



Türkiye’de Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin İşgücü Verimliliği ve İstihdam Üzerindeki Etkileri: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı

The Effects of Information and Communication Technologies on Labor Productivity and Employment in Türkiye: The ARDL Bounds Test Approach

Fatma ÜNLÜ¹ 

ÖZ

Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojileri alanında yaşanan hızlı gelişmeler, uluslararası ekonomik düzenin ve işgücü piyasalarının dönüşüm sürecinde etkin rol üstlenmektedir. Söz konusu teknolojilerin üretim, verimlilik, istihdam gibi makroekonomik göstergeler üzerindeki etkileri araştırmacılar tarafından literatürde sıklıkla tartışılır hale gelmiştir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, Türkiye’de bilgi ve iletişim teknolojilerinin işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkilerinin araştırılmasına katkıda bulunmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için, Türkiye’nin 2001-2020 dönemine ait verileri kullanılarak ARDL sınır testi yaklaşımına ait ekonometrik prosedür takip edilmiştir. Analizlerden elde edilen ampirik bulgulara göre, uzun dönemde BİT kullanımının hem işgücü verimliliği hem de istihdam üzerindeki etkileri istatistikî olarak anlamlı ve negatiftir. Diğer taraftan, analize dahil edilen değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini tespit etmek için Toda-Yamamoto nedensellik testi gerçekleştirilmiştir. Ulaşılan sonuçlar, BİT kullanımı ve işgücü verimliliği arasındaki çift yönlü nedensellik ilişkisine işaret etmektedir. Benzer durum, istihdam ve işgücü verimliliği arasındaki nedensellik ilişkisi için de geçerlidir.

Anahtar kelimeler: Bilgi ve iletişim teknolojileri, İşgücü verimliliği, ARDL sınır testi

JEL Sınıflaması: O33, J24, C01

ABSTRACT

Rapid improvements in the field of information and communication technologies have recently played an active role in the transformation of the international economic order and labor markets, with researchers having frequently discussed the effects of these technologies on macroeconomic indicators such as production, productivity, and employment in the literature. In this context, the purpose of this study is to contribute to investigating the effects of information and communication technologies on labor productivity and employment in Turkey. In order to achieve this aim, the econometric procedure of the



DOI: 10.26650/ISTJECON2021-1091191

¹Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, İİBF,
İktisat Bölümü, Kayseri, Türkiye

ORCID: F.U. 0000-0003-1822-9965

Sorumlu Yazar/Corresponding author:

Fatma ÜNLÜ,
Erciyes Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü,
Kayseri, Türkiye
E-mail: funlu@erciyes.edu.tr

Başvuru/Submitted: 21.03.2021

Kabul/Accepted: 28.05.2022

Atıf/Citation: Unlu, F. (2022). Türkiye’de bilgi ve iletişim teknolojilerinin işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkileri: ARDL sınır testi yaklaşımı. *İstanbul İktisat Dergisi - Istanbul Journal of Economics*, 72(2), 725-751.
<https://doi.org/10.26650/ISTJECON2021-1091191>



autoregressive distributed lag (ARDL) bounds test approach was followed using data from Turkey for the period of 2001-2020. According to the empirical findings obtained from the analyses, the long-term effects of ICT use on both labor productivity and employment are statistically significant and negative. In addition, the Toda-Yamamoto causality test was employed to identify the causality relationships

between the variables included in the analyses. The results reveal a bidirectional causality relationship to exist between ICT use and labor productivity as well as between employment and labor productivity.

Keywords: Information and communication technologies, Labor productivity, ARDL bounds test
JEL Classification: O33, J24, C01

EXTENDED ABSTRACT

The ICT sector with its high R&D investments, innovation and employment capacity, high value-added structure, low fixed capital investments, and intermediate goods demand is seen as the fastest-growing sector in both developed and developing countries. In addition to the ICT sector’s high percentage of national income, especially in developed countries, the sector is also known to contribute significantly to productivity increases. Rapid developments in the field of information and communication technologies have recently led to the effects of these technologies on macroeconomic indicators such as productivity and employment being frequently discussed in the literature. Although the results from empirical studies supporting the positive effects of ICTs on labor productivity and countries’ experiences provide strong evidence for arguments that strengthen the existence of a relationship between these two variables, difficulty is had in saying that a general consensus still exists on this issue in the literature. Similarly, this inference is valid for the effects of ICTs on employment. As such, these technologies are able to increase employment in the long run as markets adapt to new technologies while also being able to lead to technological unemployment due to the labor-saving effects of ICTs.

Despite the presence of many studies examining the relationships among ICT usage, labor productivity, and employment in the literature, a limited number of studies are found to have examined these relationships with regard to Turkey. Within the scope of the reviewed literature, no study has been found to have additionally examined the effects of ICT use on labor productivity and employment by modeling these separately based on the ARDL bounds test approach. These two aspects point to the motivation of the study and its potential

contributions to the existing literature. The purpose of the paper is to contribute to investigating the effects of information and communication technologies on labor productivity and employment in Turkey. The ICT sector is one of the sectors whose importance has increased in the Turkish economy, especially in recent years. In 2020, the growth rate of the ICT sector increased by 22% compared to 2019 to a size of 26.9 billion dollars. The ICT sector had an annual average growth rate of 15% in the 2016-2020 period, during which employment in this sector had increased by 7% and ICT exports by 31%. In the last five years, investments in the sector, whose growth trend is approximately 10%, increased by 30%. In this context, the econometric procedure for the ARDL bounds test was followed using ICT usage, labor productivity, and employment rate data in Turkey for the period of 2001-2020. Afterward, the study examined the causality relationships between the variables using the Toda-Yamamoto test.

The main findings obtained from the analyses show ICT use to have had a statistically significant and negative impact on labor productivity. Similarly, the impact of ICT use on employment was also negative, with the values for both models' coefficients being quite small. Meanwhile, a bidirectional causality relationship exists between ICT use and labor productivity, as well as between employment and labor productivity. However, no causal relationship was found between ICT use and employment. Consequently, the impact of ICT use on labor productivity and employment in Turkey is negative, but the coefficients are negligibly small. The possible reasons for ICTs' negative effects on labor productivity and employment can be explained through inadequate complementary investments and the delayed realization of positive effects in the long run. This is because the temporary negative effects of these labor-saving technologies on employment will eventually be eliminated by realizing complementary ICT investments and creating new job opportunities. In addition, ICT's impact on labor productivity will also become positive as ICT use increases in parallel with the increase in the workforce's technological skills and abilities over time, with this effect also tending to increase more.

1. Giriş

Sürdürülebilir ekonomik büyümenin ve ulusal refah artışının sağlanmasında kilit öneme sahip olan verimlilik artışlarının temel kaynakları arasında görülen bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) alanında yaşanan hızlı gelişmeler son yıllarda ülkelerin bilgi ve teknoloji temelli ekonomiye dönüşüm sürecine ivme kazandırmıştır. BİT sektörü Ar-Ge yatırımlarının yüksekliği, inovasyon ve istihdam kapasitesi, katma değeri yüksek yapısı, düşük sabit sermaye yatırımı ve ara mal ihtiyacı ile hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde en hızlı büyüyen sektör olarak görülmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde BİT sektörünün milli gelirden aldığı payın yüksek olmasının yanı sıra, sektörün verimlilik artışlarına önemli oranda katkı sağladığı bilinmektedir (Özsağır, 2012; Castells, 2013).

1990'lı yıllardan itibaren, özellikle Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve gelişmiş Avrupa Birliği (AB) ekonomilerinde görülen hızlı ve yüksek verimlilik artışları, BİT sektöründeki ilerlemeler tarafından yönlendirilmiştir (Ceccobelli, Gitto ve Mancuso, 2012). Başka bir deyişle, hasıla ve verimlilik (işgücü verimliliği) artışlarının büyük kısmı, BİT sektörüne yapılan güçlü yatırımlar ile yoğun olarak BİT üreten ve kullanan sektörlere atfedilmektedir (Cardona, Kretschmer ve Strobel, 2013). Avrupa Komisyonu'nun 1994 tarihinde yayınladığı "*Büyüme, Rekabet Gücü ve İstihdam*" başlıklı rapora göre, 1980 ve 1990'lı yıllarda en fazla iş imkânı yaratan ülkelerin başında ABD ve Japonya gelmektedir. Buna göre, 1970-1992 dönemi boyunca ABD ekonomisinde büyüme %70 ve istihdam artışı ise %49 olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, Japonya ekonomisi için büyüme ve istihdam sırasıyla; %173 ve %25 oranında artmıştır (Castells, 2013). BİT'lerin işgücü verimliliği üzerindeki pozitif etkilerini destekleyen ampirik çalışmaların ulaştığı sonuçlar ve ülke deneyimleri söz konusu iki değişken arasındaki ilişkinin varlığını güçlendiren argümanlar için güçlü kanıtlar sunmasına rağmen, literatürde henüz bu konuda genel bir uzlaşma olduğunu söylemek oldukça güçtür (Iammarino ve Josa-Lasinio, 2013).

