekmektedir. Analiz için ele alınan ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının bulunması analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir (Bresusch ve Pagan, 1980).

Analize başlarken ilk olarak yatay kesit bağımlılığı testi yapılmıştır. Aynı zamanda ülke eğim katsayılarının homojen olup olmaması da devam eden diğer analiz aşamalarında yapılacak olan testlerin doğru seçimi için gerekli olan bir testtir. Homojenlik ve yatay kesit bağımlılığı testlerinden sonra analizin sonuçlarına göre uygun olan 2. Nesil birim kök testi Smith_Bootstrap testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre I(1) olan seriler için uygun eşbütünleşme testi yatay kesit bağımlılığını da dikkate alan Westerlund ve Edgerton (2007) LM (bootstrap) Testi ile sınanmıştır. Eşbütünleşmenin varlığı tespit edildikten sonra uzun dönem eş-bütünleşme katsayıları Pesaran'ın (2006) geliştirdiği CCE ve AMG yöntemiyle tahmin edilmiştir.

3.3. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenlik Testleri

Yatay kesit bağımlılığı "cross-section dependency" testi (CD), Breusch ve Pagan'ın (1980) geliştirdiği LM (Lagrange Multiplier) testi ve Pesaran'ın (2004) geliştirdiği CD testleriyle test edilmiştir. Ülkelerin eğim katsayılarının homojen olup olmamasını belirleyen homjenlik testi olan Delta testi yapılmıştır. Homojenlik testi (HT), ülkelerin eğim katsayılarının yani ortaya çıkan bir değişimde ülkelerin etkilenmelerinin aynı seviyede veya farklı seviyede olup olmadığını test etmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008).

Tablo 2. Yatay kesit bağımlılığı ve Homojenlik testi sonuçları

Regresyon modeli:		
$gdp_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}arge_{it} + \beta_{2i}pat_{it} + \beta_{3i}bithrct_{it} + \varepsilon_{it}$	İstatistik	Olasılık Değeri
Yatay kesit bağımlılığı testi:		
LM (BP,1980)	87.527***	0.000
CD_{lm} (Pesaran, 2004)	10.265***	0.000
CD (Pesaran, 2004)	6.398***	0.000
LM_{adj} (PUY, 2008)	7.948***	0.000
Homojenlik testi:		
$\tilde{\Delta}$	4.748***	0.000
$\tilde{\Delta}_{adj}$	5.309***	0.000

Not: ***, **, * istatistiki olarak %1, %5 ve %10 anlam düzeyini göstermektedir

Tablo 2' de verilen sonuçlara bakıldığında yatay kesitin olmadığı test eden boş hipotez reddedilmektedir. Ayrıca eğim katsayılarının homojenliğini de delta testi ile test edilmiştir. Delta testi sonucuna göre eğim katsayılarının heterojen olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bulgularla birlikte çalışmada kullanılan serilerin birim kök ve eşbütünleşme analizleri yapılırken CD varsayımı altında ve heterojenliği dikkate alan daha tutarlı sonuçlar üreten ikinci nesil birim kök ve eş-bütünleşme analizlerinin kullanılması gerekmektedir.

3.4. Panel Birim Kök Testi

Modelin yatay kesit bağımlılığı içermesi, değişkenlerin durağanlığını araştırmak için ikinci nesil testlerin (yatay kesit bağımlılığını dikkate alarak) kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, değişkenlerin durağanlığını araştırmak için Smith vd. (2004) tarafından yatay kesit bağımlılığı dikkate alan birim kök testi uygulanmış ve Tablo 3.'de sunulmuştur. Smith et al. (2004) testi, IPS (2003) tarafından metodik olarak geliştirilen birim kök testine dayanmaktadır. Bu test yönteminde, yatay kesit bağımlılığının ortak faktörlerin ayrıştırılması yerine bootstrap yöntemiyle dikkate alındığı bir yaklaşımla ve bireysel ADF istatistiklerinin ortalaması alınarak t istatistikleri elde edilir.

