

Endüstri 4.0 Bağlamında Yüksek Teknoloji İçeren Ürün İhracatı ile İşgücü Verimliliği İlişkisi: Panel Nedensellik Analizi¹

The Relationship of High-Technology Exports and Labour Productivity in the Context of Industry 4.0: Panel Causality Analysis

ÖZET

Günümüz ekonomilerinde bilgi ve teknolojisini kendi üretip bu bilgi ve teknolojilerini ihraç eden ülkeler ekonomik ve sosyal yönden diğer ülkelere kıyasla dünya ekonomisi açısından daha önemli bir yere sahip olmaktadır. Yeni teknolojik devrimler emeği her seferinde biraz daha araka plana atmıştır. Bu durum araştırmacıların ve teknik elemanların Endüstri 4.0 sürecinde emek piyasası üzerinde odaklanmalarına yol açmıştır.

Bu çalışmanın amacı 36 OECD ülkesinin 2007-2018 yılları arası dönemde Endüstri 4.0 sisteminin önemli çıktılarından olan yüksek teknolojlili ürün ihracatı ile emek piyasasında işgücü verimliliği arasındaki nedensel ilişkileri panel veri analizi aracılığıyla ortaya koymaktır. Yeni nesil panel nedensellik testlerinden biri olan panel nedensellik testini Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) çalışmasında kullanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda 8 ülke için yüksek teknolojlili ürün ihracatından işgücü verimliliğine doğru tek yönlü; 6 ülke için işgücü verimliliğinden yüksek teknolojlili ürün ihracatına doğru tek yönlü ve 3 ülke için ise çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Endüstri 4.0 sürecinde, işgücünün de dönüşüm içine girmesi beklenmektedir. İşgücünün istatistiki bilgi ve analitik düşünce yeteneğine sahip olması, organizasyon ve iş süreçlerini iyi anlayabilmesi, değişime kapalı olmaması ve takım çalışmasına yatkın olması ile öngörülen işsizlik oranının düşmesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, emek piyasası, işsizlik, panel nedensellik

JEL Kodları: C33, E24, O14

ABSTRACT

In today's economies, the countries producing and exporting their information and technologies have an important place in terms of economic and social aspects compared to other countries. New technological revolutions have put labor a little bit more each time. This has led researchers and technical staff to focus on the labor market during the Industry 4.0 process.

The aim of this study is to reveal the causal relationships between labor productivity in labor market and high technology product exports which is one of the important outputs of Industry 4.0 system between 2007-2018 of 36 OECD countries through panel data analysis. The used the panel causality test, one of the new generation panel causality tests, in his study of Emirmahmutoğlu and Köse (2011). As a result of the work done, one-way from high-tech product export to labor productivity for 8 countries; One-way causality relationship was determined from labor productivity to high-tech product export for 6 countries and bidirectional causality for 3 countries. In the Industry 4.0 process, the work force is also expected to be transformed. The predicted unemployment rate is expected to decrease with the fact that the work force is capable of statistical information and analytical thinking, understands the organization and business processes well, is not closed to change and is prone to team work.

Keywords: Industry 4.0, labour markets, unemployment, panel causality

JEL Codes: C33, E24, O14

Feyza BALAN¹

Günay KOYUNCU²

¹ Doç. Dr. Biga İİBF, Çanakkale Türkiye,
feyzabalan@comu.edu.tr

² Öğr. Gör., ÇOMÜ MYO, Çanakkale, Türkiye,
abdullah.caliskan@toros.edu.tr

¹ Çalışma, 1-3 Kasım 2019 tarihinde Balıkesir'in Bandırma İlçesinde düzenlenen International Non-Governmental Organisations Congress isimli uluslararası kongrede sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze üç ana Sanayi Devrimi yaşanmıştır. Her bir Sanayi Devriminin oluşma nedenleri ise birbirinden farklıdır. Birinci Sanayi Devriminde üretimde su buharı kullanılır iken, İkinci Sanayi Devriminde su buharının yerini elektrik gücü, Üçüncü Sanayi Devriminde ise elektronik ve enformasyonun kullanıldığı görülmektedir. Dördüncü Sanayi Devriminin diğer devrimlerden farklılığı ise internet, bilişim ve iletişim teknolojilerinin üretim sürecinde kullanılmasından gelmektedir.

Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) 18. yüzyılda İngiltere’de ortaya çıkmıştır. 20. yüzyıla kadar geçerliliği devam eden bir süreçtir. Üretimde su ve buhar gücünün kullanımıyla başlamıştır. Makineleşme İngiltere’den sonra Avrupa’da ve ABD’de de sosyal ve ekonomik hayatta kullanılmıştır. Üretimde insan gücüne ihtiyacın artması nedeniyle köyden şehre olan göç artmış ve yeni şehirler kurulmuştur (Demirkılıç, 2018: 2).

İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0), Teknoloji Devrimi olarak adlandırılmaktadır. Bu dönemde elektrik enerjisinin üretimde kullanılması ile seri üretime geçilmiştir. Henry Ford tarafından otomobil üretiminde, seri üretime geçilmesi ile “Fordist Üretim” kavramı oluşmuştur. Fordizm düşüncesi, otomobil üretimde bant sisteminin kullanılmasıyla başlamıştır (Doğru ve Meçik, 2018: 1591). Seri üretim ile maliyetler düşmüş ve verimlik artışı sağlanmıştır. Birinci Sanayi Devrimini başlatan ülke İngiltere iken, İkinci Sanayi Devriminin ilk kez elektrik enerjisi kullanımını gerçekleştiren ülke ABD olmuştur (Dikkaya vd., 2018: 861). Ekonomik yapıyı değiştiren bu yenilikler sosyal yaşam tarzında da büyük değişikliklere neden olmuştur.

