

MODERN ÇAĞIN SANAYİ DEVRİMİ: ENDÜSTRİ 4.0 ÜZERİNE PANEL ARDL ANALİZİ

Industrial Revolution Of Modern Age: Panel ARDL Analysis On Industry 4.0

Dr. Öğr. Üyesi Yeşim KUBAR

Firat Üniversitesi, İİBF/ İktisat Bölümü, Elazığ /TÜRKİYE

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3439-9430>

Y.L. Öğrencisi Meryem KIL

Firat Üniversitesi, SB Enstitüsü/ İktisat Anabilim Dalı, Elazığ /TÜRKİYE

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1620-0184>

ÖZET

Endüstrileşme kavramı, teknolojiye meydana gelen gelişmeler ile artan verimliliğin ekonomik büyümeye yansımalarını ifade ederken, diğer taraftan ülkelerin ekonomik refahı ve sosyal anlamda değişimini de belirtmektedir. Endüstri 4.0 olarak bilinen son sanayi devrimi, akıllı üretim sistemlerinin, gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojilerinin sanayileşmede meydana getirdiği değişimler ile oldukça önemli hale gelmiştir. Bu nedenle çalışma, G-20 ülkelerinde Endüstri 4.0' ın gelişimini, 2000-2020 dönemi için panel veri analizi kullanarak uzun ve kısa dönemdeki ilişkiyi test etmeyi amaçlamıştır.

Çalışmada birimler arası yatay kesit bağımlılığının var olduğu belirlenmiş, ikinci kuşak CIPS birim kök testi ile durağanlık analizi yapılmıştır. Değişkenler I(0) ve I(1) düzeyinde durağan oldukları için Panel ARDL analizi kullanılmış, Swamy-S Homojenlik testi ile serilerin heterojen olduğu tespit edilmiş, uzun ve kısa dönem ilişkisinin belirlenmesinde PMG tahmincisinden yararlanılmıştır. PMG tahmincisi sonuçlarına göre modellerde hata düzeltme katsayısının negatif ve anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Ar-Ge Harcamaları, Ekonomik Büyüme, Orta ve İleri teknoloji, Panel ARDL

ABSTRACT

While the concept of industrialization expresses the reflection of the increasing productivity with economic developments on economic growth, on the other hand, it is also suggests economic welfare of countries and their change in social sense. The recent industrial revolution, known as Industry 4.0, has become highly important with the changes smart production systems and developed information and communication systems formed in industrialization. Therefore, the study has aimed to test the development of Industry 4.0 in G-20 countries and the relationship in the long and short term, using panel data analysis for long and short terms.

In the study, it was identified that there was horizontal cross sectional dependency between units. Since the variables are stationary at the levels of (0) and I(1), Panel ARDL analysis was used; it was identified that series was homogenous by means of Swamy-S Homogeneity Test, PMG predictor was identified in identifying long and short relationship. According to the results of PMG predictor, it was concluded that error correction coefficient in the models was negative and significant.

Key Words: Industry 4.0, A&D Expenditures, Economic Growth, Middle and Advanced Technology, Panel ARDL

1. GİRİŞ

Teknolojik yenilikler ile iktisadi büyüme arasındaki ilişki 1980'lerden bu yana araştırılan bir konu olmuştur. İçsel büyüme ve neoklasik büyüme teorilerinden farklı olarak ekonomik büyümeyi dışsal kabul görmüş faktörlerin sonucu değil de ekonomik sistemin içsel bir sonucu olduğu savunulmuş ve ülkeler arasındaki refah farklılıkları teknolojik değişimler ile ilişkilendirilmiştir. Böylelikle sanayi devriminden sonra kişi başı milli gelirden meydana gelen hızlı artış teknolojik gelişmelere dayandırılmış, bilginin üretimde artan marjinal verimliliğe sahip bir girdi olduğu uzun vadeli bir büyüme modeli sunulmuştur (Romar, 1986; Lucas, 1988). Fakat teknolojik yenilikleri ekonomik büyümenin itici gücü olarak gören Schumpeter (1911,1939), yaratıcı yıkımın işgücü piyasasına şiddetli ve uzun süreli çatışmalar getirdiğini

ayrıca işsizliğe de sebep olacağını savunmaktadır. Schumpeter için teknolojik işsizlik en önemli işsizlik türüdür demek mümkündür (Kasa,2020:306).

Geçmişten bu yana üç tane sanayi devrimi yaşanmış olup her sanayi devriminin oluşma sebepleri ise birbirinden farklıdır. Birinci sanayi devrimi zamanında üretim aşamasında su buharı kullanılıyor iken, ikinci sanayi devriminde elektrik gücü kullanılmaya başlanmıştır. Devamında üçüncü sanayi devriminde ise elektronik ve enformasyonun kullanımı başlamıştır. İlk üç sanayi devrimi değerlendirildiği zaman mekanizasyon, elektronik ve bilişim-teknolojilerinin bir sonucu olarak meydana gelen yapısal dönüşümler ve yenilikler dikkat çekmektedir. Mal ve hizmetlerin interneti, siber-fiziksel sistemler vb. teknolojilerin üretim aşamalarında eklenmeleri ise şuan içerisinde bulunmuş olduğumuz Dördüncü Sanayi Devrimini ifade etmektedir.

Küreselleşme ve teknolojik gelişmelerde meydana gelen ilerlemeler, dünyada yenilikçilik, rekabetçilik ve ekonomik büyümede artış sağlamıştır. Endüstri 4.0 kavramı, Almanya'da endüstri ile ilgili olan her fuarda, konferansta veya devlet tarafından finanse edilen projelere yönelik bildirimlerde çok yaygın bir şekilde kullanılmakta olup; ilk defa 2011'de Hanover Fuarı'nda değinilmiş ve beraberinde çok fazla tartışmayı meydana getirmiştir.

Dünya Ekonomik Forumu(WEF) kurucusu ve "Dördüncü Sanayi Devrimi" kitabının yazarı Klaus Schwab, Endüstri 4.0'ı " yaşadığımız, çalıştığımız ve ilişki halinde olduğumuz yolu temelden değiştirecek bir teknolojik devrim" olarak ifade etmektedir. Schwab Endüstri 4.0'ı fiziksel mega trend, biyolojik mega trend ve dijital mega trend olarak gruba ayırmaktadır. Fiziksel mega trend olarak tanımladığı grup; gelişmiş robotik, özerk taşıtlar(dronlar vs), 3D yazıcılar ve nano-teknolojik malzemeleri içermektedir. Biyolojik mega trendler ise; biyoteknoloji, nöroteknoloji ve genom projeleri gibi yeniliklerdir. Grup içerisinde en önemlisi olarak dikkat çeken dijital mega trendler ise yapay zeka, nesnelerin interneti, blok zinciri, bulut teknolojisi, büyük veri, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi inovasyonları içermektedir (Schwab, 2017:15-34).