Yüksek inovasyon kapasitesini destekleyen teknolojileri etkinleştiren yeni teknolojilerin özel bir durumu olarak da tanımlanan BİT'ler, küreselleşmenin etkisiyle birlikte küresel değer zincirlerini, küresel ekonomik düzeni ve işgücü

piyasalarını değiştirmeye başlamıştır. Nitekim, günümüzde BİT üreten ve kullanan teknoloji-yoğun sektörlerin talep ettiği işgücünün niteliği geleneksel sektörlerde istihdam eden işgücünden farklılık arz etmektedir. Söz konusu temel farklılık, dijital teknolojiler açısından yüksek derecede bilgi, beceri ve yeteneğe sahip olmak ile ilgilidir (European Commission, 2012). Bu durum, ekonomilerdeki yapısal dönüşüm sürecine bağlı olarak geleneksel sektörlerdeki üretim ve talep düşüşleri sonucunda açığa çıkan işgücünün modern sektörlerde istihdam edilme olasılığını düşürmekte ve işsizlik sorununa yol açmaktadır. Bu noktadan hareketle, BİT'lerin istihdam üzerinde birbirine ters yönlü iki etkiye sahip olduğunu ifade etmek mümkündür (Kılıçaslan ve Töngür, 2018). Birincisi; yeni iş alanlarının açılmasına ve BİT'lerin emek-tasarruf edici teknolojilere sahip olması nedeniyle oluşan teknolojik işsizliğin yol açtığı olumsuz etkidir. Castells'e (2013) göre ise, bu olumsuz etki talepteki genişlemelerin emek verimliliğini artırmaması bağlı olarak gelişen dengesizlik durumuna işleri değil çalışma sürelerini azaltarak cevap verilmediği takdirde meydana gelmektedir. Ayrıca, gelişmiş ülke deneyimleri yeni ekonomiye geçiş sürecinin ilk aşamalarında BİT kullanımının işsizlik sorununa yol açtığını göstermektedir. İkincisi ise, uzun vadede piyasaların yeni teknolojilere uyum sağlaması ile oluşan istihdam yaratma etkisidir. Yeni teknolojilerin (özellikle BİT) kullanımı, üretim maliyetlerinin düşmesine yol açarak yeni yatırımları uyarmaktadır. Yatırımlardaki artışlar ise uzun vadede üretim ve istihdam üzerinde pozitif etkilere sahiptir (Kılıçaslan ve Töngür, 2018).

Literatürde BİT kullanımı, işgücü verimliliği ve istihdam arasındaki ilişkileri inceleyen çok sayıda çalışma olmasına rağmen, söz konusu ilişkileri Türkiye örneği için inceleyen sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Ayrıca incelenen literatür kapsamında BİT kullanımının işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkilerini ARDL sınır testi yaklaşımına dayalı olarak ayrı ayrı modelleyerek inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu iki husus, çalışmanın motivasyonuna ve mevcut literatüre potansiyel katkılarına işaret etmektedir. Bu noktadan hareketle çalışmanın amacı, Türkiye'de BİT kullanımının hem işgücü hem de istihdam üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasına katkıda bulunmaktır. BİT sektörü Türkiye ekonomisi açısından özellikle son yıllarda artan öneme sahip sektörler arasında yer almaktadır. 2020 yılı verilerine göre, büyüklüğü 26.9 milyar dolar olan sektörün

büyüme oranı 2019 yılına göre %22 artış göstermiştir. 2016-2020 döneminde yıllık ortalama büyüme oranı %15 olan BİT sektöründe istihdam artış oranı ise %7 ve BİT ihracatı ise %31 oranında artış göstermiştir. Son beş yıldır ise yaklaşık %10'luk bir büyüme trendine sahip olan sektörün yatırımları %30 artış göstermiştir (TÜBİSAD, 2021). Bu kapsamda, Türkiye'nin 2001-2020 dönemine ait BİT kullanımı, işgücü verimliliği ve istihdam oranı verileri kullanılarak ARDL sınır testine ilişkin ekonometrik prosedür takip edilmiştir. Ardından ise Toda-Yamamoto testi ile değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmıştır.

Çalışma esas itibarıyla dört bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonraki ilk bölümde, konu kapsamındaki ilgili literatür detaylı olarak verilmiştir. Sonraki kısımda, analizde kullanılan veri setine ve oluşturulan modele ait bilgiler sunulmuştur. Ardından ise takip edilen ekonometrik metodolojiye ilişkin prosedüre yer verilmiştir. Analizlerden elde edilen ampirik bulgular son bölümde yorumlanmıştır. Sonuç bölümünde ise genel değerlendirmeler ile politika önerilerine yer verilmiştir.

2. Literatür Taraması

Literatürde bilgi ve iletişim teknolojilerinin verimlilik artışları ve istihdam üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma yer almaktadır. İncelenen literatür kapsamında değerlendirilen çalışmalar dikkate alındığında; bu çalışmalarda farklı ülke ve ülke grupları için farklı istatistiksel ve ekonometrik yöntemler kullanılarak hem mikro hem de makro boyutta analizlere yer verildiği görülmektedir. Söz konusu çalışmalar, bu araştırma kapsamında dört (4) grupta incelenmiştir.

İlk grup çalışmalar; BİT'in ekonomik büyüme, toplam faktör verimliliği ve istihdam üzerindeki etkileri üzerine yoğunlaşan çalışmalardan oluşmaktadır. Bu çalışmalarda genellikle BİT'in ekonomik büyüme ve toplam faktör verimliliğine pozitif katkı sağladığına işaret eden bulgulara ulaşılmıştır. Örneğin; Röller ve Waverman (2001), telekomünikasyon altyapısındaki gelişmelerin iktisadi gelişme üzerindeki etkisini OECD ülkeleri için GMM yöntemini kullanarak analiz etmiştir.

1970-1990 dönemine ait veriler kullanılarak gerçekleştirilen analizler doğrultusunda ulaşılan sonuçlara göre, telekomünikasyon altyapısındaki ilerlemeler iktisadi gelişme üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahiptir. Colecchia ve Schreyer (2002), BİT sermaye birikiminin hasıla artışı üzerindeki etkilerini Almanya, Fransa, Japonya, İngiltere ve ABD gibi gelişmiş ülkelerin 1980-2000 yıllarına ait verilerini kullanarak incelemiştir. Yazarlara göre, BİT sermaye birikiminin hasılaya katkısı son 20 yıllık dönemde yaklaşık %2-%5 arasında iken, 1990'ların ikinci yarısında ise bu oran %3-%9 arasında gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, BİT sermayesindeki artış ilgili dönemlerde ülkeler arası farklılıklara rağmen ABD ile birlikte diğer ülkelerde de hasıla artışına yol açmıştır. Timmer ve Ark (2005) ise büyüme muhasebesi yaklaşımı çerçevesinde yaptıkları çalışmada, ABD ve AB ülkelerinde BİT sermayesi ve BİT yatırımlarının verimlilik artışlarına katkı sağladığını ancak söz konusu etkilerin ABD'de AB ülkelerine kıyasla 1995-2001 dönemi için daha güçlü olduğunu gösteren ampirik kanıtlar elde etmiştir.

Stiroh (2002), ABD'de 1974-2001 döneminde BİT'in verimlilik üzerindeki etkisini endüstri düzeyindeki verileri kullanarak analiz etmiş ve iki değişken arasındaki pozitif korelasyonu doğrulamıştır. Özellikle 1980'li yıllar ve 1990'lı yılların başlarında BİT yatırımı yapan endüstrilerde 1995 yılından sonra verimlilik artışları görüldüğü tespit edilmiştir. Haider, Kunst ve Wirl'in (2021), 12 sanayileşmiş ülkenin 1990-2006 ait verilerini kullanarak yaptığı analizlere göre, BİT yatırımları toplam faktör verimliliği artışlarını desteklemekte ve geri kalmış endüstrilerde diğerlerine göre pozitif etki daha güçlüdür. Ancak söz konusu yatırımların beklenen olumlu katkıları belirli bir süre sonra gerçekleşmektedir. Stiroh (2002) ve Haider vd. (2021) tarafından ulaşılan bu sonuçlar, BİT yatırımlarının verimlilik üzerindeki pozitif etkilerinin gecikmeli olarak gerçekleştiği yönünde ampirik kanıtlar sağlamaktadır. Seo ve Lee (2006), seçilmiş 38 ülkede BİT'in toplam faktör verimliliğine katkısı olup olmadığını belirlemek için ilgili ülkelerin 1992-1996 yıllarına ait verilerini kullanarak panel veri analizine ait prosedürü takip etmiştir. GLS tahmincisi kullanılarak elde edilen ampirik bulgulara göre, BİT toplam faktör verimliliği üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahiptir. Ayrıca özellikle az gelişmiş ülkeler arasındaki dijital bölünmenin varlığı da dikkat çekicidir.