II. Dünya Savaşı sırasında iletişim, haberleşme ve teknolojiye duyulan ihtiyaç nedeniyle, bu üç alanda büyük gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler Üçüncü Sanayi Devriminin gerçekleşmesi zorunluluğunu doğurmuştur. Bu dönemde ilk olarak elektrik ile çalışan Z1 olarak adlandırılan hesap makinesi üretilmiştir. İlerleyen süreçte yaşanan teknolojik gelişmeler ile bilgisayarların üretimde kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Demirkılıç, 2018: 3) Üçüncü Sanayi Devriminde, üretimde otomasyonun kullanılması ile seri üretime geçilmiş, böylece emeğe olan ihtiyaç azalmıştır.

Bu çalışmanın amacı Üçüncü Sanayi Devrimi temelleri üzerine kurulmuş olan Endüstriyel İnternet olarak da adlandırılan Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) hakkında bilgi vererek işgücü piyasası ile özellikle işgücü verimliliği arasındaki nedensellikler 2007-2018 dönemi arası 36 OECD ülkesi için araştırılacaktır. Bu amaç doğrultusunda Endüstri 4.0 sürecini temsilen yüksek teknoloji ürün ihracatı ve emek piyasası üzerindeki etkiyi ölçebilmek adına işgücü verimliliği değişkenlerine yer verilmiştir.

2. ENDÜSTRİ 4.0 SÜRECİ

Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0), Üçüncü Sanayi Devrimi temelleri üzerine kurulmuştur. Endüstri 4.0, Endüstriyel İnternet olarak da adlandırılmaktadır. İnternet, bilgisayar ve iletişimin üretimde bir arada kullanılması olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0 kavramı ilk kez Almanya’da 2011 yılında Hannover Fuarında kullanılmıştır. 2013 yılında Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi tarafından “Endüstri 4.0 Manifestosu” yayınlanmıştır. (Doğru ve Meçik, 2018: 1584). Endüstri 4.0’a geçişi destekleyen ana gelişme internetin insan hayatının tüm alanlarında kullanılmasıdır.

Dördüncü Endüstri devriminin, diğer üç endüstri devriminden ayıran üç ana özelliği bulunmaktadır. Bunlar sistem özellikleri, kapsam (genişlik) ve hızdır. Sanayi devrimi düz değil, katsayılı bir şekilde ilerlemektedir. Dijitalleşme ve akıllı robot sistemleri sadece üretimi değil, bireyleri, firmaları ve nesnelere de etkilemiştir. Endüstri 4.0’ın sistem etkisiyle bütün ülkelerin sistemlerinin, endüstrilerin ve toplumların değişime uğrayacağı öngörülmektedir. Bu değişimin yaşanmasının dört ana nedeni bulunmaktadır. Bunlar: Müşteri Talepleri ve Kitleleşme; Verimin Değeri ve Yeni İş Modelleri; Kaynak Kısıtları ve Sürdürülebilirlik; Nitelikli İşgücüne Geçiş’dir (Satı, 2019: 2). Dördüncü Sanayi Devriminde, üretimde internetin kullanılmasıyla birlikte maliyetlerinin düşmesi ve verimlilik artışı hedeflenmiştir. Endüstri 4.0’ın doğmasının ana nedeni ise Batılı ülkelerin Çin’in küresel piyasalardaki hızlı ilerleyişini tehdit olarak algılamasıdır. Doğudaki üretim gücünün tekrar Batıya aktarılabilmesi amacıyla Dördüncü Sanayi Devriminin ekonomik hayatta kullanılması amaçlanmıştır.

Endüstri 4.0 yapısal olarak, Siber fiziksel sistemler, Yatay ve dikey entegrasyon, nesnelere interneti ile bağlantısı, Tek depolama tabanı, Üç boyutlu yazıcılar (3D) ve Siber güvenlik olarak altı ana basamaktan oluşmaktadır (Des-tebaşı, 2018: 11). Bu yeni teknolojiler üretimde verimlilik, hız, esneklik ve etkili iletişimi sağlamaktadır.

Endüstri 4.0'ın firmalara kazandırdıkları şunlardır (Yüceol, 2018:3):

- Üretim ve kalite artışı,
- Maliyetlerin düşmesi,
- Talebe hızlı bir şekilde cevap verme,
- Üretimde zaman avantajı sağlama,
- Ekonomik büyümeyi sağlama,
- Katma değeri yüksek ürünler üretme,
- Tedarik zincirinin etkin kullanımını sağlama,
- Enerji verimliliğini sağlama,
- Hızlı prototiplemeyi sağlama,

Endüstri 4.0 yukarıda sayılan avantajları ile birlikte yeni iş kollarının ortaya çıkmasını sağlayarak yetenekli, eğitilmiş emeğe olan talebi de artırmıştır. Fakat bu olumlu gelişmelerin yanında yeni teknolojik gelişmelere ayak uyduramayan ülkelerde işsizlik artışına neden olacağı da öngörülmektedir. Özellikle üretimde robotların ve akıllı sistemlerinin kullanılması vasıfsız emeğin erimesine neden olabilecektir. Bu süreç içerisinde işsizlik oranının artmasını engellemek amacıyla ülkelerin, uzun vadede eğitim alanında yapısal değişikliklere giderek işgücü piyasasında uzmanlaşmayı sağlayacak yatırımlar yapması son derece önem arz etmektedir.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Endüstri 4.0 ile işgücü piyasasında bilgisayarlaşma ve dijitalleşmenin yoğun olarak kullanılması nedeniyle emek talebinin değişmesine neden olmuştur. Endüstri 4.0 bağlamında gelişmiş teknolojilerin emek piyasası üzerindeki etkisine yönelik literatür taraması yapılmıştır.