Endüstri 4.0'ın potansiyelleri ise şu şekilde aktarılabilir:

- ✓ Bireysel müşteri ihtiyaçlarını karşılamak,
- ✓ Esneklik sağlamak,
- ✓ Optimize karar alma,
- ✓ Kaynaklarda verimlilik ve etkinliği sağlamak,
- ✓ İş yaşam dengesini elde etme ,
- ✓ Yeni hizmetler ile değer fırsatları yaratma (Ertuğrul ve Deniz, 2018:166).

2. LİTERATÜR TARAMASI

Falk(2007), 1970-2004 yılları arasındaki OECD ülkelerinde araştırma ve geliştirme harcamalarının uzun vadeli ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel veri analizi kullanarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre ise Ar-Ge harcamalarının ve ileri teknoloji sektöründeki A-Ge yatırımlarının payının kişi başı GSYH üzerinde pozitif bir etkisi olduğuna ulaşılmıştır.

Braunerhjelm ve Thulin (2008), çalışmalarında OECD üyesi 19 ülke için 1981-1999 yılları arasında araştırma ve geliştirme harcamaları, yüksek teknoloji ürün ihracatı ve ülke büyüklüğü arasındaki ilişkiyi panel veri ile incelemiştir. Çalışma sonucunda; Ar-Ge harcamalarında ortaya çıkan %1 birimlik artış yüksek teknoloji ürün ihracatında %3 birimlik bir artışı meydana getirmektedir.

Horvath (2011) ,uzun dönemli GSYİH ile Ar-Ge yatırımları arasındaki ilişkiyi inlemiş olup, Ar-Ge yatırımlarının ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Tebaldi(2011), 1980-2008 yıllarına ait veri setini değerlendirdiği panel veri analizinde ileri teknoloji ürünlerine ait ihracatı etkileyen etmenleri belirlemeye çalışmıştır. İnsanların eğitim durumu, doğrudan yabancı sermaye yatırımı, ihracat ve ithalat toplamının yurtiçi hasılaya oranı, gayri safi yurtiçi tasarruflar(yurtiçi hasılaya oranı), göçmenler, döviz kuru indeksi, gayri safi sermaye birikimi ve enflasyon değişkenlerini kullandığı çalışmada yedi farklı model üzerinden tahmin edilen sonuçlara göre insan kaynağı, doğrudan yabancı sermaye yatırımları, ihracat ve ithalat toplamı ve ileri teknoloji ürünlerin ihracatı arasında pozitif bir etkinin olduğu kanısına ulaşılmıştır.



Wang vd. (2013), 23 OECD ülkesi ve Tayvan için ileri teknoloji sektöründeki araştırma ve geliştirme harcamalarının iktisadi büyüme üzerindeki etkisini 1991-2006 verilerini kullanarak test etmişlerdir. Çalışma sonucunda yüksek teknoloji ürünleri araştırma ve geliştirme harcamalarının kişi başına düşen GSYH üzerinde oldukça güçlü bir etkisinin varlığına ulaşılmıştır.

Kacprzk ve Doryn(2014), AB-28 ülkelerine ilişkin araştırma ve geliştirme harcamaları ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi ele almış oldukları çalışmalarında ülkeleri AB-13 ve AB-15 olarak iki gruba ayırmışlar ve bu grupların 1993-2011 yıllarına ait verilerini incelemişlerdir. Barro tipi bir regresyon ile modellemiş oldukları çalışmada açıklık değişkenini analize üçüncü bir değişken olarak eklemişlerdir. GMM testinden elde ettikleri sonuçlara göre AB için tek model bir büyüme reçetesinin mümkün olmadığını belirtmişlerdir.

Sandu ve Ciocanel(2014) çalışmalarında, 26 ülkenin 2007-2012 yılları arasındaki çeşitli değişkenlerini kullanarak Ar-Ge ve yeniliğin meydana getirdiği etkiyi araştırmışlardır. Panel veri analizi kullanılan bu çalışmanın sonucunda ise; kamu sektöründe araştırma ve geliştirme yatırımlarında meydana gelen %1 birimlik artışın toplam ihracat içerisinde ileri teknoloji ürünleri ihracatının payını %8 arttıracığı; firmaların Ar-Ge harcamalarındaki artışın ise %9 olacağına ulaşılmıştır.

Inekwe (2015), 66 adet ülkeyi düşük-orta gelirli ve orta-üst gelirli ülkeler olacak şekilde gruplandırmış olduğu çalışmada ülkelerin 2000-2009 yıllarına ait verilerinden yararlanarak ekonomik büyüme üzerindeki Ar-Ge harcamalarının durumunu tespit etmiştir. Ar-Ge harcamalarının bu ülkeler üzerindeki etkisini Dinamik Sistem GMM, birleştirilmiş ortalamalı grup ve üç aşamalı en küçük kareler GMM modelleri ile test etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda ise orta-üst gelirli ülkelerde ekonomik büyüme üzerinde Ar-Ge harcamalarının pozitif etkisi söz konusu iken, düşük-orta gelirli ülkelerde araştırma ve geliştirme harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin anlamsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Feki ve Mnif(2016), 35 Gelişmekte olan ülkeler için 2004-2011 yıllarındaki girişimcilik, teknolojik gelişmeler ve iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi statik ve dinamik panel veri yöntemi ile test etmişlerdir. Sonuç olarak, yeni işletmelerin yoğunluğu büyüme için pozitif korelasyon olduğu yönündedir. Ayrıca teknolojik gelişmelerin iktisadi büyüme üzerindeki kısa dönemli etkisi negatif , uzun dönemli etkisinin ise pozitif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Freimane ve Balina (2016), 2000-2013 yıllarını kapsayan dönemde Avrupa Birliği'ne üye ülkeler için Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri analiziyle test etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, Ar-ge harcamalarının AB ülkelerindeki ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin anlamlı olduğuna ulaşılmıştır. Ar-ge harcamalarına ait katsayının önemi farklı alt dönemlere göre daha güçlüdür. Fakat yeni AB ülkelerinin bir alt örneği test edildiğinde anlamlılık seviyesinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Özkan ve Yılmaz(2017), çalışmalarında 12 AB ülkesi ve Türkiye için 1996-2015 yılları arasındaki verileri ele alarak araştırma ve geliştirme harcamalarının yüksek teknolojili ürün ihracatı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma ve geliştirme harcamalarının yüksek teknolojili ürün ihracatı ile iktisadi büyüme üzerinde pozitif etki meydana getirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Sezgin(2017), çalışmada gelişmiş ve gelişmekte olan ülke gruplarında ar-ge harcamalarının büyüme ile ilişkisini 2010-2016 yılları verilerinden yararlanarak incelemiştir. Analiz sonucunda gelişmekte olan ülkeler için ar-ge değişkeni ekonomik büyüme üzerinde %5.7 pozitif yönlü bir etkisinin olduğuna ulaşılrken, gelişmiş ülkeler için ar-ge değişkeni ise ekonomik büyüme üzerinde %10.7 pozitif bir etkinin olduğuna ulaşılmıştır.