Karagöl ve Erdil (2012), BİT'in makroekonomik etkilerini OECD ülkelerinde 1999-2008 ve Türkiye'de ise 1980-2009 dönemleri için GLS ve GMM yöntemlerini kullanarak araştırmıştır. Sonuçlara göre, OECD ülkelerinde BİT kullanımı ve üretimi ekonomik büyümeyi desteklerken, benzer durum Türkiye için geçerli değildir. Genç ve Tandoğan (2015), BİT ve toplam faktör verimliliği arasındaki ilişkiyi Toda-Yamamoto nedensellik testini kullanarak 1980-2012 dönemi için analiz etmiştir ve iki değişken arasında çift yönlü nedensellik ilişkisini teyit eden bulgulara ulaşmıştır. Alper (2017), 1996-2016 döneminde BİT'in ekonomik büyüme ve işsizlik üzerindeki etkisini seçilmiş Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye için FGLS yöntemini kullanarak analiz etmiştir. Elde edilen bulgulara göre, BİT kullanımındaki %1'lik artış GSYİH'yı %0.08 oranında artırırken işsizliği ise %0.01 oranında azaltmaktadır. Ünlü ve Polat (2022), MINT ülkelerinde BİT ihracatının toplam faktör verimliliği üzerindeki etkisini 2000-2018 dönemi için panel veri analizi ile incelemiştir. Ulaşılan ampirik bulgular, BİT ihracatının verimlilik üzerindeki pozitif etkileri için sağlam kanıtlar sunmaktadır.

İkinci grup çalışmalar, BİT'in işgücü verimliliği üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalardan oluşmaktadır. Söz konusu çalışmalarda genellikle BİT ve işgücü verimliliği arasındaki pozitif ilişki doğrulanırken, bazı çalışmalarda ise farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Örneğin; Brynjolfsson ve Hitt (2003), ABD'de bilgisayar teknolojisine ilişkin yatırımların işgücü verimliliği ve hasıla üzerindeki etkilerini 1987-1994 dönemine ait firma düzeyindeki verilerle regresyon analizi kapsamında belirlemeye çalışmıştır. Bulgular, ilgili yatırımlardaki artışların kısa vadede işgücü verimliliği ve hasıla artışlarına yol açtığına ancak uzun vadede söz konusu katkının daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Bertschek ve Kaiser (2004) ise, BİT yatırımlarının emek verimliliği üzerindeki etkisini Almanya'daki hizmet sektöründe faaliyet gösteren 411 firmanın verilerini kullanarak incelemiş ve bu kapsamda iki değişken arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir.

Ceccobelli vd. (2012), OECD ülkelerinde BİT sermayesinin emek verimliliği üzerindeki etkilerini 1995-2005 yılları için parametrik olmayan analizler kapsamında test ederek iki değişken arasındaki pozitif yönlü ilişkinin varlığını tespit etmiştir. Yazarlara göre, BİT sermaye birikimi işgücü verimliliğindeki artışın temel itici gücü olmakla birlikte teknolojik değişimin yol açtığı olumsuz etkiler söz

konusudur. Başka bir ifadeyle, BİT yatırımlarından sağlanan verimlilik artışları tamamlayıcı yatırımlara ve etki gecikmelerine bağlıdır. Bu bağlamda, tamamlayıcı yatırımların olmaması halinde BİT sermayesinin işgücü verimliliği üzerindeki etkilerinden tam olarak yararlanmak mümkün olmayacaktır. Iammarino ve Jona-Lasinio (2013), İtalya'nın bölgelerinde BİT üretiminin işgücü verimliliği üzerindeki etkisini yaklaşık 7,200 firmanın 2001-2005 dönemine ait verilerini kullanarak ayrıştırma ve 2SLS yöntemlerini takip ederek analiz etmiştir. Elde edilen bulgular, BİT ve işgücü verimliliği arasındaki pozitif ilişkiyi doğrular niteliktedir. Aminu ve Raifu (2019) ise, BİT sektörünün özellikle istihdam ve GSYİH açısından Nijerya ekonomisine katkılarını 2001, 2006 ve 2011 yılları için girdi-çıkı analizini kullanarak analiz etmiştir. Yazarlara göre, BİT sektörü diğer sektörlerle olan bağlantıları yoluyla hasıla ve istihdama olumlu katkılar sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, BİT sektörü dışındaki sektörlerin elde ettikleri avantajların büyük kısmı BİT reformu yoluyla sağlanan teşviklerin olumlu etkilerinden kaynaklanırken; BİT sektörünün sağladığı faydalar ise bu sektörün ürettiği ürünlerin ticareti ve sektörler arası bağlantılardan kaynaklanan dolaylı etkilerden oluşmaktadır.

Najarzadeh, Rahimzadeh ve Reed (2014), internetin işgücü verimliliği üzerindeki etkisini 108 ülkenin 1995-2010 dönemine ait verilerini kullanarak dinamik panel veri analizi kapsamında araştırmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre, internet işgücü verimliliğini pozitif yönde etkilemektedir. Koyuncu vd. (2017), Najarzadeh vd.'nin (2014) çalışmasına benzer şekilde, internet ve işgücü verimliliği arasındaki ilişkiyi panel veri analizi yardımıyla tespit etmeye çalışmıştır. 162 ülkenin 2000-2013 dönemine ait verileri kullanılarak yapılan analizlerin sonuçları, internet kullanımının işgücü verimliliği üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Lovric (2012), BİT'in işgücü verimliliği üzerindeki etkilerini seçilmiş gelişmiş ve gelişmekte olan 25 ülkenin 2001-2010 dönemine ait verilerini GMM yöntemini kullanarak analiz etmiştir. Analize dahil edilen bütün ülkelerde, BİT'in işgücü verimliliği üzerinde pozitif etkiye sahip olmakla birlikte söz konusu etkinin gelişmekte olan ülkelerde Ar-Ge faaliyetlerine ve beşeri sermaye düzeyine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Relich (2017) tarafından yapılan çalışmada ise AB ülkeleri

için farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Bulgular, BİT kullanımı ve e-ticaretin verimlilik üzerindeki olumlu etkilerinin gelişmiş üye ülkelerden ziyade gelişmekte olan üye ülkelerde daha yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Meçik (2015), OECD ülkelerinde BİT'in işgücü verimliliği üzerindeki etkilerini 1990-2012 dönemi için araştırmıştır. Panel veri analizinden elde edilen ampirik bulgulara göre, söz konusu ülkelerde BİT işgücü verimliliği üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahiptir. Skorupinska (2017), Merkez ve Doğu Avrupa ülkeleri için 1993-2011 dönemine ait verileri kullanarak yapısal eşitlik modeli yardımıyla da söz konu ilişkiyi araştırmış ve benzer sonuçlara ulaşmıştır. Serin ve İşcan (2019) ise Türkiye örneğinde 2009:Q1-2015:Q2 dönemi için ARDL sınır testi yaklaşımı ile analiz ettiği çalışmasında, uzun dönemde BİT'in verimlilik üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Literatürde BİT'in işgücü verimliliği üzerinde anlamlı ve pozitif etkilere sahip olduğu sonucuna ulaşan çalışmaların yanı sıra farklı bulgular elde eden çalışmalar da mevcuttur. Örneğin; Khan ve Santos (2002), BİT'in hasıla ve işgücü verimliliği üzerindeki etkilerini 1988-2000 dönemi için büyüme muhasebesi yaklaşımı çerçevesinde analiz etmiştir. Ulaşılan ampirik bulgulara göre, Kanada'da ilgili dönemde BİT'in hasıla ve özellikle işgücü verimliliği üzerinde anlamlı bir katkısı bulunmamaktadır. Akarsu vd. (2020) ise, 1985-2010 dönemine ait verileri kullanarak seçilmiş OECD ülkeleri için bootstrap nedensellik analizini gerçekleştirdiği çalışmasında, BİT'in işgücü verimliliği üzerindeki etkisinin ülkelere göre farklılaştığını tespit etmiştir. Benzer sonuçlara ulaşan bir diğer çalışma ise Mačiulytė-Šniukienė ve Gaile-Sarkane (2014)'e aittir. Yazarlar, AB-27 ülkeleri için 2000-2011 döneminde BİT ve işgücü verimliliği arasındaki korelasyonu araştırmış ve farklı verimlilik düzeyine sahip ülke gruplarında farklı etkilerin söz konusu olduğunu tespit etmiştir. Örneğin; orta ve düşük verimliliğe sahip bazı ülkelerde BİT ve işgücü verimliliği arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Trpeski vd. (2021) tarafından çalışmada da analize dahil edilen gelişmişlik seviyesi farklı ülkelerde BİT ve işgücü verimliliği arasındaki korelasyon ile ilgili sonuçlar farklı bulgulara işaret etmektedir. Gelişmiş ülkelerde iki değişken arasında anlamlı bir ilişki tespit edilemezken, yükselen piyasa ekonomileri için anlamlı ve pozitif bir ilişki söz konusudur.