Şahbaz, Yanar ve Adıgüzel (2014), 17 AB ülkesi ve Türkiye'nin 1996-2011 yılları arasındaki verileri ile ileri teknoloji mal ihracatı ile AR-GE Harcamaları arasındaki ilişkiyi panel eş bütünleşme ve nedensellik analizi aracılığıyla araştırmışlardır. Elde edilen ampirik sonuçlar ileri teknoloji mal ihracatı ile AR-GE harcamaları arasında çift yönlü Granger nedensellik ilişkisinin olduğu yönündedir.

Özkan ve Yılmaz (2017), çalışmalarında AR-GE harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 12 AB Ülkesi ile Türkiye için 1996-2015 yılları arasındaki verilerin ele alındığı çalışmada AR-GE harcamalarının Yüksek Teknoloji ürün İhracatı ve GSYİH üzerinde pozitif etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır.

Destebaşı (2017), Marx'ın teorisi üzerinden Sanayi 4.0'ın emek piyasası üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda, teknolojik gelişme sağlandıkça, emeğe olan talebin azaldığı bulgusundan hareketle uyum sürecinde Dünya ve Türkiye'nin eğitim konusunda yapısal değişiklikler yapması gerektiği ve sermaye sahiplerinin teşviklerle desteklenmesinin oldukça önemli olduğuna vurgu yapmışlardır.

Doğru ve Meçik (2018), Endüstri 4.0 döneminin Türkiye'de işgücü piyasasına etkisini incelemiştir. Yeni süreçte işsizliğin artış göstermesini engellemek amacıyla kamu ve özel sektörün bir arada çalışması gerektiğini savunmuştur. Ayrıca, eğitim sisteminin olgunlaştırılarak mesleki ve teknik liselerin müfredatının değiştirilmesi gerektiğini önermiştir.

Dikkaya, Gençer ve Aytekin (2018), Dördüncü Sanayi Devriminin ve getirdiği yenilikleri inceledikleri çalışmalarında lojistik ve üretim sektörlerinde otomasyon ve otonomlaşmanın diğer sektörlerle göre daha hızlı olacağı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca akıllı makine ve robotların üretime katılmasının ülkelerin işsizlik oranını artıracakları da iddia etmişlerdir.

Aydın (2018), 1981-2015 yılları için ARDL sistemiyle teknolojik gelişmenin Türkiye'nin istihdam yapısı üzerindeki etkileri araştırmıştır. Değişken olarak AR-GE harcamaları, Lisans mezunu istihdam verisi ve bilgi iletişim teknolojisi ihracat verilerinin kullanıldığı çalışma sonucunda teknolojik ilerlemenin, vasıflı eleman talebini artıracakları bulgusuna ulaşılmıştır.

4. EKONOMETRİK YÖNTEM ve BULGULAR

2007-2018 dönemi için 36 OECD ülkesinin yüksek teknolojlili ürün ihracatı ile işgücü verimliliği arasındaki nedensel ilişkilerin araştırıldığı çalışmanın bu kısmında söz konusu amaç çerçevesinde araştırmanın yöntem ve bulgularına yer verilmektedir.

4.1. Model ve Veri Seti

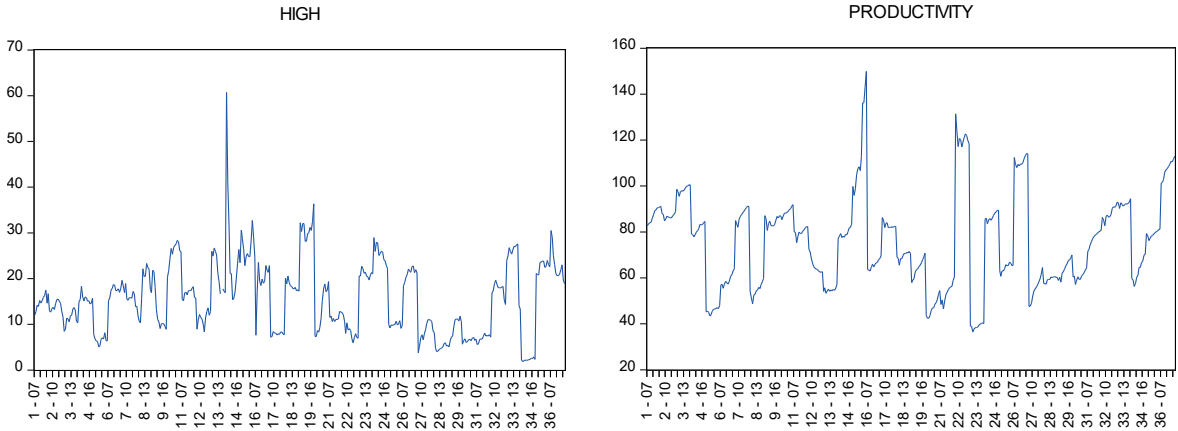
Çalışmada tahmin edilecek model denklem (1)'de belirtilmiştir.

$$productivity_{it} = \beta_1 + \beta_2 \cdot high_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

