

TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK İLERLEMENİN İŞSİZLİĞE ETKİSİ ¹

THE EFFECT OF TECHNOLOGICAL PROGRESS ON UNEMPLOYMENT IN TÜRKİYE

Gizem Naz ², Bülent Altay ³

¹ Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde Dr. Öğr. Üyesi Bülent ALTAY danışmanlığında hazırlanan "Teknolojik İlerlemenin İşsizlik ve Büyüme Üzerindeki Etkileri: Endüstri 4.0'a Yolculukta Ampirik Bir İnceleme" başlıklı yüksek lisans tezi temel alınarak hazırlanmıştır.

² Yüksek Lisans Öğrencisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Bölümü, nazgizem.96@gmail.com, Orcid: 0000-0003-3494-5283

³ Dr. Öğr. Üyesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, baltay@aku.edu.tr, Orcid: 0000-0001-8864-5441

MAKALE BİLGİSİ

Anahtar Kelimeler

Teknolojik İlerleme, İşsizlik, Johansen Eşbütünlük Testi, Hata Düzeltme Modeli, En Küçük Kareler

Jel Kodları: O11, O14, E24

Makale Geçmişi:

Geliş Tarihi: 29 Mayıs 2023

Kabul Tarihi: 09 Haziran 2023

ARTICLE INFO

Keywords

Technological Progress, Unemployment, Johansen Cointegration Test, Error Correction Model, Least Squares

Jel Codes: O11, O14, E24

Article History:

Received: 29 May 2023

Accepted: 09 June 2023

Ö Z E T

Çalışmanın amacı Türkiye'de teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini incelemektir. Çalışma, Türkiye için 1990-2021 dönemine ait yıllık verilerden oluşmaktadır ve zaman serisi analizi kullanılmıştır. Çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisi dört ayrı model ile tahmin edilmiştir. Bu modellerde bağımlı değişken olarak işsizlik oranı, kontrol değişkeni olarak reel gayri safi yurtiçi hasıla, teknolojik ilerlemeyi temsilen bağımsız değişken olarak ise Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, patent ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenlerinden yararlanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için Johansen Eşbütünlük Testi kullanılmış ve eşbütünlük çıkarılan uzun dönem analizi Hata Düzeltme Modeli (VECM) ile, eşbütünlük çıkmayanlar ise kısa dönem tahmini olan en küçük kareler (EKK) yöntemiyle analiz edilmiştir. Ampirik analiz sonuçlarına göre, reel gayri safi yurtiçi hasıla ve patent başvurularından işsizliğe doğru uzun dönemde nedensellik vardır. İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) işsizliği uzun dönemde etkilememektedir. Araştırmacı sayısı ve Ar-Ge harcamaları kısa dönemde işsizliği etkilememektedir.

ABSTRACT

The aim of the study is to examine the effect of technological progress on unemployment in Turkey. The study consists of annual data for the period 1990-2021 for Turkey and time series analysis was used. In the study, the effect of technological progress on unemployment was estimated with four different models. In these models, unemployment rate as dependent variable, real gross domestic product as control variable, R&D expenditures, number of researchers, patent and communication computer etc. as independent variable representing technological progress. (percentage of service exports) variables were used. In order to determine the relationship between the variables, the Johansen Cointegration Test was used and those that were cointegrated were analyzed with the Error Correction Model (VECM) for long-term analysis, and those without cointegration were analyzed by the least squares method with short-term estimation. According to the empirical analysis results, there is long-run causality from real gross domestic product and patent applications to unemployment. Communication computer etc. (percentage of service exports) does not affect unemployment in the long run. The number of researchers and R&D expenditures do not affect unemployment in the short run.

Atf vermek için / To cite: Naz, G. ve Altay, B. (2023). Türkiye'de teknolojik ilerlemenin işsizliğe etkisi. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11, 93-106. DOI: 10.58627/dpuiibf.1306673



İnsanlar tarih boyunca yaşamlarını devam ettirebilmek uğruna kendilerini sürekli bir arayış içerisinde bulmuşlardır. Bu arayışın meydana getirdiği değişim ve dönüşümler, yenilik ve buluşlar birbirlerini tetikleyip sanayi devrimlerine zemin hazırlamıştır. Böylece on sekizinci yüzyılın sonlarına gelindiğinde üretimde kas gücünün yerini su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin almasıyla sanayileşme yolculuğunun ilk aşaması olan Birinci Sanayi Devrimi başlamıştır. Yirminci yüzyılın başlarında iş bölümünün yaygınlaşmasıyla elektrik enerjisinin kullanılması ve kitle üretiminin devreye girmesiyle ise üretim artışının yaşandığı İkinci Sanayi Devrimine geçilmiştir. Daha sonra yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren telefon, internet, bilgisayar vb. bilgi ve iletişim araçları da üretime dâhil olmuş ve dijital sistemli dönüşümü yansıtan Üçüncü Sanayi Devrimi ortaya çıkmıştır. Son olarak temel hedefi daha az maliyetle daha yüksek kaliteli ürünler sağlayarak rekabette üstünlük yaratabilme olan, 2011 yılında ilk defa Alman hükümeti tarafından tanıtımı yapılan Endüstri 4.0 ile siber fiziksel sistemlere dayanan üretim süreci içerisine girilmiştir.

Sanayi devrimleri yeni teknolojik ilerlemeler neticesinde ortaya çıkmış bir dönüşümü ifade etmektedir. Teknolojik ilerlemeler varlığını her daim hissettiren bir süreçtir ve küresel dünyada rekabet için, gelişmiş ülkeler içerisinde yer alabilmek için toplum bu teknolojik ilerlemelere uyum sağlayabilmelidir. İnsan emeği yerine makinelerin üretimde kullanılması işsizliğe neden olup olmama konusunda çelişkiye sebep olmaktadır. Yaşanan teknolojik ilerlemelerle bir taraftan emek talebi azalarak nitelikli olmayan işgücünde işsizlik ortaya çıkmakta, diğer taraftan ise yeni iş kollarının önünü açarak istihdam artışı yaratmaktadır.

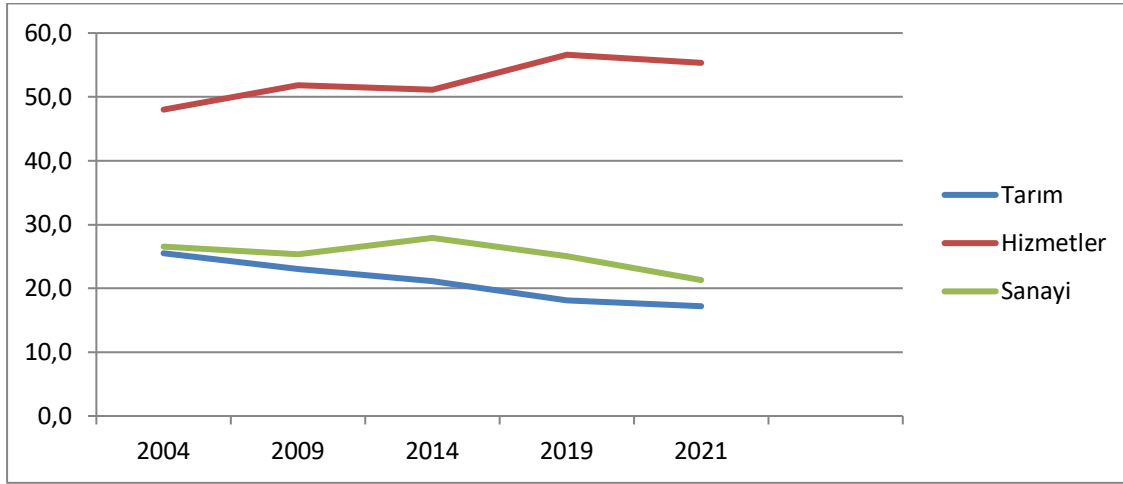
Çalışmanın amacı 1990-2021 yılları arasında Türkiye’de teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini zaman serisi analizi ile incelemektir. Çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini tespit edebilmek amacıyla dört farklı model kullanılmıştır. Söz konusu modellerde bağımlı değişken işsizlik oranı, kontrol değişkeni reel GSYH ve teknolojik ilerlemeyi temsilen bağımsız değişkenler ise Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, patent ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenlerinden oluşmaktadır. Çalışmanın temel hipotezi teknolojik ilerlemelerin işsizliği azalttığı yönündedir.