Üçüncü grup çalışmalar, BİT ve istihdam arasındaki ilişkileri araştıran çalışmalardan oluşmaktadır. Bu grupta yer alan bazı çalışmalarda BİT ve istihdam arasındaki pozitif yönlü ilişki doğrulanırken; bazı çalışmalarda ise farklı bulgular elde edilmiştir. Örneğin; Biagi ve Falk (2017), seçilmiş Avrupa ülkelerinde BİT ve e-ticaretin istihdam üzerinde olumsuz etkiler oluşturmadığına dair ampirik kanıtlar elde etmiştir. Benzer şekilde, Kılıçaslan ve Tongür (2018), Türk imalat sanayinde BİT sermayesinin istihdam üzerindeki etkilerini 2003-2013 dönemi için sistem GMM yöntemini kullanarak analiz etmiştir. Bulgulara göre, BİT sermayesi istihdama olumlu yönde katkı sağlamaktadır. Sepehrdoust ve Khodaei (2013) ise İslam Konferansı Teşkilatı (OIC) ülkeleri için CES yaklaşımını kullanarak BİT yatırımlarının istihdam üzerinde pozitif etkiye sahip olduğunu gösteren sonuçlara ulaşmıştır. Yazarlara göre, söz konusu pozitif etkilerin düzeyi petrol ihraç eden ve etmeyen ülkelere göre farklılaşmaktadır. Mike-Laleh (2016) tarafından yapılan çalışmada da benzer gelir düzeyine sahip olmayan ülke grupları için farklı etkilerin söz konusu olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada seçilmiş gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere 1991-1999 ve 2000-2012 dönemleri için ayrı ayrı gerçekleştirilen panel veri analizleri kapsamında sabit etkiler yöntemi kullanılmıştır. Ampirik bulgulara göre, sadece 1991-1999 döneminde gelişmekte olan ülkelere BİT ve istihdam arasında ilişki saptanamamıştır. Diğer taraftan, gelişmiş ülkelere söz konusu ilişkinin yönünün dönemlere göre farklılaştığı ve gelişmekte olan ülkelere 2000-2012 dönemi için pozitif etkinin hakim olduğu görülmektedir. Garcia-Murillo (2016) ise, Latin Amerika ülkelerinde BİT kullanımının istihdamı artıracak düzeyde olumlu etkiler yaratmadığını kanıtlayan sonuçlara ulaşmıştır.

Dördüncü grup çalışmalar ise BİT'in hem işgücü verimliliği hem de istihdam üzerindeki etkilerini inceleyen sınırlı sayıdaki çalışmayı kapsamaktadır. Abramova ve Grishchenko (2020), Rusya'da faaliyet gösteren sektörlerde BİT, işgücü verimliliği ve istihdam arasındaki ilişkileri 2005-2017 dönemi için parçalı (pairwise) regresyon analizini takip ederek incelemiştir. Elde edilen ampirik bulgulara göre, BİT ve istihdam arasında ters yönlü bir ilişki saptanmıştır, yani BİT kullanımının artması istihdam üzerinde negatif etkiye sahiptir. Diğer taraftan, BİT ve işgücü verimliliği arasındaki kalıcı ve güçlü ilişkinin varlığına dair kanıtlar elde edilememiştir. Yazarlara göre, söz konusu değişkenler arasındaki ilişkiler sektörlere göre farklılık göstermektedir. Herman (2020) ise Romanya'da ve AB ülkelerinde BİT'in emek verimliliği üzerindeki etkisini 2008 ve 2018 yılları için korelasyon

analizi ile araştırarak BİT, işgücü verimliliği ve istihdam arasındaki pozitif ilişkinin varlığını teyit etmiştir. Yazarlar, AB ülkelerinde dijitalleşme sürecinin doğal sonucu olarak söz konusu pozitif etkilerin meydana geldiğini ve Birlik üyeleri arasındaki dijital bölünmenin ihmal edilebilir boyutta olmadığına dikkat çekmiştir. Lefophane ve Kalaba (2021), BİT yoğunluğunun işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkilerini Güney Afrika ülkeleri için PMG tahmincisi ve Toda-Yamamoto nedensellik analizini kullanarak analiz etmiştir. 1994-2017 dönemi için gerçekleştirilen analizler sonucunda, uzun dönemde BİT’in işgücü verimliliğini olumlu yönde etkileyerek istihdam artışına yol açtığına yönelik ampirik bulgulara ulaşılmıştır.

3. Veri Seti

Bu çalışmada, Türkiye’de BİT’in işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasına katkıda bulunmak amacıyla ARDL sınır testi uygulanmıştır. Bu kapsamda, Türkiye’nin 1991-2020 dönemine ait yıllık veri setlerinin logaritmik değerleri ekonometrik analizlerde kullanılmıştır. Çalışmada, BİT kullanımı, istihdamı ve işgücü verimliliğini temsil etmek üzere sırasıyla; Dünya Bankası Kalkınma Göstergelerine ait veri tabanından elde edilen internet kullanım oranı (%), toplam nüfus ve işgücüne katılma oranı (%), 15-64 yaş toplam nüfus) ile OECD veri tabanından alınan çalışılan saat başına GSYİH (%), ABD=100) değişkenleri kullanılmıştır. Ayrıca kontrol değişkeni olarak, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (United Nations Development Programme-UNDP) tarafından yayınlanan insani gelişme endeksi (Human Development Index-HDI) analizlere dahil edilmiştir.

BİT’in işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla çalışma kapsamında ayrı ayrı kurulan iki ampirik model aşağıda yer alan (1) ve (2) no’lu denklemler yardımıyla gösterilmektedir:

$$LNLP_t = \beta_0 + \beta_1 LNICT_t + \beta_2 LNHDIt + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$LNEMP_t = \alpha_0 + \alpha_1 LNICT_t + \alpha_2 LNHDIt + v_t \quad (2)$$

(1) ve (2) no’lu denklemde $t = 1, 2, 3, \dots, T$ zaman boyutunu, α_0 ve β_0 sabit terimi, α ve β terimleri bağımsız değişkenlere ait esneklik katsayılarını ε_t ve v_t ile terimleri

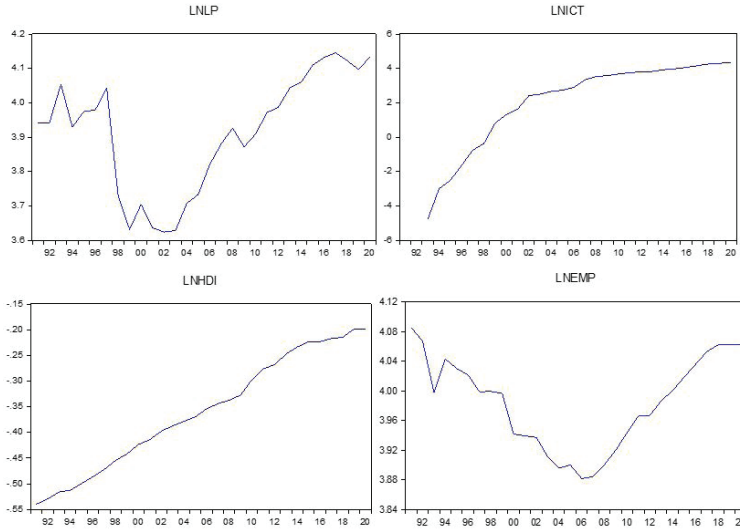
ise hata terimini temsil etmektedir. Denklemlerde yer alan *LNL*, *LNICT*, *LNHDI* ve *LNEMP* sırasıyla; işgücü verimliliği, BİT kullanımı, insani gelişme endeksi ve istihdam oranı değişkenlerini temsil etmektedir.

Tablo 1: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Ortalama	Max.	Min.	Standart Hata
LNL	3.914	4.145	3.623	0.176
LNICT	2.095	4.352	-4.772	2.534
LNHDI	-0.346	-0.198	-0.515	0.104
LNEMP	3.976	4.061	3.881	0.058

Tablo 1 ve Grafik 1'de ön bilgi sunması açısından sırasıyla; analizde kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler ve bu değişkenlerin logaritmik değerlerinin zaman içindeki değişimi gösterilmektedir. Tabloya göre, en yüksek ortalamaya *LNEMP* (3.976) ve *LNL* (3.914) değişkenleri sahipken; en yüksek maksimum değer ise *LNICT* (4.352) değişkenine aittir. En düşük minimum değerlere ise *LNICT* (-4.772) ve *LNHDI* (-0.515) değişkenleri sahiptir. Diğer taraftan, *LNICT* (2.534) ve *LNEMP* (0.058) değişkenleri sırasıyla standart sapması en yüksek ve en düşük değişkenlerdir.