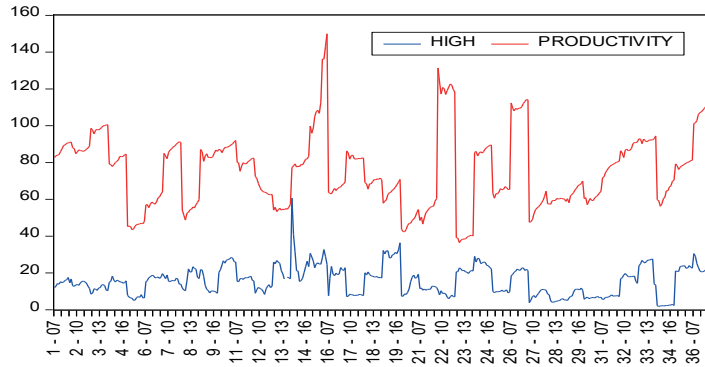
Modelde yer alan productivity değişkeni işgücü verimliliğini temsil etmektedir. Verimlilik olarak istihdam edilen kişi başına GSYİH (satın alma gücü paritesi ve 1990 yılı sabit fiyatlarına göre) verileri kullanılmıştır. High değişkeni ise yüksek teknolojlili ürünlerin imalat sanayi içindeki payını temsil etmektedir. Productivity değişkeni OECD'nin istatistik sitesi olan "stats.oecd" adlı veri tabanından, high değişkeni ise Dünya Bankası'nın Dünya Kalkınma Göstergeleri veri tabanından temin edilmiştir.

Çalışmaya ait veriler Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Şili, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Kore, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, İngiltere ve ABD olarak 36 OECD ülkesi için 2007-2018 dönemine ait yıllık verileri içermektedir.

Şekil 1'de çalışmada kullanılan değişkenlerin düzey grafikleri verilmiştir. Şekil 1'e göre ülkeler bazında her iki değişkene ait genel eğilim artma yönünde gerçekleşmektedir. Şekil 2 ise analizde kullanılan değişkenlere ait toplu grafiği göstermektedir.



Şekil 1. Analizde Kullanılan Değişkenlerin Düzey Grafikleri



Şekil 2. Analize Dahil Edilen Değişkenlere Ait Toplu Grafik

4.2. Ekonometrik Analiz

Genel olarak Granger Nedensellik analizi öncesinde analize dahil edilen değişkenlerin yıllar itibariyle durağanlıklarının test edilmesi analiz sonuçlarının gerçek ve güvenilir olabilmesi için son derece önemlidir. Aksi durumda, sahte regresyon sorunuyla karşılaşılabilen ve elde edilen sonuçlar gerçek dışı bir ilişkiyi gösterebilmektedir.

Ancak panel veri analizinde yatay kesitlerin birbiriyle bağımlı olup olmamaları ile eğim katsayılarının homojen olup olmamaları da oldukça önem arz etmektedir. Özellikle birim kök testlerinde yatay kesitlerin birbiriyle bağımlı olup olmadıkları önemli bir sorundur. Birinci kuşak testlerde yatay kesit birimlerinin birbirinden bağımsız oldukları varsayılırken, ikinci kuşak testlerde ise yatay kesit bağımlılığı ve birimler arası korelasyon dikkate alınmaktadır. Yapılan son çalışmalar yatay kesit birimlerinin bağımsız olacağını öne sürmenin gerçekçi olmayacağını kanıtlamaktadır.

Panel veri analizinde yatay kesit bağımlılığını test etmek için yaygın bir şekilde Pesaran (2004) CDLM testi, Breusch-Pagan (1980) CDLM1 testi ve Pesaran (2004) CDLM2 testleri kullanılmaktadır. CDLM1 ve CDLM2 testleri T>N durumunda, CDLM testi ise, N>T durumunda yatay kesit bağımlılığı olup olmadığını test eden tahmincilerdir (Çınar, 2010: 94). Çalışmadaki 2007-2018 dönemini kapsayan 12 yıl (T) ve 36 ülke (N) CDLM testinin uygulanmasını gerekli koşul haline getirmiştir. Test sonuçları Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1’de sunulan bulgular sonucunda, yatay kesit bağımsızlığını ifade eden boş hipotez istatistiki olarak %1 anlamlılık seviyesinde reddedilmektedir.

Tablo 1. YatayKesit Bağımsızlığı Test Sonuçları

Sabitli Model				
CD_{lm} (Pesaran,2004)	HIGH		PRODUCTIVITY	
	Test istatistiği	p-değeri	Test istatistiği	p-değeri
	38,267	0,00	102,976	0,00

Paneli oluşturan serilerin homojenlik sınamaları için Pesaran ve Yamagata (2008)’nin delta test istatistiklerinden yararlanılmıştır. Tablo 2’de yer alan sonuçlara göre tahmini yapılan test istatistiklerinin olasılık değeri %1 anlamlılık seviyesinde anlamlıdır ve boş hipotez reddedilmektedir. Dolayısıyla panel veri setini oluşturan değişkenlerin heterojen oldukları görülmektedir.

Tablo 2. Homojenlik Testi Sonuçları

Model	$\tilde{\Delta}$ test istatistiği	p. değeri	$\tilde{\Delta}_{adj}$ test istatistiği	p. değeri
$productivity_{it} = \beta_1 + \beta_2 \cdot high_{it} + \varepsilon_{it}$	9,321	0,00	13,628	0,00

Tablo 1’den hareketle serilerde yatay kesit bağımlılığının bulunması nedeniyle, analizde yatay kesit bağımlılığını dikkate alan 2. kuşak birim kök testlerinden Pesaran (2003)’nin CADF (Cross-Sectionally Augmented Dickey-Fuller) test istatistiği kullanılmıştır. Test, aşağıdaki regresyon denkleminin tahminine dayanmaktadır:

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \beta_i \cdot y_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \delta_{ij} \cdot \Delta Y_{it-j} + d_i \cdot t + c_i \cdot \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^{p_i} \phi_{ij} \cdot \Delta \bar{Y}_{it-j} + \varepsilon_{it}$$