1. TEORİK ÇERÇEVE

Teknolojik ilerlemeler işsizliğe iki açıdan etki etmektedir. Bunların ilki olumsuz durum olan emeğin yerine sermayenin ikame edilmesi neticesinde ortaya çıkan işsizliktir. İkincisi ise olumlu durumu yansıtan yeni ürün ve hizmetlere olan talebin artmasıyla birlikte yeni işlerin oluşması ve istihdamında bu doğrultuda yeni iş alanlarına doğru kaymasıdır (Schwab, 2017:44). Kas gücünün yerine makineler kullanılmaya başlayınca meslek ve iş kollarında vasıfsız işgücünden vasıflı işgücüne doğru değişimler yaşanmaktadır.

Teknolojik ilerlemelerin ortaya çıkardığı işsizlik teknolojik işsizliktir ve bu konuda çeşitli görüşler mevcuttur (EBSO, 2015:38). İyimser görüş olan ilk görüşe göre yeni teknolojilerin istihdam açısından olumlu etkisi bulunmaktadır, çalışma hayatının kalitesini arttıran bilgi teknolojisi istihdam yaratmaktadır. İyimserlere göre işsizlik yeni teknolojiler kullanıldığında değil de kullanılmadığında meydana gelmektedir. Yeni teknolojiler işsizliğe sebep olsa bile bu teknolojilerle ortaya çıkan verimlilik refah artışı sağlayacaktır. Bu durumun fiyat veya talepte olumlu etkiyle beraber yeni ürünlerin, yeni pazarların ve yeni endüstrilerin yeni istihdam olanakları sunacağı görüşündedirler. Bu görüş Schumpeter’in yaratıcı yıkım görüşünü desteklemektedir. Karamsar bir görüş olan diğer bir görüşe göre emek yerine makinenin ikame edilmesi, yeni teknolojilerin kullanılması işsizliği arttırmaktadır. Her iki görüşü dengede tutmaya çalışan dengeleyici görüşe göre ise teknolojik ilerlemelerin etkisinin teknolojiyen yararlanan insanların teknolojiyi kullanım biçimi, amacı ve şekline göre olduğudur (Orhan ve Savuk, 2014:16).

Teknolojik ilerlemelerin işsizliğe olan etkisi bütün dünyada tartışılan bir konu olmakla birlikte Türkiye özelinde sektörel durumu özetleyen şekil aşağıda yer almaktadır.

Şekil 1. Türkiye’de Sektörlere Göre İstihdam (2004-2021) (%)

Kaynak: Dünya Bankası ve TÜİK verilerinden düzenlenmiştir.

Şekil 1’de Türkiye’nin 2004-2021 yılları arasındaki sektörel dağılımı görülmektedir. Şekile göre sanayi devrimlerinin bir sonucu olarak emeğin sürekli şekil değiştirdiği, tarımdan sanayi ve hizmetler sektörüne doğru kayan bir istihdamın varlığı izlenmektedir. Bilhassa hizmetler sektörünün yüksek artışı net bir şekilde göze çarpmaktadır. Sektörler arası geçişte yaşam standartlarının değişmesi, göç vb. nedenler olsa da asıl neden teknolojik ilerlemeden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak bu ilerlemeler Türkiye’nin istihdam yapısını değiştirmiştir. İşsiz kalmamak için söz konusu teknolojik ilerlemelere uyumlu nitelikli işgücü gerekmektedir, bunu ortaya çıkarmak için ise eğitime verilmesi gereken önem ön plana çıkmakta, iyimser görüşü yansıtan yeni iş kollarında istihdam edebilmek kuşkusuz nitelikli işgücü ile sağlanmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye’de ve Dünya’da teknolojinin işsizliğe olan etkilerinin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıdaki tabloda yer almaktadır. Türkiye’deki çalışmalar çoğunlukla mikro bazda ele alınmış olup, teknolojiyi temsilen Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ihracatı, patent sayısı gibi değişkenler kullanılmıştır. Teknolojik ilerlemeler genellikle gelişmiş ülkelerde istihdamı olumlu yönde etkilerken, gelişmekte olan ülkelerde olumsuz etkilemektedir. Dünya’da yapılan çalışmalarda ise genellikle yüksek teknoloji sektörlerinde teknolojinin işsizliğe olan etkisi olumlu olurken, düşük teknoloji sektörlerinde teknolojinin işsizliğe herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

Tablo 1. *Teknolojik İlerleme ve İşsizlik İlişkisi Literatür Taraması*

Yazar ve Yılı	Örneklem ve Değişkenler	Yöntem ve Sonuç
Taymaz (1998)	Türkiye için 1985-1992 yıllarına ait sektörel istihdam düzeyi, teknolojik değişim hızı ve diğer açıklayıcı değişkenler	Çalışmada imalat sanayide teknolojinin istihdam üzerindeki etkisi en küçük kareler yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre teknolojik değişimlerin istihdam üzerindeki etkisi olumsuzdur fakat üretim artışı bu etkiyi olumlu hale getirebilir.
Kocabaş (2010)	Türkiye için 1980-2001 yıllarına ait üretim, teknoloji, sermaye ve emek değişkenleri	Çalışmada teknolojinin üretim ve işgücü üzerindeki etkilerine bağlı olarak imalat sanayisi en küçük kareler yöntemiyle incelenmiştir. Sonuç olarak teknolojinin emek, sermaye ve üretim üzerindeki etkisi olumlu olmuştur.
Aydın (2018)	Türkiye için 1981-2015 yıllarına ait ilköğretim istihdamı, yükseköğretim istihdamı, araştırmacı sayısı ve iletişim teknoloji ihracatı verileri	Çalışmada teknolojik ilerlemenin istihdam üzerindeki etkisi ARDL yöntemiyle incelenmiş olup, teknolojik ilerlemenin artmasının yükseköğretim mezunu istihdamını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.
Selci (2019)	AB ülkeleri ve Türkiye için 2000-2015 yıllarına ait Ar-Ge, GSYH, kadın istihdam oranı, patent, göç, internet, yoksulluk, etkinlik, ilköğretim düzeyine sahip kadın oranı, yükseköğretim düzeyine sahip kadın oranı ve borçlanma verileri	Çalışmada teknoloji ve istihdam ilişkisi dinamik panel veri yöntemi olan GMM-Sistem yöntemiyle incelenmiştir. Sonuç olarak değişkenlerin AB ülkeleri ve Türkiye’de kadın istihdamına etkisi olumludur.
Varıcı (2019)	Türkiye için 1989-2017 yıllarına ait toplam istihdam, kadın istihdamı, yükseköğretim istihdamı ve teknoloji ihracatı verileri	Çalışmada teknoloji ve istihdam arasındaki ilişki üç farklı model kurularak ARDL yöntemiyle incelenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre teknolojinin kadın istihdamı ve toplam istihdam üzerindeki etkisi negatif, eğitilmiş istihdam üzerindeki etkisi ise anlamsızdır.