Grafik 1. Değişkenlere Ait Zaman Serisi Grafikleri (1991-2020)



4. Ekonometrik Metodoloji

Ekonometrik analizlerde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin tespit edilmesinde genellikle Engle-Granger (1987), Johansen (1988) ve Johansen-Juselius (1990) eşbütünleşme testleri kullanılmaktadır. Ancak söz konusu eşbütünleşme testlerini gerçekleştirebilmek için değişkenlerin aynı seviyede durağan olması gerekmektedir. Bu ön koşul, Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ve farklı dereceden durağanlığa sahip olan değişkenler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesine olanak sağlayan ARDL sınır testi ile daha esnek hale getirilmiştir. ARDL sınır testi yaklaşımına ilişkin ekonometrik prosedürün takip edildiği bu çalışmada, analize dahil edilen değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi saptamak için kurulan kısıtlanmamış hata düzeltme modeli (unrestricted error correction model-UECM) aşağıda yer alan (3) ve (4) nolu denklemler aracılığıyla gösterilmiştir:

$$\Delta LNL P_t = \alpha_i + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta LNL P_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} \Delta LNI CT_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{3i} \Delta LNHD I_{t-i} + \phi_1 LNL P_{t-1} + \phi_2 LNI CT_{t-1} + \phi_3 LNHD I_{t-1} + e_t \quad (3)$$

$$\Delta LNE M_t = \Phi_i + \sum_{i=1}^m \gamma_{1i} \Delta LNE MP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{2i} \Delta LNI CT_{t-i} + \sum_{i=0}^p \gamma_{3i} \Delta LNHD I_{t-i} + \rho_1 LNE MP_{t-1} + \rho_2 LNI CT_{t-1} + \rho_3 LNHD I_{t-1} + v_t Pt \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan α ve Φ sabit terimi, m gecikme sayısını, ve v hata terimi ve Δ ise fark işlemcisini temsil etmektedir. Sınır testi yaklaşımı kapsamında (3) ve (4) no'lu denklemler ayrı ayrı tahmin edildikten sonra her bir model için Wald testi gerçekleştirerek değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edilmeye çalışılmaktadır. Söz konusu teste ilişkin sıfır hipotezi (eşbütünleşme yoktur) ve alternatif hipotez (eşbütünleşme vardır) sırasıyla (3) ve (4) no'lu denklemler için ayrı ayrı aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0 \text{ ve } H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0 \text{ (3 nolu denklem için)}$$

$$H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = 0 \text{ ve } H_1: \gamma_1 \neq \gamma_2 \neq \gamma_3 \neq 0 \text{ (4 nolu denklem için)}$$

UECM modelinin tahmin edilmesinden sonra hesaplanan F-istatistiği değerleri Pesaran vd'nin (2001) çalışmalarında yer alan ve asimptotik olarak türetilen alt ve üst kritik değerler ile karşılaştırılmaktadır. Hesaplanan istatistik değeri, alt kritik

değerlerden küçükse H_0 hipotezi reddedilemez ve seriler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi olmadığına karar verilir. Eğer hesaplanan istatistik değeri, üst kritik değerlerden büyükse H_0 hipotezi reddedilerek seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna varılır. Ancak hesaplanan istatistik değeri alt ve üst kritik değerler arasında ise eşbütünleşme ilişkisi ile ilgili yorum yapmak güçleşmektedir. Böyle durumlarda alternatif eşbütünleşme testlerini uygulayarak sonuçları karşılaştırmak daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için başvurulacak en güvenilir yöntemlerden birisidir.

ARDL yaklaşımında, değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi test edildikten sonra öncelikle uzun dönemli ARDL modeli tahmin edilmektedir. Yukarıda yer alan (1) ve (2) nolu denklemler kullanılarak oluşturulan (5) ve (6) nolu denklemler aşağıdaki gibidir:

$$LNLP_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} LNLP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} LNICT_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{3i} LNHD I_{t-i} + e_t \quad (5)$$

$$LNEMP_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta LNEMP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{2i} \Delta LNICT_{t-i} + \sum_{i=0}^p \alpha_{3i} \Delta LNHD I_{t-i} + v_t \quad (6)$$

Uzun dönemli katsayılar tahmin edildikten sonra oluşturulan ARDL modelinin uygunluğu tanısıl (diagnostik) testler aracılığıyla sınanmaktadır. İlave olarak, değişkenlerin istikrarlı olup olmadığının belirlenmesinde CUSUM ve CUSUMSQ testlerinin de bu aşamada yapılması gerekmektedir. Söz konusu testlerin sonuçlarının uygun olması halinde, ARDL modeline dayalı hata düzeltme modeli (ECM) ile kısa dönemli katsayılar tespit edilmektedir. Analiz kapsamında oluşturulan söz konusu hata düzeltme modelleri (7) ve (8) nolu denklemler aracılığıyla gösterilmiştir:

$$\Delta LNLP_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta LNLP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} \Delta LNICT_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{3i} \Delta LNHD I_{t-i} + \beta_4 ECT_{t-i} + e_t \quad (7)$$

$$\Delta LNEMP_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta LNEMP_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{2i} \Delta LNICT_{t-i} + \sum_{i=0}^p \alpha_{3i} \Delta LNHD I_{t-i} + \alpha_4 ECT_{t-i} + v_t \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan ECT_{t-i} hata düzeltme terimini temsil etmektedir. Söz konusu terim, uzun dönem katsayı tahmin modelinden elde edilen

hata terimleri serilerinin gecikmeleri değerlerinden oluşmaktadır. Bu terimin katsayısının işaretinin negatif ve istatistiki olarak anlamlı olması kısa dönemdeki sapmaların ne kadarının bir sonraki dönem düzeltileceğini gösterir.

ARDL sınır testi yaklaşımın ardından, analize dahil edilen farklı düzeyde durağanlığa sahip olan seriler arasındaki nedensellik ilişkisinin belirlenmesi için VAR modeline dayalı olarak geliştirilen Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testinden faydalanılmıştır. Söz konusu teste ait olan (9) ve (10) nolu denklemler aşağıda verilmiştir:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p+dmax} \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+dmax} \alpha_{2i} X_{t-i} + u_t \quad (9)$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p+dmax} \beta_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+dmax} \beta_{2i} Y_{t-i} + \epsilon_t \quad (10)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan Y ve X sırasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenleri, u_t ve ϵ_t hata terimlerini, p optimal gecikme uzunluğunu ve $dmax$ ise maksimum bütünlüşme derecesini temsil etmektedir. Toda-Yamamoto nedensellik testine ait hipotezler şu şekilde kurulmaktadır:

H_0 : Y 'den X 'e doğru nedensellik ilişkisi yoktur.

H_1 : Y 'den X 'e doğru nedensellik ilişkisi vardır.

5. Ampirik Bulgular

Ekonometrik analizlerde ilk aşama; değişkenlere ait serilerin durağanlık sınaması ile ilgilidir. Granger ve Newbold (1974), ekonometrik analizlerde sahte regresyon sorunu ile karşılaşmamak için modeldeki değişkenlere ait serilerin durağan olup olmadıklarının birim kök testleri ile sınanması gerektiğini ifade etmiştir. Nitekim durağan serilerde ortalaması, varyansı ve farklı gecikmelerdeki ortak varyansı zamana bağlı olmaksızın sabit kalmaktadır (Gujarati, 2006). Ampirik çalışmalarda en yaygın kullanılan durağanlık testleri; Genişletilmiş Dickey Fuller-ADF (1981) ve Phillips ve Perron-PP (1988) testleridir. Bu çalışmada ADF ve PP birim kök testleri ile analizde kullanılan değişkenlerin durağanlık özellikleri test edilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 2 aracılığıyla aşağıda sunulmuştur.

Tablo 2: ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF		PP	
	t-istatistiği	p-değeri	t-istatistiği	p-değeri
LNLP	-0.942	0.758	-0.986	0.744
LNICT	-3.845	0.008*	-25.201	0.000*
LNHDI	-1.069	0.713	-1.040	0.723
LNEMP	-1.970	0.296	-1.583	0.477
Δ LNLP	-5.243	0.000*	-5.243	0.000*
Δ LNICT	-2.788	0.077***	-4.876	0.000*
Δ LNHDI	-4.333	0.002*	-4.329	0.000*
Δ LNEMP	-6.104	0.000*	-4.910	0.000*

Not: * ve *** sırasıyla %1 ve %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Δ ilk fark işlemcisini temsil etmektedir. Optimal gecikme uzunluğu ise Schwarz bilgi kriterine (SIC) göre belirlenmiştir.

Tablo 2'den görüleceği üzere, ADF ve PP birim kök test sonuçları *LNLP*, *LNHDI* ve *LNEMP* değişkenlerine ait serilerin seviyede durağan olmadığını yani birim kök içerdiğini göstermektedir. *LNICT* değişkeni ise %1 anlamlılık seviyesinde düzeyde durağandır. Durağan olmayan *LNLP*, *LNHDI* ve *LNEMP* değişkenlerine ait serilerin birinci farkları alındığında %1 anlamlılık seviyesinde durağan hale geldikleri tespit edilmiştir. Başka bir deyişle, birim kök testlerine göre değişkenlerin durağanlık durumları *LNICT* için I (0) ve *LNLP*, *LNHDI* ve *LNEMP* için ise I (1) şeklindedir. Bu sonuçlar, ARDL modelinin kullanılması için gerekli ön koşulun sağlandığını göstermektedir. Zira, değişkenler için durağanlık düzeyi I (2) olduğunda ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılamamaktadır.