CADF testinde β_i katsayılarına ilişkin t değerleri bulunur. Kritik değerler Pesaran (2007) tarafından tablolaştırılmıştır. Pesaran yaptığı Monte Carlo simülasyonları CADF testinin hem N>T hem de T>N durumunda geçerli olduğunu ortaya koymuştur. CADF testi aracılığıyla hesaplanan t istatistiklerinin

ortalaması ise CIPS (Cross-Sectionally Im-Pesaran-Shin) tahmincisini verir: $CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^n CADF_i$

CIPS tahmincisinin uygulanması sonucu elde edilen test istatistiği değerleri, Pesaran (2006)'daki kritik tablo değerleriyle karşılaştırılarak panel serilerin bütün olarak durağan olup olmadığı test edilmektedir. Hesaplanan CADF ve CIPS istatistik değerleri kritik değerlerden mutlak değer olarak büyük olduğu durumda sıfır hipotezi reddedilerek panel için birim kök olmadığı yani durağan olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir (Pesaran, 2007: 267-268).

Tablo 3, high ve productivity serilerine ait CIPS istatistik değerlerini ve olasılık değerlerini göstermektedir.

Tablo 3. Birim Kök Test Sonuçları

CIPS	T istatistiği	Kritikdeğerler		
		%1	%5	%10
HIGH	-2,213**	-2,34	-2,17	-2,07
PRODUCTIVITY	-2,250**	-2,34	-2,17	-2,07

*,** ve *** 0.01,0.5 ve 0.1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. CIPS kritik tablo değerleri, Pesaran (2006) makalesi Tablo 2c'den alınmıştır (Durum III: Sabitli ve Trendli).

Tablo 3'te yer alan sonuçlara göre her iki değişken için hesaplanan CIPS değerleri, Pesaran (2007) kritik değer tablosunda yer alan önemlilik düzeylerine göre %5'te -2.17'den küçüktür (Pesaran, 2007: 281). Böylece paneli oluşturan her iki serinin de durağan olduğu görülmektedir.

Çalışmada yatay kesitler arasında yatay kesit bağımlılığının ve eğim katsayılarının heterojenliğinin kabul edilmesinin ardından seriler arasındaki nedensellik ilişkisi Dumitrescu ve Hurlin (2012) (DH) ile Emirmahmutoğlu ve Köse (2011)'nin panel nedensellik yaklaşımları aracılığıyla araştırılmıştır.

Heterojen panel veri modelleri için kesitsel bağımsızlık varsayımı altında Dumitrescu ve Hurlin (2012) analizinde Granger (1969) nedensellik testini geliştirmiştir. Dumitrescu ve Hurlin (2012) nedensellik testi, vektör otoregresif modele dayanmakta, paneldeki bütün değişkenlerin ortak bir düzeyde durağan olmaları durumunda kullanılmakta ve yatay kesit bağımsızlığını varsaymaktadır. Bununla birlikte, Monte Carlo simülasyonları testin yatay kesit bağımlılığı şartları altında bile güçlü sonuçlar üretebildiğini göstermektedir (Bayar, 2017: 56).

Analizlerinde x ve y değişkenleri arasındaki ilişki doğrusal modelle ele alınmaktadır:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^{(k)} x_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t}$$

Yukarıdaki eşitlikte bireysel etkilerin zamanla değişmediği, gecikme uzunluğu k'nın paneldeki tüm yatay kesit birimleri için benzer olduğu varsayımları altında otoregresif parametre $\gamma_i(k)$ ve eğim katsayısı $\beta_i(k)$ 'nin ise gruplar arasında farklılaşabildiği kabul edilmiştir. DH testine ait hipotezler ise;

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N$$

$$H_1 : \beta_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, N_1 \text{ ve } \beta_i \neq 0 \quad \forall i = N_1 + 1, \dots, N$$

şeklinde. Testin sıfır hipotezinde paneldeki tüm yatay kesitlerde x'ten y'ye doğru nedensellik ilişkisinin olmadığı kabul edilirken; alternatif hipotezde ise paneldeki bazı yatay kesitlerde x'ten y'ye doğru bir nedensellik ilişkisinin olduğu kabul edilir. Bu hipotezlerin sınanmasında Wald istatistiğinden yararlanılmaktadır. Bireysel

Wald istatistiğinin ortalaması şeklinde elde edilen $W_{N,T}^{HnC}$ istatistiği aşağıdaki formül ile elde edilmektedir (Dumitrescu ve Hurlin, 2012: 4):

$$W_{N,T}^{HnC} = 1/N \cdot \sum_{i=1}^N W_{i,T}$$

Bu testte sıfır hipotezi altında ortalama istatistik $W_{N,T}^{HnC}$ 'nin dağılımı belirlenir. Bunun için T ve N'nin sonsuza gittiği asimptotik durum ve T'nin sabit olduğu yarı asimptotik durum ele alınmıştır. DH, T ve N'nin sonsuza gittiği

asimptotik durumda $Z_{N,T}^{HnC}$ ortalama istatistiğinin, T'nin sabit olduğu ($T > 5 + 2K$ ise) durumda ise yarı asimptotik dağılıma sahip $W_{N,T}^{HnC}$ ortalama istatistiğinin kullanılmasını önermiştir. Ortalama istatistikler aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Dumitrescu ve Hurlin, 2012: 5):

$$Z_{N,T}^{HnC} = \sqrt{N/2K} \cdot (W_{N,T}^{HnC} - K) \rightarrow N(0,1)$$

$$\tilde{Z}_{N,T}^{HnC} = \sqrt{\frac{N}{2K}} \sqrt{\frac{T-2K-5}{T-K-3}} \cdot \left[\left(\frac{T-2K-3}{T-2K-1} \right) W_{N,T}^{HnC} - K \right] \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{d} N(0,1)$$