Autor ve Solomons(2018), teknolojik gelişmelerin istihdam üzerindeki etkilerini dört farklı açıdan ele almışlardır. Buna göre teknolojik yeniliklerin sektör içi etkisi, ileri ve geri bağlantı etkileri, sektörler arasındaki etkisi ve nihai talep etkisi olmak üzere dört etki mekanizması bulunmaktadır. Çalışmada toplam faktör verimliliğindeki artışı teknolojik yeniliklerin bir göstergesi olarak değerlendirmektedirler. Sonuca göre ise toplam faktör verimliliğindeki artışın istihdam üzerinde doğrudan negatif etkisi, dolaylı pozitif etkisinden küçüktür. Kısacası teknolojik ilerlemeler ile istihdam arasında pozitif bir ilişki vardır.

Bulut(2019), Gini katsayısını bağımlı değişken olarak kullandığı çalışmada gini katsayısı ile teknolojik gelişmeler arasında negatif ilişkinin varlığını gözlemlemiştir. 20 yıllık süreçte Ar-Ge harcamaları ile Gini katsayısı ile arasındaki pozitif ilişkiye rağmen Endüstri 4.0 öncesi ve sonrası test sonuçlarında ilişkinin yönü negatif çıkmıştır.

Dereli ve Salğar (2019), çalışmalarında Türkiye'nin Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme performansı arasındaki ilişkiyi; 1990-2015 yıllarında Türkiye'deki Ar-Ge harcamaları ile GSYİH verilerini ele alarak test etmişlerdir. Çalışma sonucunda Johansen eşbütünleşme analizi ile uzun dönemde araştırma geliştirme harcamaları ve iktisadi büyüme arasındaki eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Aynı zamanda araştırma geliştirme harcamaları ile iktisadi büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu gözlemlenmiştir.

Balan ve Koyuncu (2020), çalışmalarında 36 OECD ülkesinin 2007-2018 yılları arasındaki Endüstri 4.0 sisteminin önemli değişkenlerinden olan yüksek teknolojlili ürün ihracatı ile işgücü verimliliği arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile ortaya koymayı amaçlamış olup, yapılan çalışmada 8 ülke için ileri teknolojlili mal ihracatından işgücü verimliliğine doğru tek yönlü nedensellik olduğuna ulaşılmışken; 6 ülke için işgücü verimliliğinden ileri teknolojlili mal ihracatına doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca 3 ülke için karşılıklı nedensellik ilişkisi sonucuna ulaşılmıştır.

Kasa(2020), yenilikçi ekonomilere yönelik yapmış olduğu çalışmasında Endüstri 4.0' in ekonomik büyümeye etkisini konu edinmiştir. Çalışmada Ar-Ge harcamaları, ileri teknoloji ürün ihracatı, beşeri sermaye endeksi, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve patent başvurularının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi Sistem GMM analizi kullanılarak değerlendirilmiş olup ileri teknoloji ihracatı ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının kişi başı GSYH'yi pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Evkaya(2021), 37 OECD ülkesinin 2001-2019 yılları arasındaki araştırma ve geliştirme harcamalarının ekonomik büyüme etkisini araştırdığı çalışmada, araştırma ve geliştirme harcamalarının iktisadi büyümeyi olumlu etkilediği sonucuna ulaşmıştır. 37 OECD ülkesi için yapılmış olan analiz sonucunda araştırma ve geliştirme harcamalarındaki %1 artış kişi başı geliri %0,94 oranında arttırdığı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grupları açısından ise sırasıyla %0,84 ve %0,30 oranında kişi başı geliri olumlu etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

3. VERİ SETİ

Panel veri analizleri zaman içerisinde bireyler, firmalar ve ülkeler gibi birimlerle ilgi olduğundan dolayı bu birimlerdeki verilerde heterojenliğin söz konusu olması oldukça yüksektir. Yatay kesit analizleri ile zaman serilerinin kombinasyonu olan panel veri analizleri, birden fazla değişkeni ele aldığı için daha detaylı bilgi edinme olanağı sağlamakta, değişkenler arasındaki eş zamanlılığı daha aza indirmekte, serbestlik derecesini arttırabilmekte ve daha verimli olmaktadır. Ayrıca birimlerin dinamik tepkilerinin ölçülmesinde zaman serileri ve yatay kesit analizlerine göre daha avantajlıdır (Gujarti, 2004:637-638). Panel veri ile gerçekleştirilmiş olan regresyon analizinde kullanılan doğrusal modelin temel hali ise aşağıdaki gibidir.

$$y_{it} = a_{it} + \beta_{it}x_{it} + \varepsilon_{it}$$

i : n adet yatay kesit birimi

t : zaman dilimi

y_{it} : t zaman diliminde bağımlı değişkenin i biriminin değeri

x_{it} : t zaman diliminde bağımsız değişkenin i biriminin değeri

ε_{it} : sıfır ortalama ve sabit varyanslı hata terimi

β : eğim katsayısını ifade etmektedir (Somuncu,2019:64). Veri setindeki her bir yatay kesit birimi için eşit uzunlukta zaman boyutunun olduğu panel veriler dengeli(balanced) panel veriler, farklı zaman boyutlarından oluşmuş ise dengesiz(unbalanced) panel veriler olarak ifade edilmektedir (Özer ve Çiftçi,2009:41). Bu çalışmada dengeli panel veri analizi kullanılmış olup çalışmaya dahil edilen ülkeler tablo-1'de, değişkenler ise tablo-2'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler Dünya Bankası, OECD Veri Tabanı ve EURO Stat Veri Tabanından elde edilmiştir.

Tablo-1: Çalışmada Kullanılan Ülkeler(G-20)

ABD	Hindistan
Almanya	İtalya
Arjantin	Japonya
Brezilya	Kanada
Çin	Meksika
Fransa	Türkiye
Güney Kore	Rusya

Tablo-1’de 2000-2020 döneminde seçilmiş değişkenlerin verileri bulunan G-20 ülkeleri yer almaktadır. Tablo-2’de çalışmada kullanılan değişkenler ve kısaltmaları yer almaktadır.

Tablo-2: Değişkenlere Ait Kısaltmalar

Değişken Adı	Değişken Kısaltması	Değişken Adı	Değişken Kısaltması
Sanayi Sektöründe İstihdam (%)	SI	Orta ve Yüksek Tek. İhracatı (%)	OYI
Hizmetler Sektöründe İstihdam (%)	HI	Doğrudan Yab. Yatırımlar	DYG
Ekonomik Büyüme (%)	EB	Patent Başvuruları	PB
Ar-Ge Harcamaları (%)	RD		

Çalışmada kullanılacak olan modeller aşağıdaki gibidir;

$$\text{Model-1: } RD_{it} = \beta_0 + \beta_1 SI_{it} + \beta_2 HI_{it} + \beta_3 OYI_{it} + \beta_4 DYG_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$\text{Model-2: } OYI_{it} = \beta_0 + \beta_1 PB_{it} + \beta_2 RD_{it} + \beta_3 DYG_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$\text{Model-3: } EB_{it} = \beta_0 + \beta_1 RD_{it} + \beta_2 OYI_{it} + \beta_3 PB_{it} + \beta_4 DYG_{it} + \varepsilon_{it}$$

Modellerde ;

β_0 : Sabit değeri; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 : Tahmin edilecek katsayıları; ε_{it} : Hata terimi; i : birim boyutu; t : zaman boyutunu ifade etmektedir.

