

Teknolojik Gelişmenin İstihdam Üzerindeki Etkisi: G-20 Ülkeleri Panel Veri Analizi

Çağatay Tunçsiper^{1,2}

ÖZET

Teknolojik gelişmeler, Sanayi Devrimi'nden bu yana yoğunlaşan bir eğilim olarak işgücü piyasalarını önemli ölçüde etkilemiştir. Bu çalışma, 1996-2021 yılları arasında G-20 ülkelerinde teknolojik gelişmelerin istihdam üzerindeki etkisini incelemektedir. Yıllık veriler kullanılarak, bu ilişkiyi değerlendirmek için bir panel regresyon modeli kullanılmıştır. Modelde, istihdamın nüfusa oranı bağımlı değişken, Ar-Ge harcamaları ise bağımsız değişken olarak teknolojik gelişmeyi temsil etmektedir. Ayrıca modelde Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın (GSYH) büyüme oranı ve patent başvurularının sayısı (hem yerli hem de yabancı) gibi kontrol değişkenleri de yer almaktadır. Ampirik bulgular, Ar-Ge harcamalarının istihdam üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu, patent başvuru sayısının ise negatif ve anlamlı bir etki yarattığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, GSYH büyümesinin istihdam seviyelerini pozitif ve anlamlı bir şekilde etkilediği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: İstihdam, Ar-Ge, Teknoloji, G-20, Panel Veri Analizi.

The Impact Of Technological Development On Employment: Panel Data Analysis Of G20 Countries

ABSTRACT

Technological advancements have significantly influenced labour markets, a trend that has intensified since the Industrial Revolution. This study examines the impact of technological developments on employment in G-20 countries between 1996 and 2021. Using annual data, a panel regression model is employed to assess this relationship. In the model, the employment-to-population ratio is the dependent variable, while R&D expenditures represent technological development as the primary independent variable. Additionally, the model incorporates control variables, including the growth rate of Gross Domestic Product (GDP) and the number of patent applications (both domestic and foreign). The empirical findings reveal that R&D expenditures have a positive and statistically significant impact on employment, whereas the number of patent applications exerts a negative and significant effect. Moreover, GDP growth is found to positively and significantly influence employment levels.

Keywords: Employment, R&D, Technology, G-20, Panel Data Analysis.

¹ tuncsipercağatay@gmail.com

² Doç.Dr., ORCID: 0000-0002-0445-3686.

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerin istihdama etkisine dair düşünceler iktisat tarihinde oldukça eskiye dayanmaktadır. Teknolojik işsizlik kavramı 19. yy.'da yaşayan ve teknolojik gelişmelerin istihdama dair etkilerini inceleyen David Ricardo tarafından ortaya atılmıştır. Ancak 1929 yılında ortaya çıkan ekonomik kriz sonrasında Keynesyen düşüncelerin hız kazanması ile teknolojik işsizlik kavramı 1930 yılında John Maynard Keynes tarafından yayımlanan bir makalede yeniden gündeme gelmiştir (Campa, 2018, s. 57-79). Klasik iktisatçılardan Karl Marx, teknolojik gelişmelere bağlı olarak istihdam piyasalarında meydana gelen istikrarsızlıkların otomatik mekanizmalar yoluyla tekrardan dengeye gelebileceğini ifade etmiştir (Cengiz ve Şahin, 2020, s. 163).

Teknolojide meydana gelen gelişmeler hem süreç hem de ürün yeniliği yoluyla istihdam seviyesini değiştirmektedir. Ürün yeniliği olarak ortaya çıkan Ar-Ge harcamaları genel olarak yeni istihdam alanları oluştururken; süreç yeniliği olarak ortaya çıkan teknolojik ilerlemeler genellikle istihdamı azaltmaktadır. Ancak bazı durumlarda süreç yenilikleri fiyatların düşmesini ve yatırımların artmasını sağlayarak başlangıçta ortaya çıkan iş kayıplarını telafi edebilmektedir (Piva ve Vivarelli, 2017, s.1-23; Vivarelli, 2015, s. 1-10). Farklı bir şekilde ifade etmek gerekirse bir firma verimliliğini artırır ve maliyetlerini azaltırsa üretim düzeyinde meydana gelecek bu artış ek işçiye ihtiyaç duyulmasına neden olacaktır (Lachenmaier ve Rottmann, 2011, s. 211).