DH testine ait analiz sonuçları Tablo 4'te yer almaktadır. Tablo 4'teki sonuçlar ışığında çalışmada $N > T$ olduğundan nedenselliğin yorumlanması için $\tilde{Z}_{N,T}^{HnC}$ test istatistiğine bakıldığında, işgücü verimliliğinden yüksek teknoloji- li ürün ihracatına doğru %5 anlamlılık seviyesinde çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. Dumitrescu ve Hurlin (DH) Panel Granger Non-Causality Test Sonuçları

Sıfır Hipotez	Test Statistic	P-Value
PRODUCTIVITY HIGH'ın Granger Nedeni Değildir		
<i>Whnc</i>	2,35	0,02
<i>ZTild (yarı-asimptotik)</i>	5,75	0,00
HIGH PRODUCTIVITY'nin Granger Nedeni Değildir		
<i>Whnc</i>	2,86	0,00
<i>ZTild (yarı-asimptotik)</i>	7,90	0,00

Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) ise Dumitrescu ve Hurlin (2012)'den farklı olarak kesit bağımlılığını da dikkate alan analizlerinde Granger nedenselliği yaklaşımını Toda-Yamamoto yaklaşımını ekleyerek genişletmiştir. Toda ve Yamamoto (1995) yönteminin önemli avantajı, Granger nedensellik analizi öncesinde yapılması gereken birim kök ve eşbütünleşme özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan ön testlere ihtiyaç duymamasıdır. Böylece, birim kök ve eşbütünleşme testlerinde ortaya çıkabilecek ön test sapması problemi en aza indirilmektedir (Ağır ve Tıraş, 2018: 1563). Dolayısıyla yaklaşım, değişkenlerin durağan ya da eşbütünleşik olup olmadığına bakmaksızın ülkeler arası heterojenliğin geçerli olduğunu varsaymaktadır.

Bu yaklaşımda heterojen panel veri modellerini oluşturan bireyler için tek tek zaman boyutunda tahminler yapılarak bireye özgü test istatistikleri elde edilir ve ardından bu bireysel test istatistiklerinin birleştirilmesi yoluna gidilir (Ağır ve Tıraş, 2018: 1564).

Bu yöntemde ilk olarak; standart bir Panel VAR tahmini yapılır ve optimal gecikme uzunluğu (p) belirlenir. Sonrasında p gecikmeye en yüksek bütünleşme derecesine sahip değişkenin bütünleşme seviyesi (dmax) ilave edilir. Son aşamada ise, (p+dmax) gecikme için serilerin düzey değerleriyle Panel VAR modeli tahmin edilir (Şahin ve Durmuş, 2019: 195).

Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) yaklaşımına ait bireysel panel nedensellik test sonuçları Tablo 5'te yer almaktadır. Tablo 5'te yer alan bulgulara göre yüksek teknoloji- li ürün ihracatının işgücü verimliliğinin nedeni olmadığını ifade eden boş hipotez %1 anlamlılık seviyesinde Danimarka, Finlandiya, Kore, Lüksemburg, Polonya, Slovenya, İsviçre; %5 anlamlılık seviyesinde Slovak Cumhuriyeti ve İspanya; %10 anlamlılık seviyesinde Yunanistan ve Hollanda için reddedilmiştir. Başka bir ifadeyle, Danimarka, Finlandiya, Kore, Lüksemburg, Polonya, Slovenya, İsviçre, Slovak Cumhuriyeti, İspanya, Yunanistan ve Hollanda'da yüksek teknoloji- li ürün ihracatından işgücü verimliliğine doğru nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir.

İşgücü verimliliğinin yüksek teknoloji- li ürün ihracatının nedeni olmadığını ifade eden boş hipotez %1 anlamlılık seviyesinde Kanada, Letonya, Polonya; %5 anlamlılık seviyesinde Şili, İrlanda, İsrail; %10 anlamlılık seviyesinde Lüksemburg ve Hollanda için reddedilmiştir. Başka bir ifadeyle Kanada, Letonya, Polonya, Şili, İrlanda, İsrail,

Lüksemburg ve Hollanda'da işgücü verimliliğinden yüksek teknoloji ürün ihracatına doğru nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir. Bu durumda Lüksemburg, Hollanda ve Polonya'da söz konusu iki değişken arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5.Emirmahmutoğlu ve Köse (2011)Bootstrap Nedensellik test sonuçları