4. YÖNTEM

Bu çalışmada Ar-Ge harcamaları, sanayi istihdamı, hizmetler istihdamı, orta ve ileri teknoloji ihracatı, doğrudan yabancı yatırımlar, patent başvuruları ve ekonomik büyüme oranı değişkenler olarak kullanılmış, Endüstri 4.0 üzerindeki etkileri ülkeler bazında belirlenmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak değişkenlere ait yatay kesit bağımlılığı, birim kök analizi, kurulan modellere yönelik yatay kesit bağımlılığı, homojenlik testi uygulanmış bu testlerin sonuçları doğrultusunda Panel ARDL analizi yapılmış, uzun ve kısa dönem etkilerinin belirlenebilmesi için PMG tahmincisinden yararlanılmıştır. Çalışmada uygulanan testlerin açıklaması ve sonuçları aşağıda yer almaktadır.

4.1. Yatay Kesit Bağımlılığı Test

Seriler arasında yatay kesit bağımlılığının dikkate alınıp alınmama durumu elde edilecek sonuçları önemli ölçüde etkileyecektir (Bresuch ve Pagan, 1980). Bundan dolayı analizin ilk aşaması yatay kesit bağımlılığının test edilmesidir. YKB’ nin yapılacak olan birim kök ve eşbütünlük testleri seçilirken dikkate alınmaması; analiz sonuçlarının sapmalı (biased) ve tutarsız (inconsistent) duruma getirecektir (Pesaran, 2004).

YKB’ nin varlığını araştırmaya yönelik ilk çalışmalar Bresuch-Pagan(1980) CDLM testi ile başlamıştır. Bu test, grup ortalaması sıfır fakat bireysel ortalamalar sıfırdan farklı olduğu zaman sapmalı sonuçlar vermektedir. Pesaran, Ullah ve Yamagata(2008), bu sapmalı durumu, test istatistiğine varyans ve ortalamayı ekleyerek düzeltmiştir. Bundan dolayı ismi $CDLM_{adj}$ testi olarak düzeltilmiştir. CDLM test istatistiğinin düzeltilmeden önceki hali aşağıdaki gibidir.

$$CDLM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \sim X^2 \frac{N(N-1)}{2}$$

Pesaran, Ullah ve Yamagata(2008) tarafından yapılmış olan düzeltme ile oluşan istatistik ise aşağıda verilmiştir.

$$CDLM_{adj} = \left(\frac{2}{N(N-1)} \right)^{1/2} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \frac{(T-K-1)\hat{\rho}_{ij} - \hat{\mu}_{Tij}}{v_{Tij}} \sim N(0,1)$$

Burada $\hat{\mu}_{Tij}$; ortalamayı, v_{Tij} ; varyansı ifade etmektedir. Buradan elde edilecek olan test istatistiği, aasimtotik olarak standart normal dağılım göstermektedir (Pesaran, vd.2008). Testin hipotezleri ise:

H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_1 : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Test sonucunda ulaşılacak olan p-değeri 0.05 anlamlılık düzeyinde, H_0 hipotezi reddedilmekte ve yatay kesit bağımlılığı olduğuna karar verilmektedir (Pesaran,2008).

Çalışmada panel veri analizlerinde sıklıkla kullanılan YKB testlerinden Pesaran(2004) CD testi tercih edilmiştir. CD testinin istatistiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (\hat{\rho}_{ij})$$

Denklemden T zaman boyutunu, N lke sayısını, ρ_{ij} ise hata terimlerinin ikili korelasyonunun örneklem tahminini ifade etmektedir.

4.2.Panel Birim Kök Testi

Verinin hem zaman hem de yatay kesit boyutunu dikkate alan panel birim kök testlerinin, sadece zaman boyutunu ele alan zaman serisi birim kök testlerinden, istatistiksel olarak daha gcl olduğu kabul görmektedir(Im, Pesaran ve Shin,2003; Maddala ve Wu, 1999; Taylor ve Sarno,1998; Levin, Lin ve Chu, 2002; Hadri, 2000; Pesaran, 2006; Beyaert ve Camacho, 2008). Çünkü yatay kesit boyutunun analize dahil edilmesiyle, verideki değişkenlik artmaktadır.

Panel birim kök durumunun var olup olmadığının sınanmasında karşılaşılan ilk sorun, yatay kesitlerin birbiriyle olan ilişki durumudur. Panel birim kök testleri bağımsızlık durumunu değerlendirmek için burada testleri birinci nesil ve ikinci nesil panel birim kök testleri olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. Birinci nesil birim kök testleri homojen ve heterojen modeller olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Levin, Lin ve Chu (2002), Breitung (2005) ve Hadri (2000) homojen model varsayımını dikkate alır iken; Im, Pesaran ve Shin (2003), Maddala ve Wu (1999), Choi (2001) heterojen varsayımını dikkate almaktadır.

Birinci kuşak panel birim kök testleri, paneli oluşturan birimlerin bağımsız olduğu ve bu birimlerin birine gelen şoktan, tüm birimlerin aynı boyutta etkilendikleri varsayımına dayanmaktadır. Ancak günümüzde ülke ekonomilerinin birbiriyle ilişkili olduğu varsayılsa, paneli oluşturan birimlerden birisine gelen bir şoktan, birimlerin farklı düzeyde etkilenmesi daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır. Bu eksikliği giderebilmek amacıyla, birimler arasındaki yatay kesit bağımlılığını göz önüne alarak birim kök analizi yapan ikinci nesil birim kök testleri geliştirilmiştir. İkinci nesil birim kök testlerinden en çok uygulananlar ise MADF (Taylor ve Sarno,1998), SURADF (Breuer, Mcknown ve Wallace, 2002), Bai ve Ng (2004), CADF (Pesaran, 2007) ve PANKPSS (Carrion-i Silvestre vd. 2005)'tir.