Cengiz ve Şahin (2020)	Türkiye için 1990-2018 yıllarına ait Ar-Ge harcamaları, işsizlik ve ekonomik büyüme değişkenleri	Çalışmada teknolojik ilerlemenin istihdam üzerindeki etkisi Quantile Regresyon Yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Ar-Ge harcamaları ve işsizlik arasındaki ilişki negatiftir. Ar-Ge harcamalarındaki %1'lik bir artış işsizliği %5,73 oranında azaltmaktadır. Buna karşın işsizlik ve ekonomik büyüme arasında ise anlamsız bir ilişki tespit edilmiştir.
İğdeli ve Sever (2020)	Türkiye'deki Düzey II Bölgeleri için 2004-2017 yıllarına ait genç işsiz sayısı, patent başvuru sayısı, nüfus ve GSYH verileri	Çalışmada inovasyonun genç işsizlik üzerindeki etkisi panel ARDL yöntemiyle incelenmiştir. Test sonuçlarına göre nüfus uzun dönemde genç işsizliği arttırmakta, kişi başına düşen gelir ve inovasyon ise uzun dönemde genç işsizliği azaltmaktadır. Kısa dönemde nüfus ve inovasyonun genç işsizlik üzerindeki etkisi ise anlamsızdır.
Kılıncı (2020)	Türkiye'de 2004-2018 yıllarına ait istihdam oranı, işgücü verimliliği, Ar-Ge harcamalarının GSYH'ye oranı ve işgücü reel ücret getirisi artış oranı çeyreklik verileri	Çalışmada teknolojik değişimin Türkiye'deki işgücü piyasasına olan etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre Ar-Ge harcamalarındaki artış Türkiye'nin istihdam oranını negatif etkilemektedir.
Bulut ve Yenipazarlı (2020)	İçlerinde Türkiye'nin de yer aldığı 81 ülkeye ait 1998-2017 yıllarını kapsayan yüksek teknoloji ihracatı, Ar-Ge harcamaları, toplam istihdam, toplam nüfus, işgücünün nüfusa oranı ve ülkelerin milli gelirleri değişkenleri	Çalışmada Endüstri 4.0 ve teknolojinin istihdama olan etkisi panel veri yöntemiyle incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre yeni ürün üretimi ile sonuçlanan teknolojik ilerlemeler istihdamı arttırmak, üretim sürecindeki teknolojik ilerlemeler ise istihdamı azaltmaktadır.
Zimmermann (1991)	16 Alman imalat sanayisinde 1980-1984 yıllarına ait talep ve işgücü maliyetleri	Çalışmada talep ve işgücü maliyetlerinin, teknolojik ilerlemenin istihdama olan etkisi iş anketiyle incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre talepteki belirsizlik kalıcı istihdamı sağlayamamanın temel nedenidir, teknolojik ilerlemeler ikinci nedenidir, işgücü maliyetleri ise etkisizdir.
Lachenmaier ve Rottmann (2011)	Alman imalat sektöründe 1982-2002 yıllarına ait anket verileri	Çalışma, yeniliklerin istihdama olan etkisini dinamik panel veri (GMM) yöntemi kullanarak incelemiştir. Analiz sonuçlarına göre yenilikler istihdamı pozitif etkilemektedir ancak etkisi gecikmelidir. Süreç yeniliklerindeki etki ürün yeniliklerinden daha fazladır.
Feldmann (2013)	21 Sanayi ülkesi, 1985-2009 yıllarına ait patent ve işsizlik değişkenleri	Çalışma sanayileşmiş ülkelerde teknolojik işsizliği dinamik panel yöntemiyle analiz etmiştir. Test sonuçlarına göre teknolojik değişimdeki artış üç yıl içinde işsizliği ciddi boyutta arttırmaktadır fakat uzun dönemli etkisi yoktur.
Harrison vd. (2014)	4 Avrupa Ülkesi, 1998-2000 yılları arası dönemde 20 bin firma üzerindeki veriler	Çalışmada ürün ve süreç yeniliklerinin istihdam üzerindeki etkisi analiz edilmiştir ve sonuçlara göre yeni ürünler istihdamı azaltmaz aksine istihdam yaratır. Ayrıca ürün yenilikleri süreç yeniliklerine göre istihdam yaratmada daha yüksek bir etkiye sahiptir.
Piva ve Vivarelli (2017)	11 Avrupa Ülkesi, 1998-2011 yıllarına ait istihdam, Ar-Ge harcamaları, sabit sermaye oluşumu verileri	Çalışmada teknolojik değişimin istihdam üzerindeki etkisi GMM-SYS panel yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sermaye oluşumu istihdam ile olumsuz etkiye sahiptir. Ar-Ge harcamaları ve istihdam arasında ise anlamlı ve pozitif bir ilişki vardır fakat bu olumlu etki orta ve yüksek teknolojlili sektörlerden kaynaklanmıştır.
Krousie (2018)	ABD, 2002-2013 yıllarına ait Ar-Ge harcamaları, eğitim harcamaları, gayri safi yurtiçi hasıla, suç oranları, asgari ücret, sendika kapsamı, işsizlik yardımları ve yoksulluk oranları	Çalışmada ABD'de teknolojik değişim ve işsizlik arasındaki ilişki en küçük kareler yöntemiyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Ar-Ge harcamalarındaki bir milyon dolarlık bir artış, işsizlik üzerinde 0.0001'lik artışa sebep olmaktadır.

3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışma Türkiye'de 1990-2021 dönemine ait yıllık verilerden oluşmaktadır ve teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisi zaman serisi kullanılarak Johansen Eşbütünleşme Testi, en küçük kareler (EKK) yöntemi ve Hata Düzeltme Modeli (VECM) ile analiz edilmiştir. Analizde kullanılan bağımlı değişken işsizlik oranı olup, kontrol değişkeni olarak reel GSYH seçilmiştir. Teknolojik ilerlemeyi temsil eden bağımsız değişkenler ise Ar-Ge harcamaları (%GSYH), araştırmacı sayısı, patent başvuruları ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenlerinden oluşmaktadır.

İşsizlik oranı verileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ulusal veri tabanından, Ar-Ge harcamaları (%GSYH) Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) veri tabanından, reel GSYH, araştırmacı sayısı, patent başvuruları ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) ise Dünya Bankası veri tabanından temin edilmiş olup bütün değişkenler logaritması alınarak analize dahil edilmiştir. Çalışmadaki analizlerde Eviews.9 paket programından yararlanılmıştır.

Teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini analiz ederken zaman serisinden hareketle ilk aşama değişkenlerin durağanlığının tespit edilebilmesidir. Durağanlığı tespit etmek için birim kök testleri önem taşımaktadır. Çalışmada Augmented Dickey Fuller

(ADF) birim kök testi kullanılacaktır. Birim kök testi sonuçlarına göre değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisini saptayabilmek amacıyla Johansen Eşbütünlük Testi yapılacaktır. Eşbütünlük ilişkisi çıkarlar için uzun dönemli nedensellik ilişkisi Hata Düzeltme Modeli (VECM) ile tahmin edilecek olup, eşbütünlük ilişkisi çıkmayanlar kısa dönem tahmini en küçük kareler yöntemi (EKK) ile analiz edilecektir.

4. MODEL

Çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkilerini tespit edebilmek için dört ayrı model kullanılmış olup, model için Özkan ve Yılmaz (2017:6) çalışmasından yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılacak olan modeller aşağıdaki gibidir:

$$\text{MODEL 1: } \ln UNEMP_{it} = \alpha_{1i} + \alpha_{2i} \ln GDP_{it} + \alpha_{3i} \ln RES_{it} + u_t \quad (1)$$

$$\text{MODEL 2: } \ln UNEMP_{it} = \beta_{1i} + \beta_{2i} \ln GDP_{it} + \beta_{3i} \ln RD_{it} + v_t \quad (2)$$

$$\text{MODEL 3: } \ln UNEMP_{it} = \delta_{1i} + \delta_{2i} \ln GDP_{it} + \delta_{3i} \ln PAT_{it} + e_t \quad (3)$$

$$\text{MODEL 4: } \ln UNEMP_{it} = \gamma_{1i} + \gamma_{2i} \ln GDP_{it} + \gamma_{3i} \ln COM_{it} + a_t \quad (4)$$

Modellerde işsizlik oranı ($\ln UNEMP$), reel GSYH ($\ln GDP$), araştırmacı sayısı ($\ln RES$), Ar-Ge harcamaları ($\ln RD$), patent başvuruları ($\ln PAT$), iletişim bilgisayar vb. hizmet ihracatının yüzdesi ($\ln COM$) ile ifade edilmiştir. Ayrıca modellerde yer alan $u_t, v_t, e_t, a_t, c_t, n_t, g_t, h_t$ hata terimlerini, $\alpha_{1i}, \beta_{1i}, \delta_{1i}, \gamma_{1i}, \theta_{1i}, \chi_{1i}, \lambda_{1i}, \pi_{1i}$ ise sabit parametreleri göstermektedir.