Tablo 3. Smith et al. "bootstrap" Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Seviyede		Sabitli		Sabitli ve Trendli	
		Statistic	Bootstrap p-value	Statistic	Bootstrap p-value
gdp	$t\text{-bar}$	0.924	1.000	-1.491	0.888
	WS	1.408	1.000	-1.999	0.623
$arge$	$t\text{-bar}$	-0.279	0.993	-2.391	0.261
	WS	-0.255	0.984	-2.083	0.618
pat	$t\text{-bar}$	-1.289	0.686	-1.451	0.962

	WS	-1.215	0.465	-1.797	0.873
<i>bithrct</i>	<i>t-bar</i>	-0.874	0.939	-3.157	0.007
	WS	-0.889	0.793	-2.467	0.214

Birinci Farkında

<i>gdp</i>	<i>t-bar</i>	-2.606	0.005***	-3.055	0.026**
	WS	-2.920	0.001	-3.353	0.007***
<i>arge</i>	<i>t-bar</i>	-2.612	0.000***	-2.523	0.163
	WS	-2.691	0.000	-2.884	0.022**
<i>pat</i>	<i>t-bar</i>	-2.802	0.002***	-3.008	0.011**
	WS	-2.942	0.000	-3.210	0.002***
<i>bithrct</i>	<i>t-bar</i>	-4.799	0.000***	-4.796	0.000***
	WS	-4.096	0.000	-4.474	0.000***

Not: ***, **, * istatistiki olarak %1, %5 ve %10 anlam düzeyini göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak alınmış ve optimal gecikme uzunlukları genelden özele (general-to-specific) yaklaşımı ile belirlenmiştir. Olasılık değerleri 5000 bootstrap dağılımından elde edilmiştir.

Tablo 3.'de verilen Smith et al. 2004 birim kök test sonuçlarına göre bağımsız değişkenler düzeyde birim kök içermektedir ve birinci farklar alındığında durağan hale gelmektedir. Panel birim kök testlerinden elde edilen bulgular, ikinci nesil panel eşbütünleşme testlerinin yatay kesit bağımlılığı ve değişkenlerin durağan dereceleri dikkate alınarak yapılması gerektiğini göstermektedir.

3.5. Panel Eşbütünleşme Testi

Ekonometrik modellemede değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığı eşbütünleşme testleri ile incelenebilir. Fakat bu testler yapılırken yine birim kök analizinde olduğu gibi heterojenliği ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan testlerin kullanılması gerekmektedir.

Bu nedenle, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığı, yatay kesit bağımlılığı dikkate alınarak Westerlund ve Edgerton (2007) tarafından geliştirilen LM Bootstrap eşbütünleşme testi ile araştırılacaktır. LM Bootstrap eşbütünleşme testinin önemli özelliği, küçük örneklerde güçlü sonuçlar vermesidir.

Tablo 4. LM Bootstrap Eşbütünleşme Test Sonucu

Test	Sabit			Sabit ve Trendli		
	İstatistik	Asymptotic p-value	Bootstrap p-value	İstatistik	Asymptotic p-value	Bootstrap p-value
LM bootstrap (Ho: cointegration)						
LM_N^+	4.234	0.000	0.759	6.113	0.000	0.532

Tablo 4.'de verilen lm-bootstrap eşbütünleşme testi sonucuna göre boş hipotez olan eşbütünleşmenin varlığı kabul edilmiş olup serilerin uzun dönem birlikte hareket ettikleri söylenebilir. Bu analizden sonra uzun dönem birlikte hareket eden serilerin katsayılarını tahmin etmek için uzun dönem tahmincileri kullanılmıştır.

3.6. Panel Eşbütünleşme Tahmincisi

Endüstri 4.0 ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönem eşbütünleşme katsayılarının tahmini için yine yatay kesit bağımlılığını dikkate alan iki ayrı tahminci kullanılmıştır. Uzun dönemli ilişkilerin incelenmesinde kullanılan CCE ve AMG tahmincilerine dair çalışmamızda analiz edilen değişkenlerin tahmin sonuçları Tablo 5.'de verilmiştir.