Ülke	Gecikme	HIGH => PRODUCTIVITY	p-değeri	PRODUCTIVITY => HIGH	p-değeri
Avusturalya	2.00000	2.643815	0.26662	2.709693	0.257987
Avusturya	1.00000	1.684276	0.19435	0.630953	0.427006
Belçika	2.00000	2.183218	0.33567	2.159049	0.339757
Kanada	2.00000	1.617260	0.44546	14.06380	0.000883
Şili	1.00000	1.761126	0.18448	5.382874	0.020335
Çek Cum.	1.00000	0.003461	0.95308	0.658710	0.417016
Danimarka	2.00000	13.00556	0.00149	2.041685	0.360291
Estonya	1000000	0.097888	0.75437	0.010749	0.917426
Finlandiya	2.00000	13.96143	0.00093	1.901916	0.386371
Fransa	2.00000	0.127782	0.93810	2.230140	0.327892
Almanya	2.00000	0.316533	0.85362	3.055763	0.216995
Yunanistan	2.00000	4.825045	0.08958	0.391321	0.822291
Macaristan	1.00000	1.413376	0.23449	0.290256	0.590056
İzlanda	1.00000	0.004627	0.94576	0.956228	0.328139
İrlanda	2.00000	0.178449	0.91464	7.300536	0.025984
İsrail	2.00000	3.718858	0.15576	6.765986	0.033946
İtalya	2.00000	2.082242	0.35305	0.046661	0.976939
Japonya	2.00000	2.335816	0.31101	3.252857	0.196631
Kore	2.00000	88.49731	6.07E-2	3.024465	0.220417
Letonya	2.00000	0.180317	0.91377	134.2488	7.05E-30
Litvanya	1.00000	0.459224	0.49798	0.367377	0.544437
Lüksemburg	2.00000	16.57339	0.00025	4.890611	0.086700
Meksika	2.0000	4.379522	0.11194	2.074444	0.354438
Hollanda	2.00000	5.888167	0.05265	5.236268	0.072939
Yeni Zelanda	2.00000	3.729374	0.15494	23.31811	8.64E-06
Norveç	1.00000	1.461311	0.22672	0.062824	0.802087
Polonya	2.00000	43.31156	3.94E-1	10.75825	0.004612
Portekiz	2.00000	3.899196	0.14233	0.297364	0.861843
Slovak Cumh.	1.00000	4.729730	0.02964	0.012836	0.909797
Slovenya	2.00000	58.50728	1.97E-1	0.126239	0.938831
İspanya	2.00000	7.865580	0.01958	0.363345	0.833874
İsveç	1.00000	0.144706	0.70364	1.518817	0.217799
İsviçre	2.00000	30.62301	2.24E-0	0.924053	0.630006
Türkiye	1.00000	1.329457	0.24890	0.055126	0.814372
İngiltere	1.00000	2.106457	0.14667	0.378285	0.538523
A.B.D.	1.00000	1.797164	0.18005	0.011794	0.913519

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde küreselleşme olgusunun hızlı bir ivme kazanmasıyla birlikte uluslararası ticaret yaygınlaşmış ve ticari faaliyetlerde çeşitlilik ön plana çıkmıştır. Bu gelişmelerde şüphesiz teknolojinin gelişimi son derece önemli olmuştur. Bu anlamda yüksek teknolojiye sahip olma bütün dünya ülkeleri için temel hedef haline gelmiştir. Çünkü yüksek teknolojiye sahip olan ülkeler katma değeri yüksek ürünler üreterek uluslararası arenada rekabet üstünlüğüne kavuşabileceklerdir.

Teknolojik devrim süreçlerinin bir döngü olarak kabul edilmesi durumunda her teknolojik yenilik beraberinde yeni üretim biçimlerini getirmiş ve her sanayi devrimi bir öncekinden daha büyük ve hızlı değişimlere neden olarak toplumsal yaşamı yeniden şekillendirmiştir.

Yeni bir sanayileşme dalgasının eşliğinde olan dünya, bugün üçüncü sanayi devrimi ile dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0 sürecinin ortasındadır. Robotların birbiriyle iletişim halinde olduğu, beşeri sermayenin aktif rol oynadığı ve kas gücünün tam anlamıyla sistemden çekildiği bu süreçte böylece emek te dönüşüm sürecine girmiştir. Dolayısıyla Endüstri 4.0'ın ciddi bir işsizlik oluşumunu beraberinde getireceği ihtimali söz konusu olmaktadır. Dördüncü Sanayi Devriminde, ülkelerin işsizlik oranı artışının önüne geçebilmesi için eğitim alanında yapısal değişimleri sağlamaları oldukça önemlidir. Çünkü yeni sistem vasıfsız ve eğitimsiz işgücüne olan talebi azaltıcı yönde ilerlemektedir.

Bu çalışmada yüksek teknoloji ürün ihracatı ile işgücü verimliliği arasındaki nedensel ilişkiler ikinci kuşak panel testler aracılığıyla araştırılmıştır. 2007-2017 yılları arası dönemde 36 OECD ülkesine ait verilerin kullanıldığı çalışmada yüksek teknoloji ürün ihracatından işgücü verimliliğine doğru nedensel ilişkilerin 8 ülke için, işgücü verimliliğinden yüksek teknoloji ürün ihracatına doğru nedensel ilişkilerin ise 6 ülke için var olduğu tespit edilmiş olup üç ülke için de iki yönlü nedensel ilişkilerin var olduğu tespit edilmiştir.

Ampirik bulgulardan hareketle Danimarka, Finlandiya, Kore, Lüksemburg, Polonya, Slovenya, İsviçre, Slovak Cumhuriyeti, İspanya, Yunanistan ve Hollanda'da yüksek teknoloji ürün ihracatı çıktısıyla Endüstri 4.0 sürecinin işgücü verimliliğinin nedeni olabileceği tespit edilmiştir. Dolayısıyla Endüstri 4.0'a uygun şekilde piyasanın dönüşümüne uyum sağlayan bir emek piyasasının oluşumu ilgili ülkelerde rekabet gücünün artması açısından oldukça önem arz etmektedir.