Tablo 3: Sınır Testi Sonuçları

Modeller	F-istatistiği	Kritik Değerler*	
		Alt Sınır I(0)	Üst Sınır I(1)
Model 1: LNLP=f(LNICT, LNHDI)	39.601	3.538	4.428
Model 2: LNEMP=f(LNICT, LNHDI)	5.380	3.538	4.428

Not: *, %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 3'te sınır testine ilişkin hesaplanan F-istatistik değeri ile Pesaran vd. (2001)'den elde edilen kritik tablo değerleri yer almaktadır. $LNLP=f(LNICT, LNHDI)$ modeli için hesaplanan F-istatistiği üst kritik değerden büyüktür ($39.601 > 4.428$). Benzer durum, $LNEMP=f(LNICT, LNHDI)$ modeli için de geçerlidir

(5.380>4.428). Dolayısıyla, sınır testi sonuçları analiz kapsamındaki her iki model için de değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisinin varlığını doğrulamaktadır.

Tablo 4: ARDL Modeli Uzun Dönem Katsayıları

Değişkenler	Model 1		Model 2	
	Katsayı	t-istatistiği	Katsayı	t-istatistiği
LNICT	-0.071**	-2.338 (0.034)	-0.055*	-5.387 (0.000)
LNHDI	1.993*	7.105 (0.000)	1.759*	10.080 (0.000)
C	4.870*	28.014 (0.000)	4.659*	56.778 (0.000)

Not: * ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 4'te ARDL modeli için uzun dönem katsayıları Model 1 ve Model 2 için gösterilmektedir. Model 1'e göre, *LNICT* değişkeni %5 düzeyinde ($0.03 < 0.05$); *LNHDI* ve sabit (*C*) değişkenleri ise %1 düzeyinde ($0.00 < 0.01$) istatistiki olarak anlamlıdır. Buna göre, *LNICT* değişkeninin *LNLDP* değişkeni üzerinde negatif ve anlamlı bir etkisi söz konusu iken, *LNHDI* değişkenin etkisi ise pozitiftir. Daha açık bir ifadeyle, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki %1'lik artış işgücü verimliliğini % 0.07 oranında azaltırken; insani gelişme endeksinde meydana gelen %1'lik artış ise işgücü verimliliğini %1.993 oranında artırmaktadır. Diğer taraftan Model 2'ye göre, tüm değişkenler (*LNICT*, *LNHDI* ve *C*) %1 düzeyinde ($0.00 < 0.01$) istatistiki olarak anlamlıdır. Model 1'in sonuçlarına benzer şekilde, *LNICT* değişkeninin *LNEMP* değişkeni üzerindeki etkisi negatif ve anlamlı iken, *LNHDI* değişkenin etkisi ise pozitiftir. Yani, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki %1'lik artış istihdam oranını % 0.05 oranında azaltırken; insani gelişme endeksinde meydana gelen %1'lik artış ise işgücü verimliliğini %1.759 oranında artırmaktadır. Özetle, BİT kullanımı işgücü verimliliği ve istihdam üzerinde negatif etkiye sahiptir. Ancak gelişmişlik düzeyindeki olumlu gelişmeler işgücü verimliliği ve istihdamı pozitif yönde etkilemektedir. İnsani gelişme endeksinin işgücü verimliliği üzerindeki pozitif etkisi teorik beklentiler ile uyumlu olup, BİT kullanımının işgücü verimliliğini ve istihdam oranını azaltıcı etkisi ise ihmal edilecek düzeyde küçük olmasına rağmen muhtemel sebepleri izah edilmesi gereken ampirik bir bulgudur. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin yoğun olarak kullanılmaya başlaması ile birlikte hem gelişmiş hem

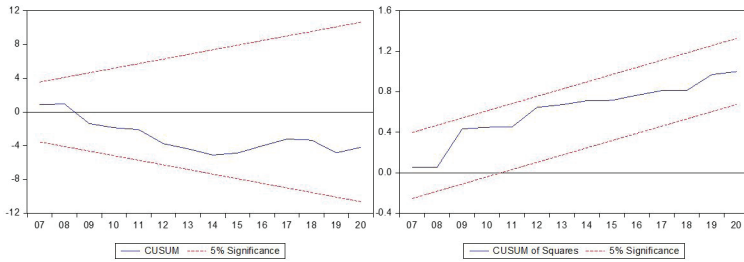
de az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde başlangıçta söz konusu teknolojilerin işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkilerinin negatif olabileceği ve bu etkilerin gelişmişlik düzeyi düşük olan ülkelerde daha yoğun görülebileceği ve beklenen pozitif etkilerin de gecikmeli olarak gerçekleşebileceğine dair bulgular ampirik çalışmalar tarafından desteklenmektedir.

Tablo 5: Tanısal Test Sonuçları

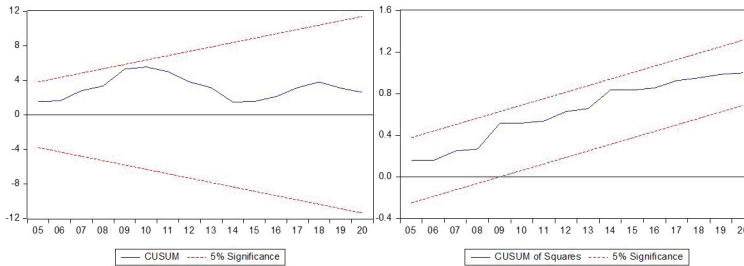
Testler	Model 1	Model 2
Breusch-Godfrey LM	1.320 (0.125)	0.191 (0.717)
Breusch-Pagan-Godfrey	1.272 (0.974)	0.647 (0.972)
Ramsey Reset	0.513 (0.486)	0.357 (0.725)
Jarque-Bera Normallik Testi	1.598 (0.449)	1.748 (0.417)

Tablo 5'te ARDL modeli kapsamındaki Model 1 ve Model 2'ye ilişkin tanısal test sonuçları yer almaktadır. Buna göre; her iki modelde de otokorelasyon ve değişen varyans sorunları ile birlikte model kurma hatasının olmadığı ve hata terimlerinin normal dağılım gösterdiği sırasıyla; Breusch-Godfrey LM, Breusch-Pagan-Godfrey ve Ramsey Reset testlerine ait ampirik bulgular ile kanıtlanmıştır.

Grafik 2. CUSUM ve CUSUM Q Grafikleri



(a) Model 1



(b) Model 2

Tanısal testlere ilave olarak, uzun dönem ARDL modeline ait parametrelerin istikrarlı (kararlı) olup olmadığını sınamak için Brown vd. (1975) tarafından geliştirilen CUSUM ve CUSUMSQ testleri yapılmıştır. Grafik 2; Model 1 ve Model 2'ye ait CUSUM ve CUSUMSQ test sonuçlarını göstermektedir. Grafik 2'den görüleceği üzere, hata terimlerine yönelik test istatistikleri kritik sınırlar arasında yani %5 anlamlılık düzeyinde istikrarlıdır. Bu sonuçlar, ARDL uzun dönem parametrelerinin istikrarlı olduğuna, aynı zamanda da modellerde yer alan değişkenler açısından yapısal kırılmaların olmadığına işaret etmektedir.

Tablo 6: ARDL (1, 5, 0) Hata Düzeltme Modeli

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	p-değeri
Δ LNICT	-0.049	0.028	-1.748	0.102
Δ LNICT (-1)	0.045	0.027	1.665	0.118
Δ LNICT (-2)	-0.104	0.023	-4.530	0.000
Δ LNICT (-3)	-0.128	0.028	-4.558	0.000
Δ LNICT (-4)	-0.095	0.020	-4.684	0.000
<i>ECT (-1)</i>	<i>-0.754</i>	<i>0.054</i>	<i>-13.869</i>	<i>0.000</i>

$R^2 = 0.93$ Düzeltilmiş- $R^2 = 0.92$ F-istatistiği= 39.601 (0.000) DW= 2.69

Analize dahil edilen değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişkiyi belirlemek için ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modeli kurulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 6 aracılığıyla sunulmuştur. Elde edilen bulgular, kısa ve uzun dönemli tahminlerin birbiri ile uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca R^2 (0.93) ve Düzeltilmiş- R^2 (0.92) değerlerine göre, modelin açıklayıcılık gücü oldukça yüksektir. Diğer taraftan, ECT (-1) katsayısı (-0.754) ise beklentilere uygun olarak istatistiksel olarak anlamlı ve negatif işarete sahiptir. Buna göre, kısa dönemde oluşan dengeden sapmaların bir sonraki dönem yaklaşık olarak %75'i giderilecektir. Bu sonuç aynı zamanda uzun dönemde dengeye doğru yaklaşma yani uyarlanma sürecinin hızlı olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 7'de Model 2'ye ait ARDL yaklaşımına dayalı kurulan hata düzeltme modeline ait ampirik sonuçlara yer verilmiştir. Buna göre, kısa ve uzun dönemli tahminlerin birbiri ile büyük oranda uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca R^2 (0.74) ve Düzeltilmiş- R^2 (0.67) değerlerine göre, modelin açıklayıcılık gücü yeterlidir. Diğer taraftan, ECT (-1) katsayısı (-0.501) ise beklentilere uygun olarak

istatistiksel olarak anlamlı ve negatif işarete sahiptir. Bu sonuç, kısa dönemde oluşan dengeden sapmaların bir sonraki dönem yaklaşık olarak %50'sinin giderileceğini ve uyarlanma sürecinin hızlı olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, Model 1 için elde edilen katsayılar ile karşılaştırıldığında ise söz konusu uyarlanma sürecinin daha yavaş gerçekleşeceğini ifade etmek mümkündür.