Tablo 5. CCE ve AMG Tahminci Sonuçları

	arge		pat		bithrct	
	CCE	AMG	CCE	AMG	CCE	AMG
Panel Geneli	7.1519 *	2.415***	2.1652	1.230**	0.0001*	-6.161
	(0.073)	(0.000)	(0.688)	(0.034)	(0.070)	(0.580)
Almanya	1.340***	2.091***	1.659***	0.3078	0.0287	-7.761
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.854)	(0.192)	(0.101)
ABD	1.628***	2.193***	1.336	6.525***	-0.001	-0.0003***
	(0.000)	(0.000)	(0.216)	(0.000)	(0.222)	(0.000)
İngiltere	-0.803	2.699***	7.694*	2.839***	8.401	0.0001**
	(0.908)	(0.000)	(0.010)	(0.000)	(0.851)	(0.016)
Fransa	13.071*	4.384***	-2.100	5.071*	-9.721**	-5.367
	(0.008)	(0.000)	(0.159)	(0.077)	(0.040)	(0.621)
İtalya	-12.217	16.231	13.124	16.752	6.121	0.007**
	(0.448)	(0.100)	(0.551)	(0.490)	(0.479)	(0.001)
Japonya	8.926***	1.251***	-1.400*	0.590	-0.0001	-0.0005***
	(0.000)	(0.000)	(0.083)	(0.491)	(0.202)	(0.002)
Kanada	8.117***	9.055*	-0.157	3.526	1.371	0.0001***
	(0.006)	(0.069)	(0.939)	(0.238)	(0.703)	(0.002)

Not: ***, **, * istatistikî olarak %1, %5 ve %10 anlam düzeyini göstermektedir.

Tablo 5.'de yer alan CCE ve AMG test sonuçları, endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre; arge harcamalarının Almanya, ABD, İngiltere, Fransa, Japonya ve Kanada'da ekonomik büyümeye pozitif etki gösterirken İtalya'da bu ilişki anlamlı sonuç vermemektedir. Panel geneli de arge harcamalarının etkisi hem AMG hem de CCE tahmincilerince pozitif ve anlamlı çıkmıştır. Almanya, ABD ve Japonya'da arge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi %1 anlamlılık düzeyinde her iki tahmincede de pozitif olduğu görülmektedir. Patent sayısının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi Almanya, ABD ve İngiltere'de anlamlı ve pozitif çıkmıştır. Bilgi iletişim teknolojileri ihracatının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ise Almanya dışında diğer ülkelerde anlamlı çıkmış olup sadece ABD, Fransa ve Japonya'da negatif etki ettiği sonucu çıkmıştır.

CCE ve AMG testlerinin istatistiksel olarak anlamlı olan katsayıları yorumlandığında arge harcamalarında meydana gelen %1'lik bir artış, ekonomik büyüme üzerinde Almanya'da yaklaşık

olarak %1.34, ABD'de %1.62, Japonya'da %8.92 artışa sebep olmaktadır. Patent sayısında meydana gelen %1'lik bir artışın Almanya'da ekonomik büyümede yaklaşık %1.66'lık bir artış yarattığı görülmektedir.

SONUÇ

Ülkeler, Endüstri 4.0 olgusunda öncü olmak için çaba harcamaktadırlar. Çünkü ülkeler küresel rekabet gücünü artırmak ve ekonomik güç olma yolunda, Endüstri 4.0 olgusunun bileşenlerinin ekonomisiyle bir bütün olması gerektiğinin bilincindedir.

Endüstri 4.0, ilk kez Almanya tarafından dünyaya tanıtılmıştır. Almanya, Amerika, Fransa, İngiltere, İtalya ve Kanada Endüstri 4.0 kavramının tüm endüstrilere yayılması için politikalar uygulamışlardır. Japonya bu kavramı daha ileriye taşıyıp toplum 5.0 vizyonunu oluşturmuştur. Tüm bu gelişmelerin ortaya çıkmasında ar-ge harcamalarındaki artışlar, patent sayıları ve bilgi iletişim teknolojilerinin yaygınlaşması etkili olmuştur.

Bu çalışmada G7 ülkelerinde Endüstri 4.0'ın ekonomik büyüme üzerindeki etkisi literatürde yapılan diğer teorik ve ampirik çalışmalar da göz önüne alınarak model oluşturulup test edilmiştir. Çalışmanın analiz sonuçları, teoride beklenen ve diğer çalışmalarda da çoğunlukla ileri sürülen (Kasa, 2020; Özcan ve Özer, 2017; Sarıdoğan, 2019; Yıldız, 2017) pozitif bir ilişki şeklinde bulunmuştur.