Yatay kesit bağımlılığının olduğu durumlarda, bu bağımlılığı önemseyen ikinci nesil birim kök testlerinin kullanılması daha anlamlı sonuçlar verecektir. Bundan dolayı çalışmada panel veri ekonometrisinde çok fazla kullanılan ikinci nesil birim kök testlerinden Pesaran (2007) CIPS testi kullanılmıştır. Aşağıdaki istatistiksel ifade de CIPS testinin denklemi verilmiştir.

$$CIPS(N, T) = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T)$$

Denklemden CIPS (N,T) ifadesi Im, Psaran ve Shin(2003) tarafından geliştirilmiş olan IPS testinin yatay kesit ile geliştirilmiş halini belirtirken , $t_{(i)}(N, T)$ ifadesi ise Im, Pesaran ve Shin (2003) tarafından yatay kesit ile geliştirilmiş olan Dickey Fuller (CADF) istatistiğini ifade etmektedir.

4.3.ARD L Sınır Testi

Zaman serisi yöntemi olarak uygulanan bir regresyon analizinde model bağımsız değişkenlerin hem cari dönem hem de gecikmeli verilerini kapsıyor ise bu model gecikmesi dağıtılmış model olarak tanımlanır. Eğer modelde bağımlı değişkende bir ya da birden fazla gecikmeli değerleri de içeriyor ise bu modele otoregresif model denilmektedir (Gujarati ve Porter, 2012:617).

ARDL yaklaşımında serilerin I(0) veya I(1) derecede durağan olması gerekir iken, değişkenlerin eşbütünleşme durumlarının bilinmeden de bir çıkarım yapılabilir. Aynı zamanda kısıtsız hata düzeltme modeli (UECM) kullanıldığından Engle-Granger analizine kıyasla daha kuvvetli istatistiksel özellikleri bulunmaktadır. ARDL yöntemi, gözlem sayısının az olduğu şartlarda da kullanılabilen bir testtir

(Pamuk ve Bektaş, 2014:82). ARDL yaklaşımında kısıtsız hata düzeltme modeline ait denklem aşağıdaki gibidir.

$$\Delta Y_t = B_0 + B_1 Y_{t-1} + B_2 X_{t-1} + \sum_{i=1}^p B_{3i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^p B_{4i} \Delta X_{t-i} + \varepsilon$$

Denklemden p: uygun gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Modele eklenmesi gereken gecikme uzunlukları HQ, AIC ve SIC gibi bilgi kriterleri göz önüne alınarak karar verilmektedir. Gecikme uzunluğunun belirlenmesinin ardından $H_0 = B_1 = B_2 = 0$ hipotezi F testi kullanılarak değerlendirilmektedir. ARDL sınır yaklaşımında iki grup asimptotik sınır kullanılmaktadır. Eğer F-test değeri kritik değer üst sınırını geçer ise, H_0 hipotezi reddedilir ve değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi vardır ifadesi kullanılır. Ancak F-test değeri kritik değer alt sınırını geçemez ise bu durumda da H_0 kabul edilir ve değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisi yoktur yorumu yapılabilir. Hesaplanan test değerinin sınırların arasında kalması halinde ise net bir çıkarım yapılamaz (Alper ve Alper, 2017:148).

Eşbütünlük ilişkisinin sınır testi ile sınanmasından sonra aşağıda yazan denklem yardımıyla değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin belirlenmesi amacıyla ARDL modeli kurulur.

$$Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^n a_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_t$$

Analizin son aşamasında ise kısa dönemli ilişkinin analizi için aşağıdaki ARDL modeli kurulmaktadır.

$$\Delta Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^n a_{1i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{2i} \Delta X_{t-i} + \vartheta HDT_{t-1} + \varepsilon_t$$

ARDL analizine geçmeden önce ilk olarak kurulan modeller için yatay kesit bağımlılığının test edilmesi sonra homojenlik testinin uygulanması ve uygun ARDL modelinin belirlenmesi için Hausman Testinin yapılması gerekmektedir.

4.4.Swamy –S Testi

Swamy-S homojenlik testi, birimlere özgü en küçük kareler tahmincileri ile tahmincinin ağırlıklı ortalamasının matrisleri arasındaki farkı araştıran bir testtir. Eğer aralarında istatistiksel olarak anlamlılık bulunamaz ise, parametreler homojendir yani birimden birime değişiklik göstermemektedir (Tatoğlu, 2020:247).

Test edilecek olan hipotezler ise;

$$H_0 = \beta_i = \beta$$

$$H_1 = \beta \neq \beta \text{ şeklindedir.}$$

H_0 hipotezi, eğitim parametrelerinin birimlere göre homojen olduğunu ifade ederken H_1 hipotezi eğitim parametrelerinin birimlere göre heterojen olduğunu ifade etmektedir.

Swamy(1970) tarafından ortaya atılan bu testin gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$S \sim X_{k(N-1)}^2 = \sum_{i=1}^N (\beta_i - \bar{\beta}^*)' V_i^{-1} (\beta_i - \bar{\beta}^*)$$

olarak verilmiştir. Denklemden $\hat{\beta}_i$ birimler için tahminden elde edilmiş olan en küçük kareler tahmincisini, $\bar{\beta}^*$, ağırlıklı grup içi tahmincisini ve V_i^{-1} de ikisi arasındaki farkı ifade etmektedir. Test istatistiği $K(N-1)$ serbestlik derecesi ile X^2 dağılımına sahiptir. Eğer kritik değer test istatistiğinden küçük ise parametrelerin heterojen olduğunu belirtebiliriz (Tatoğlu, 2020:247).

4.5.Hausman Testi

Panel veri metodlarının belirlenmesindeki en önemli testler Hausman testi ve Breusch- Pagan Lagrar Çarpanları Testidir. Hausman Testi, MG ile PMG modelleri arasındaki seçimi yapmamız gerektiğinde hangi modeli kullanacağımıza karar vermemizi sağlayan testtir. Hausman test istatistiğinde gerçekte, MG

metodunun değişken tahmincileri ile PMG metodunun veri tahmincileri arasındaki farkın ekonometrik olarak anlamlı olup olmadığı test edilmektedir.

5.BULGULAR

Panel analizine geçilmeden önce serilerin durağanlığın belirlenmesi gerekmektedir. Serilerin durağanlığı birim kök testleri ile tespit edilmektedir. Birim kök testleri; birinci nesil birim kök testleri ve ikinci nesil birim kök testleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Söz konusu testlerin hangisinin kullanılacağı belirlenmesinde ise yatay kesit bağımlılığı (YKB) dikkate alınmaktadır. Yatay kesit bağımlılığını belirlemek için farklı testler yapılmaktadır. Bu testler seçilirken panel verinin zaman ve birim boyutu dikkate alınmaktadır. YKB tespitinde literatürde sıklıkla “LM testi, Pesaran CD testi, NLM Testleri” kullanılmaktadır. Bu çalışmada zaman boyutu birim boyutundan ($T > N$) daha büyük olduğu için Pesaran tarafından geliştirilen CD Testinden yararlanılmıştır (Tatoğlu, 2020:238). YKB sonuçları Tablo-3 ‘de verilmiştir.

Tablo-3: Yatay Kesit Bağımlılığı CD Test Sonuçları

CD TESTİ		
Değişkenler	CD	P-Değeri
SI	7.570	0.000*
HI	34.36	0.000*
DYG	4.84	0.000*
EB	25.520	0.000*
PB	6.303	0.000*
RD	10.72	0.000*
OYI	3.204	0.001*

(*, %1; ** %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.)