5. AMPİRİK SONUÇLAR

5.1. Augmented Dickey-Fuller (ADF) Testi ve Sonuçları

ADF testinin bir otoregrasif modelde hata terimleri arasındaki otokorelasyonun varlığı tespit edildiğinde geçerli olduğu kabul edilmektedir. Ancak bazı serilerde hata terimlerinin arasındaki otokorelasyon gecikme değeri ile ortadan kaldırılabilir (Dickey ve Fuller, 1981:1059).

ADF üç ayrı model etrafında test edilebilmektedir. İlgili modeller:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

Sabit terimsiz ve trend içermeyen,

$$\Delta Y_t = b_0 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (6)$$

Sabit terimli ve trend içermeyen,

$$\Delta Y_t = b_0 + b_{1t} + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (7)$$

Sabit terimli ve trend içeren modeli ifade etmektedir (Tari, 2011:390).

Bu modellerle DF ve t istatistikleri ile MacKinnon kritik değerlerine ulaşmakta fakat u ile ifade edilen hata teriminde otokorelasyon sorunuyla karşılaşıldığında 7 numaralı denklem aşağıdaki şekilde olmaktadır:

$$\Delta Y_t = b_0 + b_{1t} + \delta Y_{t-1} + \alpha_1 \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-1} + u_t \quad (8)$$

Denklemde gecikmeli fark terimlerinin kullanıldığı belirtilmiş olup bu terimlerin sayısı ampirik olarak belirlenmektedir. Ayrıca denklemde u ile ifade edilen hata teriminin otokorelasyondan arınabilmesini sağlayacak şekilde gecikme sayısı modele dâhil edilmektedir (Eryer, 2021:46).

Tablo 2. Augmented Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF				
	Seviye Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Birinci fark Sabitli ve Trendli	Bütünlük Derecesi
LNUNEMP	-1.55 [0.4910]	-2.65 [0.2608]	-4.95 [0.0004]	-4.88* [0.0024]	I(1)
LNGDP	-1.10 [0.7012]	-1.27 [0.8760]	-5.81 [0.0000]	-5.87* [0.0002]	I(1)
LNRES	-0.49 [0.9837]	-2.57 [0.2934]	-6.18 [0.0000]	-6.16* [0.0001]	I(1)
LNRD	-1.26 [0.6333]	-3.50 [0.0569]	-4.64 [0.0009]	-4.49* [0.0068]	I(1)
LNPAT	-0.70 [0.8320]	-3.43 [0.0650]	-4.61 [0.0009]	-4.52* [0.0058]	I(1)
LNCOM	-1.29 [0.6199]	-0.85 [0.9486]	-5.10 [0.0003]	-5.30* [0.0009]	I(1)

	Kritik Değerler					
%1	-4.296729	-4.296729	-4.296729	-4.323979	-4.296729	-4.296729
%5	-3.568379	-3.568379	-3.568379	-3.580623	-3.568379	-3.568379
%10	-3.218382	-3.218382	-3.218382	-3.225334	-3.218382	-3.218382

Not: Augmented Dickey-Fuller (ADF) testi için Schwarz Bilgi Kriterinden yararlanılmıştır. Gecikme sayısı belirlenirken max gecikme 2 olarak alınmıştır. Köşeli parantez içindeki değerler prob istatistiklerdir. I(1) birinci farkı göstermektedir. * ifadesi ilgili değişkenlerin %5 istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Kritik değerler birinci farkta sabitli ve trendli değerlerdir.

Tablo 2’te Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi sonuçlarının seviye ve birinci farklarda sabitli, sabitli ve trendli durumları yer almaktadır. 1990-2021 dönemi için işsizlik oranı, reel GSYH, araştırmacı sayısı, Ar-Ge harcamaları (%GSYH), patent başvuruları ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenlerinin ADF test sonuçları incelendiğinde sıfır hipotezinin kabul edildiği diğer bir deyişle serilerin durağan olmadıkları ve birim kök içerdikleri gözlenmiştir. Durağanlığı sağlayabilmek adına serilerin birinci farkları alınmıştır ve seriler birinci farkları alındığı zaman durağan hale gelmiştir. Bu durum serilerin I(1) olduğunu ifade etmektedir. Seriler trend içerdiği için analizde sabitli ve trendli test sonuçları dikkate alınmıştır. Bu test sonuçları sıfır hipotezinin reddedilerek serinin durağan olduğunu göstermektedir. Serilerin farkları alındığında hesaplanan tablo değerleri MacKinnon kritik değerlerinden %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyelerinde mutlak değer olarak büyük olmaktadır. Ayrıca prob istatistiklerinin 0.05’ten küçük olması da durağanlığın sağlandığını ortaya koymaktadır.

5.2. Johansen Eşbütünleşme Testi ve Sonuçları

Serilerin farkları alındığında geçmiş dönemdeki şoklar yok olmakta ve uzun dönemli ilişkilerinde görünmesi engellenmektedir. Bu sorunu çözebilmek amacıyla değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı önem arz etmektedir.

Johansen eşbütünleşme testi iki farklı test kullanılarak analiz edilmektedir. Eşbütünleşik vektörlerin sayısını belirleyebilmek için bu testte iz (trace) ve maksimum özdeğer (maximum eigenvalue) istatistikleri önerilmiştir. Bu testler aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir:

$$\text{Trace test} = \lambda_{\text{trace}} = -T \cdot \sum_{i=1}^n \ln(1 - \lambda_i) \quad (9)$$

$$\text{Maksimum test} = \lambda_{\text{max}} = -T \cdot \ln(1 - \lambda_{r+1}) \quad (10)$$

Yukarıda belirtilen r değeri sıfır hipotezinde ortak bütünleme vektör sayısını göstermekte olup, $r=0$ ifadesi ortak bütünleme vektörünün bulunmadığı anlamına gelmektedir. Testin işleyişi sıfır hipotezinin kabul edilmesine kadar basamak basamak devam edilmesine dayanmaktadır.

$H_0: r = 0$ red ise > kritik değer

$H_0: r = 1$ red ise > kritik değer

$H_0: r = 2$ kabul ise $r=2$ gibi olmaktadır.

Trace testinde hipotez;

Max testinde hipotez;

$$H_0 = r \leq r_0$$

$$H_0 = r = r_0$$

$$H_1 = r \geq r_0 + 1$$

$$H_1 = r = r_0 + 1$$

şeklinde olmaktadır ve test istatistiği kritik değerden büyük çıkarsa H_0 hipotezi kabul edilmektedir (Tarı, 2011:428-429).

Eşbütünleşme testinde ilk olarak uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle uygun gecikme uzunluğu tespit edilmiş ve modeller yıllık verileri içerdiği için Schwarz (SC) bilgi kriterinden hareket edilmiştir. Modellere ait sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Tablo 3. Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Model 1: İşsizlik ve Araştırmacı Sayısı Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-14.72901	NA	0.000712	1.266358	1.409094	1.309994
1	80.30482	162.9151*	1.54e-06*	-4.878915*	-4.307971*	-4.704372*
2	86.28160	8.965171	1.96e-06	-4.662971	-3.663818	-4.357520
3	96.02159	12.52285	1.98e-06	-4.715828	-3.288466	-4.279469
4	100.5138	4.813098	3.12e-06	-4.393844	-2.538273	-3.826577

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Araştırmacı sayısının işsizliği ne yönde etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve araştırmacı sayısı modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriteri dikkate alınarak 1.gecikme olarak belirlenmiştir.

Model 2: İşsizlik ve Ar-Ge Harcamaları Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	1.977646	NA	0.000216	0.073025	0.215761	0.116661
1	71.84124	119.7662*	2.81e-06*	-4.274375*	-3.703430*	-4.099831*
2	76.58381	7.113842	3.91e-06	-3.970272	-2.971118	-3.664821
3	78.49627	2.458888	6.94e-06	-3.464020	-2.036658	-3.027661
4	83.24395	5.086801	1.07e-05	-3.160282	-1.304712	-2.593016

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Ar-Ge harcamalarının işsizliği ne yönde etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve Ar-Ge harcamaları modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriteri dikkate alınarak 1.gecikme olarak belirlenmiştir.