Tablo 7: ARDL (3, 3, 0) Hata Düzeltme Modeli

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	p-değeri
Δ LNEMP (-1)	0.175	0.165	1.064	0.303
Δ LNEMP (-2)	-0.358	0.152	-2.349	0.031
Δ LNICT	-0.004	0.010	-0.439	0.666
Δ LNICT (-1)	0.012	0.010	1.188	0.252
Δ DLNICT (-2)	0.032	0.009	3.579	0.002
<i>ECT (-1)</i>	<i>-0.501</i>	<i>0.099</i>	<i>-5.055</i>	<i>0.000</i>

$R^2= 0.74$ Düzeltilmiş- $R^2= 0.67$ F-istatistiği= 5.380 (0.000) DW= 2.15

Çalışmada, ARDL modeli takip edilerek değişkenler arasındaki uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi doğrulandıktan sonra, Toda-Yamamoto nedensellik testi ile söz konusu değişkenler arasındaki nedensellik bağlantıları araştırılmıştır. Tablo 8'de Toda-Yamamoto nedensellik testine ait sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 8: Toda-Yamamoto Nedensellik Testine Ait Sonuçlar

Nedenselliğin Yönü	k (p+ dmax)	SUR Wald Test İstatistiği (χ^2)	Olasılık
LNICT → LNLP	2	11.880	0.002*
LNHDI → LNLP	2	12.182	0.002*
LNEMP → LNLP	2	13.819	0.001*
LNLP → LNICT	2	13.802	0.001*
LNHDI → LNICT	2	0.586	0.745
LNEMP → LNICT	2	1.706	0.426
LNLP → LNHDI	2	2.005	0.366
LICT → LNHDI	2	3.986	0.136
LNEMP → LNHDI	2	2.438	0.295
LNLP → LNEMP	2	14.551	0.000*
LNICT → LNEMP	2	2.434	0.296
LNHDI → LNEMP	2	1.012	0.602

Not: *, %1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 8’e göre, *LNICT* ile *LNLP* değişkenleri arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur. Yani, BİT kullanımı işgücü verimliliğini etkilerken, işgücü verimliliği de BİT kullanımını etkilemektedir. Benzer şekilde, *LNLP* ile *LNEMP* değişkenleri arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi vardır. Buna göre, işgücü verimliliği istihdam oranını etkilerken, istihdam oranında meydana gelen değişimler de işgücü verimliliğini etkilemektedir. Ancak *LNICT* ve *LNEMP* değişkenleri arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir Diğer taraftan, *LNHDI* ile *LNLP* değişkenleri arasında ise *LNHDI* değişkeninden *LNLP* değişkenine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi söz konusudur. Bunun anlamı, insani gelişme endeksi işgücü verimliliğini etkilerken, işgücü verimliliğinin insani gelişme endeksi üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

6. Sonuç

Son yıllarda küreselleşme ile birlikte ön plana çıkan BİT’ler, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülke ekonomilerinde üretim ve istihdam açısından sahip oldukları büyük paylar sebebiyle araştırmacıların ve politika yapıcıların odak noktası haline gelmiştir. BİT’lerin temelinde emek-tasarrufu sağlayan teknolojileri barındırması sebebiyle özellikle istihdam ve işgücü verimliliği üzerindeki muhtemel etkilerinin neler olduğu hususu da literatürde sıklıkla tartışılan konulardan birisidir. BİT’lerin işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkileri ile ilgili literatürde farklı görüşler ileri sürülmekle birlikte, söz konusu teknolojilerin tamamlayıcı BİT yatırımlarının yapılması halinde uzun vadede verimlilik ve istihdam üzerinde pozitif etkiler oluşturabileceğine dair ampirik kanıtlar mevcuttur ve bu bulgular ülke deneyimleri ile desteklenmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de BİT kullanımının işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkileri 2001-2020 dönemine ait veriler kullanılarak ARDL sınır testi yaklaşımı ve Toda-Yamamoto nedensellik testi ile araştırılmıştır.

Analizler kapsamında ulaşılan temel bulgular altı başlıkta toplanabilir: *i)* BİT kullanımının işgücü verimliliği üzerindeki istatistiki olarak anlamlı ($0.03 < 0.05$) ve negatiftir, ancak katsayı (-0.071) ihmal edilebilir düzeyde düşüktür. Başka bir deyişle, BİT kullanımındaki %1’lik artış işgücü verimliliğini %0.071 oranında

azaltmaktadır. *ii*) BİT kullanımı istihdam üzerinde istatistiki olarak anlamlı ($0.00 < 0.05$) negatif bir etkiye sahiptir ve katsayı (-0.055) ilk bulguyla benzer şekilde oldukça küçüktür. Bu sonuç, BİT kullanımındaki %1'lik artışın istihdam oranını %0.055 azalttığını göstermektedir. *iii*) BİT kullanımı ve işgücü verimliliği arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur. *iv*) Benzer durum, istihdam ve işgücü verimliliği arasındaki nedensellik ilişkisi için de geçerlidir. *v*) BİT kullanımının işgücü verimliliği üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla kurulan hata düzeltme modeline ait ECT (-1) katsayısı (-0.754) kısa dönemdeki dengeden sapmaların yaklaşık %75'inin bir sonraki dönem giderileceğini göstermektedir. Bu değer, uyarlama hızının yüksek olduğuna işaret etmektedir. *vi*) Benzer şekilde, BİT kullanımının istihdam üzerindeki etkisini belirlemek için oluşturulan hata düzeltme modeline ait ECT (-1) katsayısına (-0.501) göre ise kısa dönemde oluşan dengedeki sapmaların yaklaşık %50'si bir sonraki dönemde giderilecektir ve uyarlama hızı nispeten düşüktür. Çalışmadan elde edilen söz konusu ampirik bulgular, Stiroh 2002, Ceccobelli vd. 2012, Garcia-Murillo 2016, Abramova ve Grishchenko 2020 ile Haider vd. 2021 tarafından yapılan çalışmaların ulaştığı bulgular ile büyük oranda uyumludur.

Özetle, Türkiye'de BİT kullanımının işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki etkisi negatif ancak katsayılar ihmal edilebilir düzeyde küçüktür. BİT'lerin işgücü verimliliği ve istihdam üzerindeki negatif etkilerinin muhtemel sebepleri tamamlayıcı yatırımların yetersizliği ve pozitif etkilerin uzun dönemde gecikmeli olarak gerçekleşmesi ile açıklanabilir. Zira, tamamlayıcı BİT yatırımlarının gerçekleştirilmesi ve buna bağlı olarak yeni iş alanların ortaya çıkmasıyla emek-tasarrafu sağlayan bu teknolojilerin istihdam üzerindeki geçici negatif etkileri zaman içinde giderilecektir. Buna ilaveten, BİT kullanımı arttıkça işgücünün teknolojik beceri ve yeteneklerinin zaman içinde artmasına paralel olarak emek verimliliği üzerindeki etkisi de pozitif yönlü olacak ve söz konusu etki zamanla artma eğilimi sergileyecektir.

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizlerden elde edilen bulguların araştırmacılara ve politika yapıcılara yol gösterici olması beklenmektedir. Bu doğrultuda öncelikle, geleneksel sektörlerden açığa çıkan işgücünün BİT

sektöründe istihdam edebilmesini sağlayacak gerekli politikaların hayata geçirilmesi önem arz etmektedir. Bu kapsamda, dijital okur-yazarlık düzeyinin artırılması için iktisadi dönüşüm sürecindeki değişimlerle uyumlu şekilde formel ve informal eğitim sürecini teknoloji odaklı hale getirilmesini sağlayacak düzenlemelere gidilebilir. Diğer taraftan, BİT sektöründeki gelişmelerin işgücü piyasası üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması için ihtiyaç duyulan tamamlayıcı yatırımların gerçekleştirilmesi ve bu noktada özel sektörü teşvik edici mekanizmaların yeniden gözden geçirilmesi faydalı olacaktır.