Tablo-3’de YKB için “Pesaran CD Test” sonuçları yer almaktadır ve sonuçlara göre birimler arası YKB’yi ifade eden temel hipotez H_0 red edilmektedir. Değişkenler arasında birimler arası yatay kesit bağımlılığı vardır. Elde edilen sonuçlar istatistik olarak % 1 düzeyinde anlamlıdır. YKB’ nin olduğu durumlarda kullanılacak birim kök testi ikinci nesil birim kök testleridir. İkinci kuşak birim kök testleri arasında “MADF, SURADF, CADF ve CIPS” birim kök testleri yer almaktadır. Bu çalışmada CIPS Panel Birim Kök Testinden yararlanılmış kritik tablo değerleri ile birlikte CIPS değerleri tablo 4’de verilmiştir.

Tablo-4: CIPS Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Düzye CIPS Değerleri	Fark CIPS Değerleri
SI	-1.166	-2.339**
HI	-1.458	-3.369*
DYG	-2.234**	-5.556*
EB	-2.360**	-4.614*
PB	-2.527*	-4.230*
RD	-3.191*	-4.250*
OYI	-1.975	-4.197*
Düzye CIPS Kritik Değerleri		
%1 = -2.45	%5 = -2.25	%10 = -2.14
Farkta CIPS Kritik Değerleri		
%1 = -2.47	%5 = -2.26	%10 = -2.14

Tablo-4’ de CIPS birim kök testi için değişkenlerin düzeyde ve birinci farklarında ki sonuçları yer almaktadır. CIPS istatistiği %90, %95 ve %99 güven düzeylerinde verilen kritik değerlerden mutlak değerce büyük olduğunda seri durağandır. Buna göre değişkenlerden “DYG, RD EB ve PB” için CIPS değerleri; %90, %95 ve %99 güven düzeylerinde verilmiş olan kritik değerlerden büyük olduğu için durağan, değişkenlerden “SI, HI ve OYI” için %90, %95 ve %99 güven düzeylerinde verilmiş olan kritik değerlerden küçük olduğu için durağan değildir. Bu durumda verilerin durağanlaşması için birinci farkları alınmış birinci farklarında tüm değişkenlerin durağan hale geldikleri sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada ARDL testinin tercih edilmesinin sebebi; değişkenlerden bazılarının seviyede durağan iken bazılarının durağan olmamasından kaynaklıdır. Ayrıca düşük sayıdaki gözlemden oluşan veriler için yapılan analizlerde daha doğru sonuçlar vermesi ve kısıtsız hata düzeltme modeli kullanması ARDL testinin avantajları arasında yer almaktadır. Çalışmada YKB’ nin varlığı “Breusch ve Pagan LM Testi” ile

araştırılmıştır. Çünkü bu test $T > N$ durumunda kullanılabilir (Tatoğlu,2020:238-239). Tablo-5'te modeller için yatay kesit bağımlılığı LM Test sonuçları yer almaktadır.

Tablo-5: LM Test Sonuçları

Modeller	Test	Test İstatistiği	P-Değeri
Model-1: $RD = \alpha + \beta_1 SI + \beta_2 HI + \beta_3 OYI + \beta_4 DYG$	LM	129.8	0.0047
Model-2: $OYI = \alpha + \beta_1 PB + \beta_2 RD + \beta_3 DYG$	LM	174.5	0.0000
Model-3: $EB = \alpha + \beta_1 RD + \beta_2 OYI + \beta_3 PB + \beta_4 DYG$	LM	348.6	0.0000

Tablo-5 incelendiğinde, H_0 = kalıntılar birimler arası korelasyonlu değildir hipotezi Model1; Model2; Model3 için reddedilmektedir. Panel ARDL modelinde Model1; Model2; Model3 için YKB bulunmaktadır. Çalışmada eğitim parametrelerinin birimlere göre homojenliğini tespit etmek için Swamy-S Testi tercih edilmiştir. Swamy-S test istatistiği sonucu eğer, kritik değerlerden büyük ise parametreler heterojen küçük ise parametreler homojen olarak yorumlanmaktadır (Tatoğlu,2020:246-247). Tablo-6'te Swamy-S homojenlik testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo-6: Swamy-S Homojenlik Testi

Modeller	Chi2 Değeri	P-Değeri
Model-1: $RD = \alpha + \beta_1 SI + \beta_2 HI + \beta_3 OYI + \beta_4 DYG$	275.12	0.0000
Model-2: $OYI = \alpha + \beta_1 PB + \beta_2 RD + \beta_3 DYG$	198.23	0.0000
Model-3: $EB = \alpha + \beta_1 RD + \beta_2 OYI + \beta_3 PB + \beta_4 DYG$	159.30	0.0000

Tablo-6'da yer alan Swamy-S homojenlik testine göre; Model1, Model2, Model3 için P-değerlerine göre; H_0 hipotezi reddedilmiştir. Eğitim parametrelerinin birimlere göre heterojendir. Heterojen ARDL modelleri için; MG (Mean Group) ve PMG (Pooled Mean Group) olmak üzere iki tahminci yaygın olarak kullanılmaktadır (Güler ve Özyurt, 2011:14-15). Bu tahmincilerden hangisinin kullanılacağına Hausman testi ile karar verilmektedir. Tablo-7'de Hausman test sonuçları yer almaktadır.

Tablo-7: Hausman Test Sonuçları

Modeller	Tahminci	Chi-2 Değeri	P-Değeri
Model-1	MG, PMG	1.14	0.7682
Model-2	MG, PMG	0.56	0.9063
Model-3	MG, PMG	1.75	0.7812

Tablo-7' de Hausman test sonuçları yer almaktadır. P-değeri > 0.05 olduğu için PMG nin etkin tahminci olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Modellere ait PMG tahmin sonuçları tablolar halinde verilecektir. Tablo-8'de Model-1, Tablo-9'da Model-2 ve Tablo-10'da Model-3 için PMG tahmin sonuçları yer almaktadır.

Tablo-8: Model-1 İçin PMG Tahmin Sonuçları

Uzun Dönem Katsayısı	PMG Değeri	P-Değeri
SI	.0223835	0.151
HI	.0019572	0.897
OYI	.0009391	0.748
PB	9.35e-08	0.735
Hata Düzeltme Katsayısı		
θ	-1.041181	0.000*
Kısa Dönem Katsayısı		
SI	-.024444	0.793
HI	-.0942441	0.105
OYI	.0075476	0.507
PB	-.0000117	0.253

Tablo-8'de PMG tahmincisiine dair bulgular yer almaktadır. Hata düzeltme katsayısının işareti negatif ve p-değeri 0,01 değerinden küçük olması nedeniyle istatistiksel olarak anlamlıdır. Hata düzeltme katsayısının negatif (-1.041181) ve anlamlı olması Ar-Ge harcamaları ile; sanayide istihdam, hizmetlerde istihdam, orta ve ileri teknoloji ihracatı ve patent başvuruları arasında uzun dönemli ilişki olduğunu ve dengeden uzaklaştığında tekrar dengeye yakınsandığı anlamına gelmektedir.