Model 3: İşsizlik ve Patent Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-29.53714	NA	0.002051	2.324082	2.466818	2.367717
1	38.87580	117.2793*	2.96e-05*	-1.919700	-1.348755*	-1.745157*
2	47.66458	13.18317	3.09e-05	-1.904613	-0.905459	-1.599162
3	57.26176	12.33923	3.16e-05	-1.947269*	-0.519907	-1.510910
4	60.30175	3.257135	5.52e-05	-1.521554	0.334017	-0.954287

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Yerleşik ve yerleşik olmayan patent başvuru toplamını içeren patent başvurularının işsizliği ne yönde etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve patent modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriteri dikkate alınarak 1.gecikme olarak belirlenmiştir.

Model 4: İşsizlik ve İletişim Bilgisayar Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-23.58158	NA	0.001340	1.898685	2.041421	1.942320
1	46.15063	119.5409*	1.76e-05*	-2.439331	-1.868386*	-2.264787*
2	54.00431	11.78052	1.96e-05	-2.357451	-1.358297	-2.051999
3	61.14807	9.184837	2.39e-05	-2.224862	-0.797500	-1.788503
4	74.80426	14.63163	1.96e-05	-2.557447*	-0.701876	-1.990181

Not: * ifadesi uygun gecikme uzunluğunu göstermektedir.

İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin işsizliği ne yönde etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve iletişim bilgisayar modelinde Johansen eşbütünleşme testi için uygun gecikme uzunluğu Schwarz Bilgi kriteri dikkate alınarak 1.gecikme olarak belirlenmiştir.

Tablolara bakıldığında dört model içinde uygun gecikme uzunluğu 1 olmaktadır. Gecikme uzunlukları baz alındığında modellerde otokorelasyon sorunu olup olmadığı Lagrange çarpanı (LM) testi ile incelenirken, değişen varyans ise White testi ile kontrol edilmiştir. İlgili test sonuçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 4. Otokorelasyon ve Değişen Varyans Test Sonuçları

		Test İstatistiği	Olasılık
Model 1	LM Testi	0.281933	0.5999
	White Testi	3.525543	0.3175
Model 2	LM Testi	0.375493	0.5453
	White Testi	4.694567	0.8681
Model 3	LM Testi	0.046290	0.8313
	White Testi	0.501721	0.9185
Model 4	LM Testi	0.013965	0.9068
	White Testi	0.466459	0.9262

Otokorelasyon ve değişen varyans testlerinde ters hipotez olup, boş hipotez otokorelasyon yoktur anlamına gelirken alternatif hipotez ise otokorelasyon vardır şeklinde ifade edilmektedir. Her iki test sonucu için eğer olasılık değeri 0.05'ten büyükse boş hipotez kabul edilir, diğer bir deyişle otokorelasyon ve değişen varyans yoktur sonucuna ulaşılır. Sonuçlara göre tüm modeller için bütün olasılık değerleri 0.05'ten büyüktür. Dolayısı ile modeller otokorelasyon ve değişen varyans sorunu içermemektedir.

Bundan sonraki aşamada değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin olup olmadığı tespit edilecektir. Eşbütünlük ilişkisini belirlemek amacıyla Johansen Eşbütünlük Testi sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5. Johansen Eşbütünlük Testi Sonuçları

Model	H_0 Hipotezi	H_1 Hipotezi	Trace (İz) İstatistiği	%5 Kritik Değeri	Olasılık	Max. Eigen (Maksimum Özdeğer) İstatistiği	%5 Kritik Değeri	Olasılık
1	$r=0$	$r=1$	31.08911	42.91525	0.4389	20.27655	25.82321	0.2276
	$r \leq 1$	$r=2$	10.81257	25.87211	0.8857	8.638491	19.38704	0.7610
	$r \leq 2$	$r=3$	2.174077	12.51798	0.9570	2.174077	12.51798	0.9570
2	$r=0$	$r=1$	37.43024	42.91525	0.1588	20.99641	25.82321	0.1910
	$r \leq 1$	$r=2$	16.43383	25.87211	0.4582	14.68077	19.38704	0.2115
	$r \leq 2$	$r=3$	1.753057	12.51798	0.9817	1.753057	12.51798	0.9817
3	$r=0$	$r=1$	54.51387*	42.91525	0.0024	38.13220*	25.82321	0.0007
	$r \leq 1$	$r=2$	16.38167	25.87211	0.4623	12.95388	19.38704	0.3318
	$r \leq 2$	$r=3$	3.427794	12.51798	0.8223	3.427794	12.51798	0.8223
4	$r=0$	$r=1$	41.38769	42.91525	0.0705	25.98288*	25.82321	0.0476
	$r \leq 1$	$r=2$	15.40481	25.87211	0.5410	12.58286	19.38704	0.3628
	$r \leq 2$	$r=3$	2.821951	12.51798	0.8970	2.821951	12.51798	0.8970

Not: * ifadesi %5 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı, r koentegrasyon vektörü sayısını göstermektedir.

Tablo 5'e bakıldığında patent başvuru toplamının işsizliği ne yönde etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve patent modelini gösteren 3. modelde trace (iz) istatistiğinin bir eşbütünlük vektörü 54.51, max eigen (maksimum özdeğer) istatistiğinin bir eşbütünlük vektörü ise 38.13 olmaktadır. İlgili test sonuçları %5 kritik değerden büyük olduğu için eşbütünlük olmadığını ifade eden H_0 hipotezi reddedilerek, H_1 hipotezi kabul edilir. Diğer bir deyişle bu modelde eşbütünlük ilişkisi bulunmaktadır. Diğer bir model olan iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin işsizliği ne yönde etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve iletişim bilgisayar modelini temsil eden 4. modelde max eigen istatistiğinin bir eşbütünlük vektörü 25.98 olup bu test sonucu %5 kritik değerden büyük olduğundan eşbütünlük ilişkisi vardır.

Bunlara karşın araştırmacı sayısının işsizliği ne yönde etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve araştırmacı sayısı modelini ifade eden 1. modelde ve Ar-Ge harcamalarının işsizliği ne yönde etkilediğinin araştırılacağı işsizlik ve Ar-Ge harcamalarını temsil eden 2. modelde trace istatistiğiyle max eigen istatistiğinin %5 kritik değerden daha küçük oldukları tespit edilmiştir. Bu durumda eşbütünlüğün olmadığı anlamına gelen H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

Çalışmada eşbütünlük yani koentegrasyon ilişkisi çıkan modellere Hata Düzeltme Modeli, eşbütünlük ilişkisi çıkmayan modellere ise En Küçük Kareler yöntemi uygulanacaktır. Eşbütünlük ilişkisi çıkan modellere VECM uygulanmasının nedeni değişkenlerin uzun dönemde dengeye gelmesi ancak değişkenlerin farkları aldığımız için değer kayıplarının oluşmasıdır. Bu değer kayıpları sonuçları olumsuz etkilediğinden, olumsuz etkilerden arınmak için Hata Düzeltme Modeli kullanılmaktadır.

5.3. Uzun Dönem Analizi: Hata Düzeltme Modeli (VECM) ve Sonuçları

Hata düzeltme modeli aşağıdaki denklemle ifade edilebilir.

$$\Delta X_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \psi_i \Delta Z_{t-i} + \lambda EC_{t-1} + e_t \quad (11)$$

Modelde yer alan λ parametresi uzun dönemde değişkenleri denge değerine doğru yaklaşmaya iten hata düzeltme parametresi olup eğer bu parametre istatistiksel olarak anlamlıysa dengeden sapma durumu oluşur. Parametrenin büyüklüğüne göre uzun dönemde denge değerine yaklaşma hızı belirlenmektedir. Burada parametrenin anlamlı ve negatif olması istenir çünkü dengeden sapma hata düzeltme katsayısının büyüklüğüne göre düzeltilmektedir. Modeldeki ΔY ve ΔZ ifadeleri ΔX 'de bulunan kısa dönem sapmaların etkisini yansıtmaktadır. EC_{t-1} ifadesi ise eşbütünleşme denkleminde elde edilmiş olan hata teriminin bir gecikmeli değerini göstermektedir. Son olarak β_i , γ_i ve ψ_i olarak verilen parametreler ise bağımlı değişken üzerinde doğrudan etkiyi gösteren kısa dönem parametreleridir. Bu parametrelerdeki tüm F istatistikleri veya hata düzeltme katsayısındaki t istatistiğinin anlamlı oluşu nedenselliğin olduğunu belirtmektedir (Kıran, 2007: 273-274)

Tablo 6. Model 3 İçin Hata Düzeltme Modeli (VECM) Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	St. Hata	T-İstatistiği
D(LNUNEMP)	0.020752	0.02718	0.76355
D(LNGDP)	-0.101569	0.02947	-3.44629
D(LNPAT)	-0.222184	0.04204	5.28547

Tablo 6'daki işsizlik ve patent modelini ifade eden model 3'te T tablo değerlerine bakıldığında reel GSYH'nın t istatistiği 3.44>2 olduğundan %5'te anlamlıdır. Benzer şekilde patent başvurularının t istatistik değeri 5.28>2 olduğundan %5'te anlamlıdır. Bu durumu iktisadi açıdan yorumlayacak olursak reel GSYH ve patent başvurularından işsizliğe doğru uzun dönemde nedensellik vardır.