Öte yandan, Kanada, Letonya, Polonya, Şili, İrlanda, İsrail, Lüksemburg ve Hollanda'da işgücü verimliliğinden yüksek teknoloji ürün ihracatına doğru nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda Lüksemburg, Hollanda ve Polonya'da yüksek teknoloji ürün ihracatı ve işgücü verimliliği arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada nedensel ilişkilerin varlığı tespit edilen ülkelerde AR-GE harcamalarının artırılarak AR-GE faaliyetlerine gereken önemin verilmesi, teknolojik alt yapının geliştirilmesine yönelik yatırımların gerçekleştirilmesi, teknolojik gelişim için tekno kentlerin sayısının artırılması ve tüm bu gelişmelerin ardındaki beşeri sermaye sahibi araştırmacılara mali desteklerin sağlanması durumunda emeğin Endüstri 4.0 sürecine uyum sağlanmasının daha kolay olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AĞIR, H., TIRAŞ, H. H., (2018). "Sağlık Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Nedensellik Analizi", Gazi-antep University Journal of Social Sciences, 17(4), 1558-1573.
- ARSLAN, O. (2018). "Endüstri 4.0 Oluşumunda Türkiye", 21. Uluslararası İktisat Öğrencileri Kongresi, https://www.academia.edu/38168397/End%C3%BCstri_4.0_olu%C5%9Fumunda_T%C3%BCrkiye_-_O%C4%9Fuzhan_ARSLAN_1_docx?email_work_card=view-paper, 20.01.2020.
- AYDIN, E. (2018). "Türkiye'de Teknolojik İlerleme İle İstihdam Yapısındaki Değişme Projeksiyonu: Endüstri 4.0 Bağlamında Ampirik Analiz", Yönetim Bilimleri Dergisi, Cilt:16, Sayı:33, 461-471.
- BAYAR, Y. (2017). "Yükselen Piyasa Ekonomilerinde Emeklilik Fonları, Finansal Gelişme ve Ekonomik Büyüme: Bir Panel Nedensellik Analizi", *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar*, 11(1), 56.
- BREUSCH, T. S. ve PAGAN, A. R. (1980). "Thelagrangemultipliertestanditsapplicationsto model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*", 47 (1), 239253.

- ÇINAR, S. (2010). “OECD Ülkelerinde Kişi Başına GSYİH Durağan Mı? Panel Veri Analizi”, *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, XXIX(II), 94.
- DEMİRKILIÇ, Ş. (2018), “Teknoloji Sektörü: Tarihsel Gelişimi, Ekonomideki Yeri, Ar-Ge Faaliyetleri, Dünya’nın ve Türkiye’nin Durumu”, https://www.academia.edu/38096821/Teknoloji_Sekt%C3%B6r%C3%BC?email_work_card=view-paper.
- DESTEBASI, A. N. (2018). “Endüstri 4.0 ve Emek Piyasası Üzerine Etkileri”, https://www.academia.edu/35950670/END%C3%9CSTR%C4%B0_4_0_VE_EMEK_P%C4%B0YASASI_%C3%9CZER%C4%B0NE_ETK%C4%B0LER%C4%B0, 15.01.2019.
- DİKKAYA, M. ve GENÇER, Ü. ve AYTEKİN, İ. (2018), Endüstri 4.0 Devriminin Ekonomik Etkileri Üzerine, 12. Uluslararası Kamu Yönetimi Sempozyumu.
- DOĞRU, B. N. ve MEÇİK, O. (2018). “Türkiye’de Endüstri 4.0’ın İşgücü Piyasalarına Etkileri: Firma Beklentileri”, Süleyman Demirel Ün. İİBF Dergisi, C.23, Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayı, s. 1581-1606.
- DUMİTRESCU, E. I. ve HURLİN, C. (2012). “TestingforGrangerNon-Causality in Heterogeneous Panels”. *EconomicModelling*, 29(4), 1450-1460.
- EMİRMAHMUTOĞLU, F. ve KÖSE, N. (2011). “Testingforgrangercausality in heterogeneousmixed panels”. *EconomicModelling*, 28, 870-876.
- ÖZKAN, G. Ve YILMAZ, 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 ve Yönetim Dergisi, Cilt: XII, Sayı: I.
- PESARAN, M. H. (2004). “General diagnostic tests for cross section dependence in panels”. Cambridge Working Papers in Economics, No: 435, Faculty of Economics, University of Cambridge.
- PESARAN, M. H. (2006). “Estimation and inference in large heterogeneous panels with multifactor error structure”. *Econometrica*, 74, 967-1012.
- PESARAN, M. H. (2007). “A Simple Panel Unit Root Test in The Presence of Cross Section Dependence”. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- PESARAN, M. H. ve YAMAGATA, T. (2008). “Testing slope homogeneity in large panels”. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- SALĞAR, U. ve DERELİ, D. D. (2018). “Türkiye ve Sanayi 4.0: Yapısal Bir Değerlendirme”, https://www.academia.edu/37611883/T%C3%9CRK%C4%B0YE_VE_SANAY%C4%B0_4_0_YAPISAL_B%C4%B0R_DE%C4%9EERLEND%C4%B0RME?email_work_card=view-paper, 24.01.2020.
- ŞAHBAZ, A. ve YANAR, R. ve ADIGÜZEL, U. (2014), “AR-GE Harcamaları ve İleri Teknoloji Mal İhracatı İlişkisi: Panel Nedensellik Analizi”, Ç. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:23, Sayı:1, 47-60.
- ŞAHİN, D., DURMUŞ, S. (2019). “OECD Ülkelerinde Ekonomik Büyüme ve Çevre Kirliliğinin Sağlık Harcamaları Üzerine Etkisinin Analizi”, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar* (647): 185-201.
- TAŞ, H. Y. (2018). “Dördüncü Sanayi Devrimi’nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri”, *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, Cilt:9, Sayı:16.
- TODA, H. Y. ve YAMAMATO, T. (1995). “Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes”, *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- TÜRKEL, S. ve BOZAĞAÇ, F. (2018), “Endüstri 4.0’ın İnsan Kaynakları Yönetimine Etkileri”, *Toros Üniv. Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl: 5, Sayı: 9, 2147-8414.
- YÜCEOL, H.M. (2018), “Endüstri 4.0 ve İşgücü Yansımaları”, *TOPRAK İşveren dergisi*, Sayı: 120, 3.