Uzun dönem katsayısına bakıldığında SI değişkeninin katsayısı (.0223) pozitif; HI değişkeninin katsayısı(0.001) pozitif; OYI değişkeninin katsayısı (0.0001) pozitif ve PB değişkeninin katsayısı (9.35) pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı değişimlerdir.Kısa dönem katsayısına bakıldığında; SI değişkeninin

katsayısı (-.024) negatif; HI değişkeninin katsayısı (-.09) negatif; PB değişkeninin katsayısı (-.001) negatif ve OYI değişkeninin katsayısı (.007) pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Tablo-9: Model-2 İçin PMG Tahmin Sonuçları

Uzun Dönem Katsayısı	PMG Değeri	P-Değeri
PB	-3.35e-06	0.723
RD	.4612943	0.276
DYG	.0510192	0.594
Hata Düzeltme Katsayısı		
θ	-.8812404	0.000*
Kısa Dönem Katsayısı		
PB	.0001529	0.744
RD	-4.40699	0.156
DYG	.2443221	0.006

Tablo-9'da PMG tahminine ait sonuçlar bulunmaktadır. Hata düzeltme katsayısının işareti negatif ve p-değeri 0,01 değerinden küçük olması nedeniyle istatistiksel olarak anlamlıdır. Hata düzeltme katsayısının anlamlı olması orta ve ileri teknoloji ihracatı ile; patent başvuruları, ar-ge harcamaları ve doğrudan yabancı yatırım girişleri arasında uzun dönemli ilişki olduğunu ve dengeden uzaklaşıldığında tekrar dengeye yakınsandığı anlamına gelmektedir. -.8812404 olarak bulunan hata düzeltme katsayısı uzun dönem ilişkisini ifade etmekle birlikte dengeden sapmaların %89'unun bir sonraki dönemde düzeleceğini işaret etmektedir.

Uzun dönem katsayısına bakıldığında PB değişkeninin katsayısı (-3.35) negatif ve anlamlı değildir. RD değişkeninin katsayısı (0.46) pozitif; DYG değişkeninin katsayısı (0.05) pozitif ve anlamlı değildir. Kısa dönem katsayısına bakıldığında; PB değişkeninin katsayısı (.0001)pozitif ve anlamlı değil iken; RD değişkeninin katsayısı (-4.40) negatif ve anlamlı değildir. DYG değişkeninin katsayısı ise (.244) pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. PMG tahminine göre kısa dönemde; Doğrudan yabancı yatırım girişlerindeki %1'lik bir artış orta ve ileri teknoloji ihracatını % .24 oranında arttıracaktır.

Tablo-10: Model-3 İçin PMG Tahmin Sonuçları

Uzun Dönem Katsayısı	PMG Değeri	P-Değeri
RD	.2905437	0.726
OYI	.1197156	0.176
PB	-2.26e-06	0.591
DYG	-.0559474	0.785
Hata Düzeltme Katsayısı		
θ	-1.209164	0.000*
Kısa Dönem Katsayısı		
RD	-9.222554	0.015
OYI	-.2345887	0.169
PB	.0003676	0.588
DYG	.2273914	0.241

Tablo-10'de PMG tahminine ait sonuçlar yer almaktadır. Hata düzeltme katsayısının işareti negatif ve p-değeri 0,01 değerinden küçük olması nedeniyle istatistiksel olarak anlamlıdır. Hata düzeltme katsayısının anlamlı olması orta ve ekonomik büyüme ile; ar-ge harcamaları orta ve yüksek teknolojili ürün ihracatı, patent başvuruları ve doğrudan yabancı yatırımlar arasında uzun dönemli ilişki olduğunu ve dengeden uzaklaşıldığında tekrar dengeye yakınsandığı anlamına gelmektedir.

Uzun dönem katsayısına bakıldığında RD değişkeninin katsayısı (.29) pozitif OYI değişkeninin katsayısı(.12) pozitif ve anlamsızlardır. PB değişkeninin katsayısı(-2.25) negatif, DYG değişkeninin katsayısı (-.05) negatif ve anlamlı değildir. Kısa dönem katsayısına bakıldığında; RD değişkeninin katsayısı (-9.22)negatif ve anlamlı iken; OYI değişkeninin katsayısı (-.23) negatif ve anlamlı değildir. PB değişkeninin katsayısı ise (.0003) pozitif, DYG değişkeninin katsayısı (.227) pozitif istatistiksel olarak anlamsızlardır. PMG tahminine göre kısa dönemde; Ar-ge harcamalarında %1'lik bir artışın olması ekonomik büyümeyi % 9.22 azaltacaktır.

6. SONUÇ

Küreselleşme kavramının hız kazanmasıyla birlikte uluslararası ticaret yaygınlaşmış ve ticari faaliyetlerde çeşitlilik oluşmuştur. Yüksek teknolojiye sahip olma, tüm ülkelerin en önemli hedefi haline gelmiştir. Böylece yüksek teknolojiye sahip olan ülkeler, katma değeri yüksek ürünler üreterek küresel çapta rekabet üstünlüğü sağlamaktadırlar. Bu çalışmada Ar-Ge harcamaları, sanayi istihdamı, hizmetler istihdamı, orta ve ileri teknoloji ihracatı, doğrudan yabancı yatırımlar, patent başvuruları ve ekonomik büyüme oranı değişkenler olarak kullanılmış, Endüstri 4.0 üzerindeki etkileri ülkeler bazında belirlenmek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda ilk olarak değişkenlere ait yatay kesit bağımlılığı, birim kök analizi, kurulan modellere yönelik yatay kesit bağımlılığı, homojenlik testi uygulanmış bu testlerin sonuçları doğrultusunda Panel ARDL analizi yapılmış, uzun ve kısa dönem etkilerinin belirlenebilmesi için PMG tahmincisinden yararlanılmıştır. Model-1 için hata düzeltme katsayısının(-1.041181) işareti negatif ve p-değeri 0,01 değerinden küçük olması nedeniyle istatistiksel olarak anlamlıdır. Hata düzeltme katsayısının negatif (-1.041181) ve anlamlı olması Ar-Ge harcamaları ile; sanayide istihdam, hizmetlerde istihdam, orta ve ileri teknoloji ihracatı ve patent başvuruları arasında uzun dönemli ilişki olduğunu ve dengeden uzaklaşıldığında tekrar dengeye yakınsandığı anlamına gelmektedir. Model-2 için hata düzeltme katsayısının (-.8812404) işareti negatif ve p-değeri 0,01 değerinden küçük olması nedeniyle istatistiksel olarak anlamlıdır. Hata düzeltme katsayısının anlamlı olması orta ve ileri teknoloji ihracatı ile; patent başvuruları, ar-ge harcamaları ve doğrudan yabancı yatırım girişleri arasında uzun dönemli ilişki olduğunu ve dengeden uzaklaşıldığında tekrar dengeye yakınsandığı anlamına gelmektedir. -.8812404 olarak bulunan hata düzeltme katsayısı uzun dönem ilişkisini ifade etmekle birlikte dengeden sapmaların %0.89'unun bir sonraki dönemde düzeleceğini işaret etmektedir. Model-3 için Hata düzeltme katsayısının işareti negatif ve p-değeri 0,01 değerinden küçük olması nedeniyle istatistiksel olarak anlamlıdır. Hata düzeltme katsayısının anlamlı olması ekonomik büyüme ile; ar-ge harcamaları orta ve yüksek teknolojili ürün ihracatı, patent başvuruları ve doğrudan yabancı yatırımlar arasında uzun dönemli ilişki olduğunu ve dengeden uzaklaşıldığında tekrar dengeye yakınsandığı anlamına gelmektedir. PMG tahmincisine göre kısa dönemde; Ar-ge harcamalarında %1'lik bir artışın olması ekonomik büyümeyi % 9.22 azaltacaktır.