Teknolojik ilerlemeler ekonomik büyümenin ve rekabet gücünün belirlenmesinde önemli bir faktör olsa da istihdam üzerinde oluşturacağı etki belirsizdir (Nurillaeve ve Hiwatari, 2024, s. 1-2). Günümüzde teknolojinin her geçen gün büyük bir hızla ilerlemesi, robotlar ve yapay zekanın hayatın her alanında karşımıza çıkmaya başlaması ile birlikte bu gelişmelerin istihdam üzerine etkisi merak konusu olmuş ve birçok araştırmacı tarafından çalışılmaya başlanmıştır. İş süreçlerini yeniden şekillendiren bu gelişmelere ilişkin, mevcut çalışmaların bir kısmı yeni iş ve istihdam olanakları sağladığı için teknolojinin pozitif etkilerinden bahsederken bazı çalışmalar ise birtakım istihdam alanlarını ortadan kaldırdığı gerekçesiyle teknolojinin negatif etkilerinden bahsetmektedir.

Çalışmanın amacı 1996-2021 yılları arasında G-20 ülkelerinde teknolojik ilerlemelerin istihdama olan etkisini panel regresyon yöntemi ile ampirik olarak araştırmaktır. Modelde bağımlı değişken olarak istihdamın nüfusa oranı, bağımsız değişken olarak teknolojik gelişmeyi temsilen Ar-Ge harcamaları ve kontrol değişkenler olarak ise Gayri Safi Yurtiçi Hasıla büyüme oranı ve yerleşik ve yerleşik olmayanların patent başvuru sayısı değişkenleri kullanılmıştır. Literatürde, teknolojik gelişmelerin genel olarak istihdam üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma vardır. Bu çalışma, G-20 üyesi ülkeleri özelinde bu etkiyi inceleyerek bir amaca özgü yeni bilgiler sunulmaktadır. 1996-2021 yılları arasındaki panel verileri kullanılarak bu veriler incelenmektedir. Teknolojik yeniliklerin istihdam üzerindeki etkilerinin ülkelere göre karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve Ar-Ge harcamalarının istihdam üzerindeki etkilerinin vurgulanması, literatürdeki farklı yaklaşımlar arasındaki boşluğu doldurmaktadır. Bu durum, seçilen bu zaman aralığı ve

ülkeler grubu üzerine yapılmış çalışmaların sınırlı olduğu anlamına gelir. Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde literatür taramasına yer verilmiş, ikinci bölümde G-20 ülkelerinde teknolojik gelişmelerden ve istihdamdan bahsedilerek teorik çerçeve sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise çalışmaya dair ampirik analize yer verilmiş; veriler ve yöntem tanıtılmış ve analiz bulgularına yer verilmiştir. Sonuç kısmında yapılan genel değerlendirme ile çalışma tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Teknolojik gelişmelerin istihdam üzerindeki etkileri literatürde farklı yöntemler ve veri setleri ile ele alınmıştır. İlk olarak, Coad ve Roa (2011), 1996-2002 yılları arasında yaptıkları çalışmada geleneksel regresyon yöntemleri ile Ar-Ge harcamalarının ve patent sayısının istihdam üzerinde pozitif etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı bağlamda, Lachenmaier ve Rottmann (2011) da Alman imalat firmalarına ait yirmi yıllık verilerle dinamik panel sistem GMM yöntemini kullanarak inovasyonun istihdamı olumlu yönde etkilediğini göstermiştir.

Feldmann (2013) ise 1985-2009 yıllarında 21 sanayileşmiş ülkeye ait panel verilerle teknolojik değişimlerin işsizliği kısa vadede artırdığı, ancak uzun vadede etkisinin kalıcı olmadığını saptamıştır. Benzer bir sonuç Bogliacino, Piva ve Vivarelli (2014) tarafından 1990-2008 dönemlerinde 677 Avrupa firması üzerinde yapılan çalışmada da bulunmuş; Ar-Ge harcamalarının özellikle yüksek teknoloji sanayi ve hizmet sektörlerinde istihdamı artırdığı belirtilmiştir.