Tablo 7. Model 4 İçin Hata Düzeltme Modeli (VECM) Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	St. Hata	T-İstatistiği
D(LNUNEMP)	0.079738	0.13807	0.57753
D(LNGDP)	-0.661300	0.12509	-5.28661
D(LNCOM)	0.066902	0.24656	0.27134

Tablo 7'deki işsizlik ve iletişim bilgisayar modelini ifade eden model 4'te T tablo değerlerine bakıldığında reel GSYH'nın t istatistiği 5.28>2 olduğundan %5'te anlamlıdır ancak iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkeninin t istatistiği 0.27<2 olduğundan anlamsızdır. Yani reel GSYH'dan işsizliğe doğru uzun dönemde nedensellik varken, iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) işsizliği uzun dönemde etkilememektedir.

5.4. Varyans Ayrıştırması

Tablo 8. Model 3 İçin Varyans Ayrıştırması

Period	S.E.	UNEMP	GDP	PATENT
1	0.129603	100.0000	0.000000	0.000000
2	0.186387	99.59036	0.280564	0.129073
3	0.234333	99.59215	0.190574	0.217277
4	0.274384	98.77385	0.483314	0.742838
5	0.308468	97.76238	0.905032	1.332588
6	0.338303	97.00764	1.238309	1.754051
7	0.365155	96.56811	1.432762	1.999129
8	0.390013	96.32701	1.537415	2.135578
9	0.413417	96.18200	1.597948	2.220056
10	0.435646	96.07483	1.641567	2.283607

Tablo 8'e göre ilk şok işsizlik oranından kaynaklanmaktadır (100.0000). Reel GSYH ve patent sonuçları 0.000000 olduğundan herhangi bir etkisi yoktur. 2.dönemde ise 99.59036 ile en yüksek şok yine işsizlik oranından kaynaklanmış olup reel GSYH ve patent sırasıyla 0.280564 ve 0.129073 olmak üzere etkisi çok düşük kalmaktadır. 10. döneme geldiğinde işsizlik oranı varyansının %1.64'lük kısmının reel GSYH tarafından, %2.28'lik kısmının ise patent tarafından açıklandığı görülmektedir.

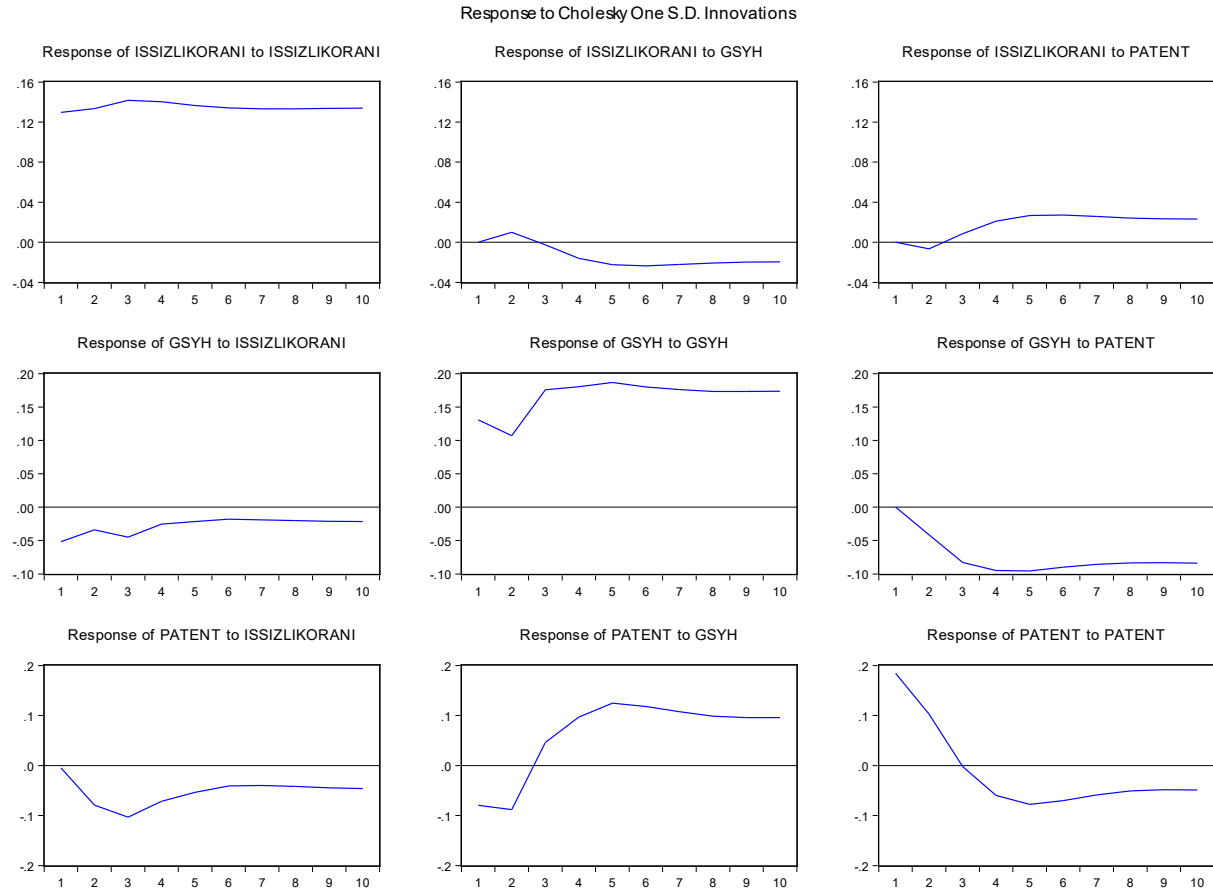
Tablo 9. Model 4 İçin Varyans Ayrıştırması

Period	S.E.	UNEMP	GDP	COM
1	0.128385	100.0000	0.000000	0.000000
2	0.191062	96.22838	0.074367	3.697252
3	0.238822	96.38815	0.208110	3.403736
4	0.279023	96.59106	0.276566	3.132370
5	0.314248	96.74369	0.339973	2.916339
6	0.346022	96.88900	0.389439	2.721560
7	0.375170	97.00282	0.428963	2.568218
8	0.402247	97.09551	0.461117	2.443376
9	0.427634	97.17117	0.487322	2.341508
10	0.451608	97.2342	0.508974	2.257604

Tablo 9'a göre ilk şok işsizlik oranından kaynaklanmaktadır (100.0000), yani işsizlik oranının 1.dönem varyansında meydana gelen değişimin tümü kendisi tarafından açıklanmaktadır. 2. dönemde 96.22838 ile en yüksek şok işsizlik oranından kaynaklanmış olup, reel GSYH ve iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) sırasıyla 0.074367 ve 3.697252 bulunmuştur. 10. Dönemde işsizlik oranı varyansının %0.50'lik kısmı reel GSYH tarafından, %2.25'lik kısmının ise iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi) tarafından açıklandığı görülmektedir.