Arge harcamalarının ve patent başvuru sayısının ekonomik büyümeye etkisi İtalya dışında diğer tüm G7 ülkelerinde pozitif ve anlamlı olduğu görülmektedir. Bilgi iletişim teknolojileri ihracatının ekonomik büyümeye etkisi ise Almanya dışında diğer ülkeler anlamlı fakat ABD, Fransa ve Japonya'da negatif etki ettiği görülmektedir. Ülkelerin uyguladıkları politikalar sonucunda arge harcamaları, patent sayıları ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatının büyüme üzerindeki etkisi değişmiştir. Bu durumda ülkelerin uygun politikaları zamanında devreye koyması, Endüstri 4.0 avantajını yakalayıp küresel rekabet ortamında güç kazanmak için belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Bresusch T. S., & Pagan, Adrian R. (1980), The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification In Econometrics, *Review of Economic Studies*, 47 (1), 239-253.
- Bulut, E., & Yenipazarlı, A. (2020). Endüstri 4.0 ve Teknolojinin İstihdam Üzerindeki Etkisi, Panel Veri Analizi. *Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies*, 7(2), 15-35.
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband İnfrastructure and Economic Growth. *The Economic Journal*, 121(552), 505-532.
- Doğru, B. & Meçik, O. (2018). Türkiye'de Endüstri 4.0'ın İşgücü Piyasasına Etkileri: Firma Beklentileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı*, 1581-1606.
- Doğruel Anuşlu, M. & Fırat, S. Ü. (2020). Ülkelerin Endüstri 4.0 Seviyesinin Sürdürülebilir Kalkınma Düzeylerine Etkisinin Analizi. *Endüstri Mühendisliği, I.EİM Kongresi*, 44-58.
- Erden Özsoy, C. & Tosunoğlu, B. (2020). Endüstri 4.0 ve Gelişmekte Olan Ülkelerde İstihdamın Geleceği. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21 (4), 1-17.
- Hughes, L., Dwivedi, Y. K., Rana, N. P., Williams, M. D., & Raghavan, V. (2020). Perspectives On the Future of Manufacturing Within The Industry 4.0 Era. *Production Planning & Control*, 1-21.

- Kabaklarlı, E. & Atasoy, BS (2019, Kasım). Geniş Bant Altyapısı Ve Ekonomik Büyüme: Seçilen Ülkeler İçin Panel Veri Yaklaşımı. In *DIEM: Dubrovnik Uluslararası Ekonomik Toplantısı* 4(1), 105-114. Sveučilište u Dubrovniku.
- Kasa, H. & Arslan, G. (2020). Endüstri 4.0 Kapsamında Teorik Bir Analiz: Türkiye Örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19 (76), 1810-1826. DOI: 10.17755/esosder.665849.
- 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.
- Kaya, İ. & Abay, M. (2020). Türkiye ile Avrupa Birliği Üyesi 10 Ekonominin Arge-Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 81-95.
- Kurniawati, M.A. (2021), Analysis of The Impact of Information Communication Technology On Economic Growth: Empirical Evidence From Asian Countries, *Journal of Asian Business and Economic Studies*. <https://doi.org/10.1108/JABES-07-2020-0082>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues. *Journal of industrial information integration*, 6, 1-10.
- Maresova, P., Soukal, I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamat, A., & Krejcar, O. (2018). Consequences Of Industry 4.0 In Business and Economics. *Economies*, 6(3), 46.
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The Industrial Management of Smes in The Era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136.
- Ng, T. H., Lye, C. T., & Lim, Y. S. (2013). Broadband Penetration and Economic Growth İn ASEAN Countries: A Generalized Method of Moments Approach. *Applied Economics Letters*, 20(9), 857-862.
- OECD (2022), Gross domestic product (GDP) (indicator). doi: 10.1787/dc2f7aec-en (Accessed on 15 March 2022)
- OECD (2022), Gross domestic spending on R&D (indicator). doi: 10.1787/d8b068b4-en (Accessed on 15 March 2022)
- Özcan, S. E., & Özer, P. (2017). Ar-Ge Harcamaları ve Patent Başvuru Sayısının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(1), 15-28.
- Özer, M. & Çiftçi, N. (2015). Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisi: Oecd Ülkeleri Panel Veri Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (23), 1-9
- Özkan, G., & Yılmaz, H. (2017). Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknoloji Ürün İhracatı ve Kişi Başı Gelir Üzerindeki Etkileri: 12 Ab Ülkesi ve Türkiye İçin Uygulama (1996-2015). *Bilgi Ekonomisi Ve Yönetimi Dergisi*, 12(1), 1-12.
- Öztürk, S. & Alaşahan, Y. (2019). Türkiye Endüstri 4.0 Uygulamalarının Değerlendirmesi: Panel Veri Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (61), 1-18.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A Review of The Meanings and The Implications of The Industry 4.0 Concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Pesaran, Hashem M. & Yamagata, Takashi (2008), Testing Slope Homogeneity in Large Panels, *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- Pesaran, Hashem M. (2004), General Diagnostic Test for Cross Section Dependence In Panels, IZA Discussion Paper 1240. Institute for the Study of Labor.
- Pesaran, Hashem M.. (2006), Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panels with a Multifactor Error Structure, *Econometrica*.74, 967-1012.