Verilerin elde edilebilirliği kriteri altında, Türkiye'ye ait değişkenleri ARDL yaklaşımı kapsamında kullanarak analiz eden bu çalışmadan farklı olarak, araştırmacılar tarafından BİT'leri temsil etme kabiliyetine sahip farklı değişkenler kullanılabilir ya da farklı ülke grupları ile analiz yapılarak karşılaştırmalı analiz gerçekleştirilebilir. İlave olarak, BİT'lerin farklı makroekonomik değişkenler üzerindeki etkisinin incelenmesi de araştırmacılar için potansiyel araştırma alanları olarak önerilebilir.

Etik Komite Onayı: Çalışma için etik kurul onayına gerek yoktur.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval is not required for the study.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author has no conflict of interest to declare.

Grant Support: The author declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar/References

- Abramova, N. & Grishchenko, N. (2020). ICTs, labour productivity and employment: Sustainability in industries in Russia, *Procedia Manufacturing*, 43, 299–305.
- Akarsu, Y., Kurt, S. & Alacahan, N.D. (2020). OECD ülkelerinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin işgücü verimliliği üzerindeki etkisi, *Journal of Life Economics*, 7(4), 309-322.
- Alper, F. Ö. (2017). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik büyüme ve işsizlik üzerine etkisi: Seçilmiş AB ülkeleri ve Türkiye örneği, *Yasama Dergisi*, 36, 45-65.
- Aminu, A. & Raifu, I.A. (2019). ICT sector, output and employment generation in Nigeria: Input-output approach, MPRA Paper No. 92917.

- Bertschek, I. & Kaiser, U. (2004). Productivity effects of organizational change: microeconomic evidence, *Management Science*, 50 (3), 394-404.
- Biagi, F. & Falk, M. (2017). The impact of ICT and E-commerce on employment in Europe, *Journal of Policy Modeling*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpolmod.2016.12.004>
- Brown, R.L., Durbin, J. & Evans, J.M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relations overtime. *Journal of the Royal Statistical Society*, 37(13), 149-163.
- Brynjolfsson, E. & Hitt, L.M. (2003). Computing productivity: Firm-level evidence, *The Review of Economics and Statistics*, 85 (4), 793-808.
- Cardona, M., Kretschmer, T. & Strobel, T. (2013). ICT and productivity: conclusions from the empirical literature, *Information Economics and Policy*, 25, 109-125.
- Castells, M. (2013). *Enformasyon çağı: ekonomi, toplum ve kültür*, Birinci Cilt: Ağ toplumunun yükselişi, İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları.
- Ceccobelli, M., Gitto, S. & Mancuso, P. (2012). ICT capital and labour productivity growth: A non-parametric analysis of 14 OECD countries, *Telecommunications Policy*, 36, 282-292.
- Colecchia, A. & Schreyer, P. (2002). ICT investment and economic growth in the 1990s: Is the United States a unique case? A comparative study of nine OECD countries, *Review of Economic Dynamics*, 5, 408-442.
- Dickey, D.A. & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit. *Econometrica*, 49 (4), 1057-1072.
- Engle, R.F. & Granger, C.W.J. (1987). Cointegration and error correction: Representation, estimation and testing, *Econometrica*, 55, 251-76.
- European Commission (2012). Exploiting the employment potential of ICTs, *Commission Staff Working Document*, Strasbourg.
- Garcia-Murillo, M. (2016). The impact of ICTs on employment in Latin America: A call for comprehensive regulation, IBEI (Institut Barcelona d'Estudis Internacionals) Working Papers 2016/48, Barcelona.
- Genç, M.C. & Tandoğan, D. (2015). Türkiye'de bilgi ve iletişim teknolojileri ve toplam faktör verimliliği ilişkisi: Toda-Yamamoto nedensellik yaklaşımı, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 13 (2), 272-282.
- Granger, C.W. & Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics*, 2(2), 111-120.
- Gujarati, D. N. (2006). *Temel Ekonometri*. (Çev: Ümit Senesen, Gülay Günlük Senesen). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Haider, F., Kunst, R. & Wirl, F. (2021). Total factor productivity, its components and drivers, *Empirica*, 48, 283-327. <https://doi.org/10.1007/s10663-020-09476-4>
- Herman, E. (2020). The influence of ICT sector on the Romanian labour market in the European context, *Procedia Manufacturing*, 46, 344-351.
- Iammarino, S. & Josa-Lasinio, C. (2013). ICT production and labour productivity in the Italian regions, *European Urban and Regional Studies*, 1-20.

- Johansen, S. & Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood estimation and inference on cointegration-with application to the demand for money, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 169-210.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors, *Journal of Economics Dynamic and Control*, 12(2-3), 231-254.
- Karagöl, B. & Erdil, E. (2012). Macroeconomic effects of information and communication technologies in Turkey and other OECD member countries, Science and Technology Policies Research Center, TEKPOL Working Paper Series STPS-WP-12/05
- Khan, H. & Santos, M. (2002). Contribution of ICT use to output and labour-productivity growth in Canada, Bank of Canada Working Paper 2002-7.
- Kılıçaslan, Y. & Töngür, Ü. (2018). ICT and employment generation: evidence from Turkish manufacturing, *Applied Economics Letters*, DOI:10.1080/13504851.2018.1529391
- Koyuncu, J. Y., Yılmaz, R. & Yıldırım, S. (2017). Internet penetration and productivity: A panel study, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17 (1), 59-66.
- Lefophane, M. H. & Kalaba, M. (2021). Estimating effects of ICT intensity on productivity, employment and output in South Africa: an industry-level analysis, *Information Technology for Development*, DOI: 10.1080/02681102.2021.1882367.
- Lovrić, L. (2012). Information-communication technology impact on labor productivity growth of EU developing countries, *Zb. rad. Ekon. fak. Rij*, 30 (2), 223-245.
- Mačiulytė-Šniukienė, A. & Gaile-Sarkane, E. (2014). Impact of information and telecommunication technologies development on labour productivity, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 110, 1271-1282.
- Meçik, O. (2015). OECD ülkelerinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin işgücü verimliliği üzerindeki etkisi, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 74-84.
- Mike, F. & Laleh, M.M. (2016). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin istihdam üzerine etkisi: Seçili ülkeler üzerine bir uygulama, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20 (2), 601-614.
- Najarzadeh, R., Rahimzadeh, F. & Reed, M. (2014). Does the Internet increase labor productivity? Evidence from a cross-country dynamic panel, *Journal of Policy Modeling*, 36, 986-993.
- OECD (2022). Labour Force Statistics, <https://stats.oecd.org/> (15.01.2022)
- Özsağır, A. (2013). *Bilgi ekonomisi: Tanım-uygulamalar-örnekler*, İstanbul: Seçkin Yayıncılık.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. & Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships, *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Phillips, P.C. & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Relich, M. (2017). The impact of ICT on labor productivity in the EU, *Information Technology for Development*, DOI: 10.1080/02681102.2017.1336071
- Rölller, L.H. & Waverman, L. (2001). Telecommunications infrastructure and economic development: A simultaneous approach, *The American Economic Review*, 91 (4), 909-923.

- Seo, H.J. & Lee, Y.S. (2006). Contribution of information and communication technology to total factor productivity and externalities effects, *Information Technology for Development*, 12 (2), 159–173.
- Sepehrdoust, H. & Khodaei, S. (2013). The impact of Information and communication technology on employment of selected OIC countries, *African Journal of Business Management*, 7(39), 4149-4154.
- Serin, D. & İşcan, E. (2019). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin verimlilik üzerine etkisi: Türkiye örneği, *Verimlilik Dergisi*, 3, 41-55.
- Skorupinska, A.A. (2017). *The role of information and telecommunication technologies in the productivity of the Central and Eastern European countries*, Doctoral Programme in the Information and Knowledge Society, Internet Interdisciplinary Institute, Universitat Oberta de Catalunya.
- Stiroh, K. J. (2002). Information technology and the U.S. productivity revival: What do the industry data say?, *The American Economic Review*, 92 (5), 1559-1576.
- Timmer, M.P. & Ark, B.V. (2005). Does information and communication technology drive EU-US productivity growth differentials?, *Oxford Economic Papers*, 57, 693–716.
- Toda, H. Y. & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes, *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- Trpeski, P., Trenovski, B., Merdzan, G. & Kozeski, K. (2021). The impact of ICT on labour productivity – Europe vs. U.S., *SHS Web of Conferences*, 129, <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112908021>
- TÜBİSAD (2021). Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sektörü 2020 Pazar Verileri, İnternet Adresi: https://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad_bit_2020_raporu_tr.pdf (01.03.2022)
- UNDP (2022). Human Development Index, <https://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>, 15.01.2022)
- Ünlü, F. & Polat, G. (2022). Information and Communication Technologies Goods Exports, CO₂ Emissions and Productivity: Empirical Evidence for MINT Countries, VI. International Conference on Economics May 13-15, 2022, Anadolu University, Eskişehir, Turkey.
- World Bank (2022). World Development Indicators, <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (15.01.2022)