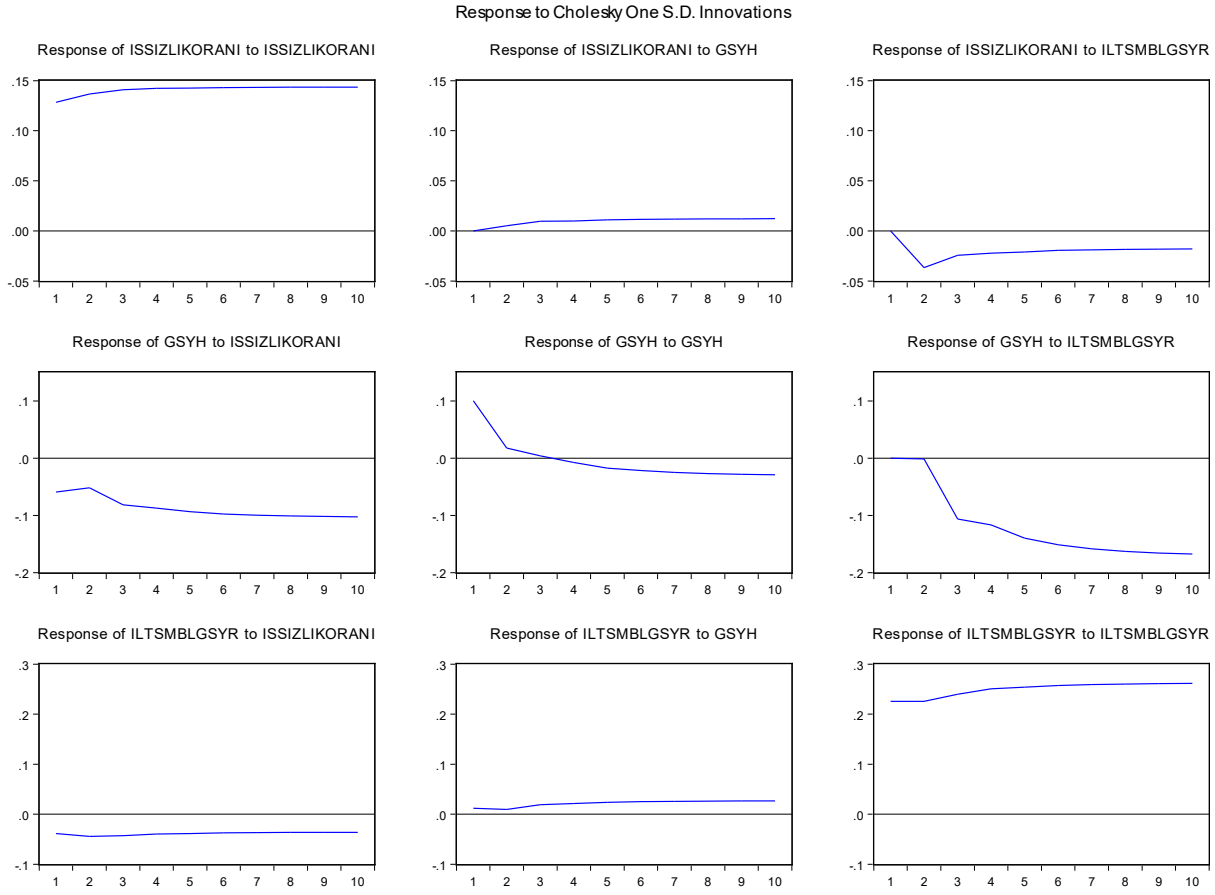
5.5. Etki Tepki (Impulse-Response) Sonuçları

Şekil 2. Model 3 İçin Etki Tepki Sonuçları



Şekil 2'de ilk baştaki şekil dalgalanmaların az olduğunu yani etkinin kaybolduğunu ortaya koymaktadır. İşsizlik oranının kendisiyle olan etkisi pozitifdir. Reel GSYH ile olan etkisi pozitifken 3. dönem itibariyle negatife dönmektedir. Patent ile olan etkisi ise 3. dönem sonrası pozitif olmaktadır. Reel GSYH'nın kendisiyle pozitif etkisi bulunurken, işsizlik oranı ve patentle negatif ilişkisi vardır. Son olarak patent harcamaları reel GSYH ile ilk olarak negatif daha sonra ise pozitif etkiye sahipken, kendisiyle olan etkisi bunun tam tersidir. İşsizlik oranı ile olan etkisi ise negatiftir.

Şekil 3. Model 4 İçin Etki Tepki (Impulse-Response) Sonuçları



Şekil 3'te işsizlik oranının kendisiyle olan ve reel GSYH ile olan etkisi, iletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının yüzdesi)'nin kendisiyle olan etkisi, işsizlik oranıyla olan etkisi ve reel GSYH ile olan etkisi düz çizgi şeklindedir, yani buralardaki etki azdır. İşsizlik oranının kendisiyle ve reel GSYH ile pozitif etkisi varken, iletişim bilgisayar ile negatif etkisi bulunmaktadır. Reel GSYH'nın işsizlik oranı ve iletişim bilgisayar ile olan etkisi negatifken, kendisiyle olan etkisi önce pozitif, 4. dönem sonrası ise negatiftir. Son olarak iletişim bilgisayar işsizlik oranı ile negatif etkiye sahipken, bu etkinin yönü reel GSYH ve kendisiyle pozitifte dönmektedir.

5.6. Kısa Dönem Analizi: En Küçük Kareler Yöntemi ve Sonuçları

İki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek amacıyla istatistiksel analizlerde regresyon analizine başvurulmakta olup, burada bir bağımlı değişkenle bir ya da birden fazla bağımsız değişken açıklanmaktadır (Kutlar, 2009:5). En küçük kareler yöntemi de bu regresyon denkleminde hareketle oluşmaktadır.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

Denklemden Y ifadesi bağımlı değişken, X_1 ifadesi bağımsız değişken, β_1 bu değişkenin bilinmeyen parametresi ve ε_i ifadesi gözlenemeyen hata terimleri olarak ifade edilir (Alma ve Vupa, 2008.220-221).

Eşbütünlük ilişkisi çıkmayan model 1 ve model 2 için kısa dönem analizi olarak kullanılan en küçük kareler yöntemi sonuçları şu şekildedir:

Tablo 10. Model 1 İçin En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: D(LNUNEMP)				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
D(LNGDP)	-0.215765	0.142215	-1.517179	0.1408
D(LNRES)	-0.591214	0.381151	-1.551128	0.1325
TREND	0.000692	0.002363	0.293043	0.7717
C	0.065456	0.050002	1.309053	0.2015
Tanısal Testler				
R^2	0.209195	F-statistic	2.380813	
Düzeltilmiş R^2	0.121328	Olasılık (F-statistic)	0.091643	
Durbin-Watson Stat	1.777733			

Tablo 10'da görüldüğü üzere araştırmacı sayısının olasılık değeri $0.1325 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamsızdır. İktisadi açıdan yorumlayacak olursak işsizlik üzerinde araştırmacı sayısının kısa dönemde etkisi yoktur. Benzer şekilde kontrol değişkeni olan reel GSYH'nın olasılık değeri $0.1408 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak yine anlamsızdır. F istatistiği olasılık değerinin de 0.091643 olması modelin tümüyle anlamsız olduğunu göstermektedir. Modelin açıklama gücünü ifade eden R^2 ise 0.209195 olup, bu modelin %20'lik kısmının açıklanabildiği anlamına gelmektedir. Durbin-Watson değeri ise 1.777733 olup, bu değer 1,5 ile 2,5 arasında olduğu için modelde otokorelasyon sorunu bulunmamaktadır.