Endüstri 4.0 teknolojileri olarak bilinen katmanlı imalat, büyük veri, simülasyon, siber güvenlik vb. teknolojilerin ekonomiye yansımaları genellikle istihdam, ihracat, büyüme oranı gibi makro değişkenler ile incelenmektedir. Teknolojik gelişmelerin büyümeyi pozitif etkilediği şeklinde kurulan hipotezlere göre, orta ve ileri teknoloji ihracatı, patent başvuruları, arge harcamaları, doğrudan yabancı yatırımlar, sanayi ve hizmetlerde istihdam, kontrol değişkenler olarak kullanılmıştır. Bu değişkenlerin seçilmesinin nedeni büyümeyi olumlu olarak etkileyeceklerinin düşünülmesidir. Çalışmada elde edilen sonuçlarda PMG tahmincisinin anlamlı olması da bu hipotezi destekler niteliktedir.

KAYNAKÇA

- Alper, F. Ö. ve Alper, A. E. (2017). "Karbondiyoksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketim İlişkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı.", *Sosyo-Ekonomi*, 25(33), 145-156.
- Autor, D. And Solomons, A. (2018), "IS Automation Labor-displacing? Productivity Growth, Employment and the Labor Share, Nber Working Paper Series," Working Paper 24871.
- Braunerhjelm, P.,&Thulin,P., (2008). "Can Countries Create Comparative Advantages? R&D Expenditures, High-Tech Exports and Country Size in 19 OECD Countries, 1981–1999." *International Economic Journal*, 22(1): 95-111.
- Dereli, D.D. ve Salğar, U.(2019). " Ar-Ge harcamaları ile Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme" , *Yaşam Ekonomisi Dergisi*, 6(3), 345-360.
- Ertuğrul, İ. & Deniz, G. (2018). 4.0 Dünyası: Pazarlama 4.0 ve Endüstri 4.0. *BEÜ SBE Dergisi*,7(1), 158-170.
- Falk, M. (2007). "R&D Spending in the High-Tech Sector and Economic Growth. *Research in Economics* ", (61)3, 140-147.
- Feki, C., & Mnif, S. (2016). "Entrepreneurship, Technological Innovation, and Economic Growth: Empirical Analysis of Panel Data.", *Journal of the Knowledge Economy*, (7)4, 984-999.

- Freimane, R., & Băliņa, S. (2016). "Research and Development Expenditures and Economic Growth in the EU: A Panel Data Analysis", *Economics and Business*, (29)1, 5-11.
- Gujarati, D., N. (2004). *Basic Econometrics* (4th Edition), McGraw-Hill Companies.
- Horvath, Roman. (2011). *Research and Development and Growth: A Bayesian Model Averaging Analysis. Economic Modelling*.
- Inekwe, J., N. (2015). "The Contribution of R&D Expenditure to Economic Growth in Developing Economies.", *Social Indicators Research*, (124)3, 727-745
- Kacprzyk, A. & W. Doryn (2014), "Innovation and Economic Growth in European Union Panel Data Analysis", *Lodz Economics Working Papers*, 3, 1-27
- Kasa,H.(2020),"Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyümeye Etkisi: Yenilikçi Ekonomilere Yönelik Ampirik bir Analiz", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 305-312.
- Lucas Jr, R. E. (1988). *On The Mechanics Of Economic Development. Journal Of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Özer, M. Ve Çiftçi, N. (2009). "AR-GE harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23,pp.39-49
- Özkan, G. Ve Yılmaz, H. (2017). "Ar-Ge harcamalarının İleri teknoloji Ürün İhracatı ve Kişi Başı Gelir Üzerindeki Etkileri: 12 AB Ülkesi ve Türkiye İçin Uygulama (1996- 2015)" *Bilgi Ekonomisi Yönetim Dergisi*, 12(1), 1-12.
- Pamuk, M. & Bektaş, H. (2014). *Türkiye'de Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi* 2 (2), 77-90
- Pesaran, M.H. (2004). *General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence In Panels, Cambridge Working Papers in Economics*, 435.
- Pesaran, M. H., Ullah A. ve Yamagata, T., (2008). "A-Bias Adjusted LM Test Of Error Cross Section Independence", *Econometric Journal*, 11, 105-127
- Romer, P. M. (1986). *Increasing Returns And Long-Run Growth, Journal Of Political Economy*, 94(5), 1002-1037
- Sandu, S. ve Ciocanel, B. (2014). *Impact of R&D and Innovation on High-tech Export. Procedia Economics and Finance*, 15, 80-90
- Schumpeter, J. (1911). *The Theory Of Economic Development, Harvard Economic Studies. Vol. XLVI.*
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business cycles* (Vol. 1, pp. 161-174). New York: McGraw-Hill.
- Schwab, K.(2017). "Dördüncü Sanayi Devrimi"(Z.Dicleli, Çev.) İstanbul:Optimist
- Somuncu, S. (2019). " Ülke Kredi Notunun Makroekonomik ve Finansal Belirleyicileri: Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Bir Panel Veri Uygulaması" , İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Tatoğlu, F. Y. (2020). "Panel Zaman Serileri Analizi" İstanbul: Beta Yayınları.
- Tatoğlu, F. Y. (2020). "İleri Panel Veri Analizi: Stata Uygulamalı" İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Tebaldi, E. (2011). *The determinants of high-technology exports: A panel data analysis, Atlantic Economic Journal*, 39(4), 343-353.
- Wang, D. H-M. Y., Tiffany H-K., & Liu, H-Q. (2013). *Heterogeneous Effect of High-Tech Industrial R&D Spending on Economic Growth. Journal of Business Research*, (66)10, 1990-1993.