- Pradhan, R. P., Mallik, G., & Bagchi, T. P. (2018). Information Communication Technology (ICT) Infrastructure And Economic Growth: A Causality Evinced by Cross-Country Panel Data. *IIMB Management Review*, 30(1), 91-103.
- Sarıdoğan, H. Ö. (2019). Yüksek Teknoloji İhracatı, Bilişim Hizmetleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye ve AB Ülkeleri İçin Bir Panel Veri Analizi. *Gaziantep Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 19-30.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia Cirp*, 52, 161-166.
- Smith, L. Vanessa, Leybourne, Stephen, Kim Tae-Hwan ve Newbold, Paul (2004), More Powerful Panel Data Unit Root Tests with An Application To Mean Reversion In Real Exchange Rates, *Journal of Applied Econometrics*, 19, 147-70.
- Trappey, A. J., Trappey, C. V., Govindarajan, U. H., Chuang, A. C., & Sun, J. J. (2017). A Review of Essential Standards and Patent Landscapes for The Internet of Things: A Key Enabler for Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 33, 208-229.
- Westerlund, Joakim ve Edgerton, David L. (2007), A Panel Bootstrap Cointegration Test, *Economics Letters*, 97, 185-90.
- WIPO (2021), Statistics Database. <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>.
- World Bank (2022), World Development Indicators, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>.
- Yıldız, Ü. (2017). BRICS Ülkeleri ve Türkiye'de Yüksek Teknoloji İhracatı ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Panel Veri Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (53), 26-34.

Extended Abstract

The fourth industrial revolution (Industry 4.0) is now affecting the entire industry, including the design, manufacture, marketing and payment method of products. Industry 4.0 phenomenon accelerates the digitization of the manufacturing industry. Thus, high value-added products are produced in high quantities at minimum cost. In addition, Industry 4.0 also affects workforce, infrastructure, innovation skills and macroeconomic indicators. This situation leads to radical changes in all countries. Countries prefer digitalization in order to provide global competitiveness and not to fall behind in production compared to other countries. As a matter of fact, the pace of economic development of countries that cannot follow innovations will slow down. For all these reasons, countries are developing various strategies to integrate the Industry 4.0 phenomenon with the economic actors of the country.

In addition, the concept of Industry 4.0 includes many innovations. For example, smart factories, 3D printers, simulation, big data, cloud computing, cyber security, internet of things, horizontal/vertical integration. Cyber-physical systems are one of the drivers of Industry 4.0 phenomenon as they help connect the real and virtual worlds. In smart factories established with cyber physical systems, low cost, high quality and many customized products can be produced. Big data can be expressed as accessing a large number of different data that current information systems cannot process. Businesses and institutions using big data try to maximize profits by predicting the future demands of consumers. Cloud computing is an internet-based data storage system. In particular, it allows computers to store large data without the need for additional hardware and software. With the 3D printer, the products are designed in a short time as desired, the demands of the consumers are met and the cost is reduced since the products with less assembly need are produced. In addition, it uses the material used in the production phase efficiently and even re-includes the waste material in production. With the simulation software, an analysis can be made about the working status of an assembly line that is in the design process, and the necessary precautions can be taken by detecting the malfunctions that may occur. Thus, there will be no loss of time as errors that may arise in the physically installed assembly system are prevented. Horizontal integration is the merger of different businesses with the same customer profiles. Vertical integration is expressed as the merging of businesses in different sub-sectors in the same market. As a result of the merger of horizontal and vertical integration, production is carried out in a customized production, efficiency in resource use and a flexible structure.

Countries are making an effort to be a pioneer in this newly formed Industry 4.0 phenomenon by benefiting from all these developments. Because countries are aware that the components of the Industry 4.0 phenomenon should be a whole with the economy in order to increase their global competitiveness and become an economic power. For this reason, the aim of the study is to examine the effect of Industry 4.0 potentials of selected countries on economic growth between 1990-2019. When the literature is examined, it is seen that the econometric analysis part is missing because it has been determined that most of the studies on Industry 4.0 are done conceptually. This study is important in order to fill the gap in the literature.