Tablo 11. Model 2 İçin En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: D(LNUNEMP)				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	T-İstatistiği	Olasılık Değeri
D(LNGDP)	-0.280722	0.137715	-2.038430	0.0514
D(LNRD)	0.181015	0.182015	0.994508	0.3288
TREND	0.000275	0.002395	0.114799	0.9095
C	0.014923	0.047026	0.317344	0.7534
Tanısal Testler				
R^2	0.169161	F-statistic	1.832419	
Düzeltilmiş R^2	0.076845	Olasılık (F-statistic)	0.165082	
Durbin-Watson Stat	1.748868			

Son olarak Tablo 11'deki tahmin sonuçları analiz edildiğinde Ar-Ge harcamalarının olasılık değeri $0.3288 > 0.05$ olduğu için istatistiksel olarak anlamsızdır. Yani araştırma geliştirmeye yapılan harcamaların kısa dönemde işsizlik üzerinde bir etkisi yoktur. Benzer şekilde kontrol değişkeni olan reel GSYH'nın olasılık değeri $0.0514 > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak yine anlamsızdır. F istatistiği olasılık değerinin de 0.165082 olması modelin tümüyle anlamsız olduğunu gösterirken, modelin açıklama gücünü ifade eden R^2 değeri ise 0.169161 olarak bulunmuştur. Durbin Watson değeri 1.748868 yine 1,5 ile 2,5 arasında olduğu için modelde otokorelasyon sorunu yoktur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknoloji, hayatımıza hızlı bir şekilde yayılarak firmaları mikro bazda, ülkeleri ise makro bazda etkisi altına alan bir olgudur. Geçmişten günümüze kadar teknolojik ilerlemeler yaşanmış ve bu durum sanayi devrimlerinin önünü açmıştır. Sanayi devrimlerinin bir sonucu olarak kol gücü yerine makinelerin kullanılmasıyla tüm dünyada önemli bir husus olan işsizliğe teknolojinin ne açıdan etki edeceği hep tartışılmıştır. Söz konusu teknolojik ilerlemeler işsizliğe mi neden olacak yoksa işsizliği azaltarak istihdam mı yaratacak? Çalışmanın cevap aradığı soru budur.

Bu çalışmada 1990-2021 dönemi için Türkiye'de teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisi incelenmiştir. Bu bağlamda çalışmada zaman serisi analizi yapılarak Johansen Eşbütünleşme Testi kullanılmıştır. Eşbütünleşme ilişkisi bulunan değişkenler için uzun dönem analizi Hata Düzeltme Modeli ile test edilirken, kısa dönem analizi en küçük kareler yöntemiyle analiz edilmiştir.

Çalışmada teknolojik ilerlemenin işsizliğe olan etkisini belirleyebilmek amacıyla dört ayrı model tahmini yapılmıştır. Bu modellerde işsizlik oranı bağımlı değişken, reel GSYH kontrol değişkeni, Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı, patent ve iletişim bilgisayar vb (hizmet ihracatının yüzdesi) değişkenleri ise bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, reel GSYH ve patent başvurularından işsizliğe doğru uzun dönemde nedensellik vardır. Diğer bir deyişle patent başvuruları uzun dönemde işsizliği etkilemektedir. İktisadi açıdan yorumlayacak olursak, patent başvurularındaki %1'lik bir artış işsizlik oranını %0.22 oranında azaltmaktadır. İletişim bilgisayar vb. (hizmet ihracatının

yüzdesi) işsizliği uzun dönemde etkilememektedir. Kısa dönemli etkiler göz önüne alındığında ise araştırmacı sayısı ve Ar-Ge harcamaları kısa dönemde işsizliği etkilememektedir.

Covid-19 pandemisini de düşünürsek, pandeminin beraberinde getirdiği evden çalışma ve uzaktan eğitim sistemi, teknoloji ve dijitalleşme olgusuna daha fazla önem verilmesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye'nin konumu düşünüldüğünde teknolojik ilerlemeler için pay ayırsa da OECD ve Avrupa Birliği ülkelerine kıyasla bu payın yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye geliştirmekte olan ülke kategorisinden gelişmiş ülke kategorisine erişebilmek için her açıdan teknolojik ilerlemelerle uyumlu olmalıdır. Ayrıca kamu kurum ve kuruluşları bu konuda bütçeden kaynak ayrılmasına özen göstermeli ve özel sektörün inovasyon faaliyetlerine destek verilmelidir.

YAZAR BEYANI

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı: Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Etik Kurul Onayı: Bu araştırma etik kurul izni gerektiren analizleri kapsamadığından etik kurul onayı gerektirmemektedir.

Yazar Katkıları: Yazarlar çalışmayı eşit bir şekilde gerçekleştirmiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Aydın, E. (2018). Türkiye'de Teknolojik İlerleme İle İstihdam Yapısındaki Değişme Projeksiyonu: Endüstri 4.0 Bağlamında Ampirik Analiz. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, C:16, No:31, ss. 461-471.
- Bulut, E., & Yenipazarlı, A. (2020). Endüstri 4.0 ve Teknolojinin İstihdam Üzerindeki Etkisi, Panel Veri Analizi. *PJESS*, C:7, No:2, ss.15-35.
- Cengiz, S., & Şahin, A. (2020). Teknolojik İlerlemenin İstihdam Yaratmadaki Rolü ve Önemi: Türkiye Örneği. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, C:1, No:45, ss. 160-172.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *David A. Dickey and Wayne A. Fuller*, C:49, No:4, ss. 1057-1072.
- Eryer, S. (2021). Ar-Ge Harcamaları Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı ve GSYH İlişkisi: Türkiye Örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Feldmann, H. (2013). Technological Unemployment In Industrial Countries. *Journal of Evolutionary Economics*, C:23, No:5, ss.1099-1126.
- Gürnlü Alma, Ö., & Vupa, Ö. (2008). Regresyon Analizinde Kullanılan En küçük Kareler ve En Küçük Medyan Kareler Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi)*, C:3, No:2, ss. 219-229.
- Harrison, R., Jaumandreu, J., Mairesse, J., & Peters, B. (2014). Does innovation stimulate employment? A firm-level analysis using comparable micro-data from four European countries. *International Journal of Industrial Organization*, C:35, ss. 29-43.
- İğdeli, A., & Sever, E. (2020). İnovasyonun Genç İşsizlik Üzerindeki Etkisi: Türkiye'de Düzey II Bölgeleri Örneği. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, C:8, No:3, ss. 771-779.
- Kılınç, B. D. (2020). Teknolojik Değişim ve İstihdam İlişkisi: Türkiye İşgücü Piyasasına Yönelik Makro Bir Analiz. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Kıran, B. (2007). Türkiye'de Reel Döviz Kuru İle Kısa ve Uzun Vadeli Sermaye Hareketleri İlişkisi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, C:23, No:1, ss. 269-283.
- Kocabaş, G. (2010). Teknolojinin İşgücü ve Üretim Üzerindeki Etkileri (Türkiye'de İmalat Sanayinin İncelenmesi). *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Krousie, C. (2018). Technological Unemployment in the United States: A State-Level Analysis. *Major Themes in Economics*, C:20, ss. 87-101.
- Kutlar, A. (2009). *Uygulamalı Ekonometri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Lachenmaier, S., & Rottmann, H. (2011). Effects of innovation on employment: A dynamic panel analysis. *International Journal of Industrial Organization*, C:29, No:2, ss. 210-220.
- OECD. (2005). *Oslo Kılavuzu: Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler*. OECD ve Eurostat.
- Orhan, S., & Savuk, F. (2014). Emek-Teknoloji-İşsizlik İlişkisi. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Çalışma Dünyası Dergisi*, C:2, No:2, ss. 9-24.
- Özkan, G., & Yılmaz, H. (2017). Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknoloji Ürün İhracatı Ve Kişi Başı Gelir Üzerindeki Etkileri: 12 AB Ülkesi ve Türkiye İçin Uygulama (1996-2015). *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, C:12, No:1, ss. 1-12.
- Piva, M., & Vivarelli, M. (2017). Technological Change and Employment: Were Ricardo and Marx Right? *IZA Discussion Papers 10471*, ss. 1-36.
- Schwab, K. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. (Z. Dicleli, Çev.) İstanbul: Optimist Yayınları
- Selci, F. (2019). Teknolojik Gelişmelerin Kadın İstihdamı Üzerindeki Etkisi: AB Ülkeleri ve Türkiye Örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Tarı, R. (2011). *Ekonometri*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Taymaz, E. (1998). Türkiye imalat sanayiinde teknolojik değişim ve istihdam. T. Bulutay içinde, *Teknoloji ve İstihdam* (s. 1-36).
- Varıcı, M. (2019). Teknolojik Gelişmenin İstihdam Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Zimmermann, K. F. (1991). The employment consequences of technological advance, demand and labor costs in 16 German industries. *Empirical Economics*, C:16, No:2, ss. 253-266.