Data and Method

This study investigates the effect of Industry 4.0 potential on economic growth in G7 countries (Germany, America, France, England, Italy, Japan, Canada). For this purpose, in our study, Gross domestic product representing economic growth and R&D expenditures, total number of patent applications, information communication technologies export indicators were used to represent Industry 4.0 development.

Relationships between variables were investigated using annual data for the period 1990-2019 for the G7 countries. In the globalization process, it is quite possible that the economies of the countries will be affected by each other or that a change in one of the countries will affect the others. Cross-section dependency in the literature in transferring this phenomenon to econometric methods dependency" (CD) tests are used. Cross-section dependency test (CD) was investigated with LM test developed by Bresusch and Pagan (1980) or CD tests developed by Pesaran (2004, 2008). As a result of the test, the cross-section dependence between the variables and in the model was reached. According to these results, an economic shock that occurs in one of the countries in the periods discussed affects other countries, or an economic imbalance that occurs in other countries also affects a single country. It is also very important whether the coefficients for each country are homogeneous in the analysis. The homogeneity test (HT) tests whether other countries are affected at the same or different levels by the change in one of the cross-sections. In the study, homogeneity (HT, ((Slope) developed by Pesaran and Yagamata (2008) Homogeneity Test) or Delta test)) test was used. The HT test results show that the said interaction is heterogeneous, that is, the emerging economic shocks affect each country at different levels. However, in the next step, in order to investigate whether the series included in the study are stationary or not, the panel unit root test developed by Smith et al., (2004) which is valid in the case of $T > N$ and takes into account the cross-section dependency, was used, and other unit root tests were used with SADF and KPSS. has also been tested. According to the test results, it was determined that the variables were stationary at their first difference (I(1)). The cointegration test developed by Westerlund and Edgerton (2007), which considers the cross-section dependency and assumes that the slope

coefficients are heterogeneous, was used to understand whether the series that are stationary at I(1) level move together in the long run. The critical values of this test are based on the bootstrap approach. The results of the test show that the series move together in the long run. In the study, three different estimation methods were used to determine the long-term relationship between the variables. These methods, Mean Group (Mean Goup (MG)), Joint Related Effects (Common Correlated Effects (CCE)) and Extended Average Group Estimator (Augmented mean Group (AMG)) methods.

Analysis Findings

CCE and AMG test results show the effects of industry 4.0 on economic growth. According to the analysis results; While R& D expenditures have a positive effect on economic growth in Germany, USA, England, France, Japan and Canada, this relationship does not yield significant results in Italy. The effect of R& D expenditures across the panel was found to be positive and significant by both AMG and CCE estimators. It is seen that the effect of R& D expenditures on economic growth in Germany, USA and Japan is positive in both estimators at the 1% significance level. The effect of the number of patents on economic growth was significant and positive in Germany, USA and England. The effect of information and communication technologies exports on economic growth was significant in countries other than Germany, and it was concluded that it had a negative effect only in the USA, France and Japan.

the statistically significant coefficients of the CCE and AMG tests are interpreted, a 1 % increase in R& D expenditures causes an increase of approximately 1.34% in Germany, 1.62% in the USA, and 8.92% in Japan on economic growth. It is seen that a 1 % increase in the number of patents creates an increase of 01.66 % in economic growth in Germany.

Conclusion

Countries are making an effort to be a pioneer in the Industry 4.0 phenomenon. Because countries are aware that the components of the Industry 4.0 phenomenon should be a whole with the economy in order to increase their global competitiveness and become an economic power.

Industry 4.0 was introduced to the world for the first time by Germany. Germany, America, France, England, Italy and Canada have implemented policies to spread the concept of Industry 4.0 to all industries. Japan has taken this concept further and created the vision of society 5.0. In the emergence of all these developments, the increase in R& D expenditures, the number of patents and the spread of information and communication technologies.

R&D expenditures and number of patent applications on economic growth is positive and significant in all G7 countries except Italy. The effect of ICT exports on economic growth is significant in other countries except Germany, but it has a negative effect in the USA, France and Japan. As a result of the policies implemented by the countries, the effect of R& D expenditures, number of patents and information and communication technologies exports on growth has changed. In this case, the timely implementation of appropriate policies by countries shows that it plays a decisive role in gaining strength in the global competitive environment by catching the advantage of Industry 4.0.