2019'da Kancs ve Siliverstovs, 2014-2017 dönemine ait OECD ülkelerine ilişkin firma düzeyindeki panel verilerle Ar-Ge yoğunluğu seviyesinin inovasyonun istihdam üzerindeki etkisini farklılaştırdığını tespit etmişlerdir. Bu bulgular, Zhu, Qiu ve Liu'nun (2021) Çin ekonomisinde yaptıkları araştırmayla paralellik göstermektedir. Zhu ve arkadaşları, ürün inovasyonlarının istihdamı negatif etkilerken, süreç inovasyonlarının pozitif etkisi olduğunu belirlemiştir. Bayar ve Öztürk (2021), çalışmalarında 1991-2018 döneminde Türkiye'de teknolojinin istihdam üzerindeki etkisini Johansen Eşbütünleşme Analizi ve Vektör Otokorelasyon Modeli (VAR) ile test etmişlerdir. Analizde bağımsız değişken yerine kullanılan Ar-Ge harcamaları ve patent başvurularının istihdamı artırdığı; diğer bir bağımsız değişken olan teknolojik ürün ihracatının ise istihdamı azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ayhan ve Elal (2023), yazarlar çalışmalarında 2009-2018 yıllarına ait veri seti ile teknolojiye meydana gelen değişmelerin işgücü piyasaları üzerindeki etkisini 30 OECD ülkesi için tek yönlü panel sabit etkiler modeli ile test etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, teknoloji değişkeni olarak ele alınan patent başvurularının işgücü **piyasalarını** istatistiki olarak anlamlı ve negatif etkilediği ancak diğer teknoloji değişkeni olan araştırma ve geliştirme harcamalarının ise işgücü piyasalarını pozitif etkilediği ancak istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmüştür.

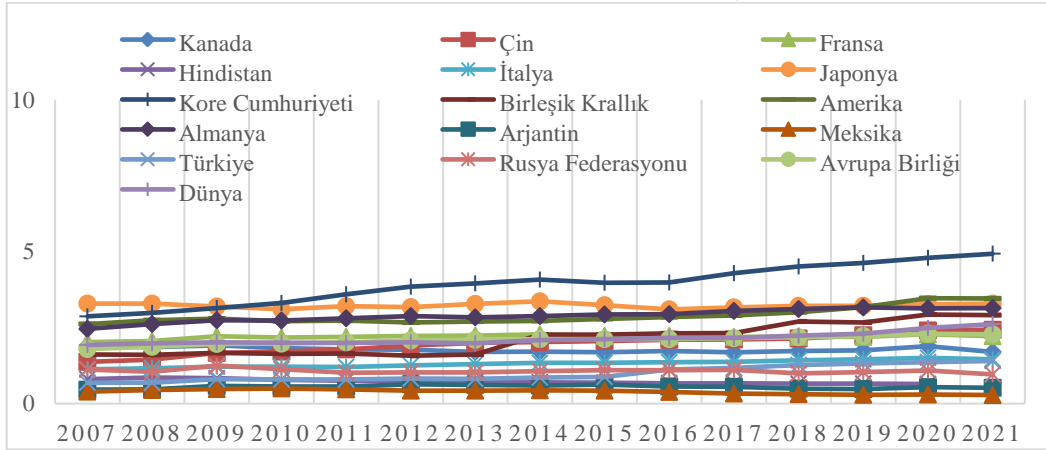
Son olarak, Uğur (2024), 1996-2021 yılları arasında G-20 ülkelerinde teknolojik gelişmelerin istihdam üzerindeki etkilerini panel eşbütünleşme yöntemi ile analiz etmiş ve teknolojinin bu ülkelerde istihdam üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını saptamıştır. Bu çalışma, Naz ve Altay'ın (2023) Türkiye üzerine yaptıkları araştırma ile örtüşmekte olup, bazı teknolojik değişimlerin işsizliği kısa vadede etkilediğini, ancak Ar-Ge harcamalarının işsizlik üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Genel olarak, literatürde teknolojik gelişmelerin istihdam üzerindeki etkisinin bağlama ve yöntemlere göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu nedenle, çalışmalardaki sonuçlar arasında tutarsızlıklar bulunmakla birlikte, teknolojinin işgücü piyasalarındaki etkisi hala önemli bir tartışma konusudur.

3. G-20 ÜLKELERİNİN TEKNOLOJİK GELİŞİMİ VE İSTİHDAM DÜZEYLERİ

Ar-Ge harcamaları ülkelerin teknolojik durumu ile ilgili temel bir göstergedir. Ar-Ge harcamaları bir taraftan ürünlerin yeniden tasarlanmasını sağlarken bir taraftan üretim süreçlerin geliştirilmesinde etkin bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda Ar-Ge harcamaları yeni istihdam alanlarının oluşmasını teşvik etmektedir (Bulut ve Yenipazarlı, 2020, s. 16; Acemoğlu ve Restrepo, 2018, s. 25). Bu istihdam artışı da ekonomik büyüme üzerinde oldukça önemlidir (Topcu, 2021, s. 486). Şekil 1'de son 15 yılda Ar-Ge verilerine ulaşılabilen G-20 ülkeleri ve Dünya ortalaması yer almaktadır.

Şekil 1. G-20 ülkelerinde Ar-Ge harcaması/GSYİH(2007-2021, (%))



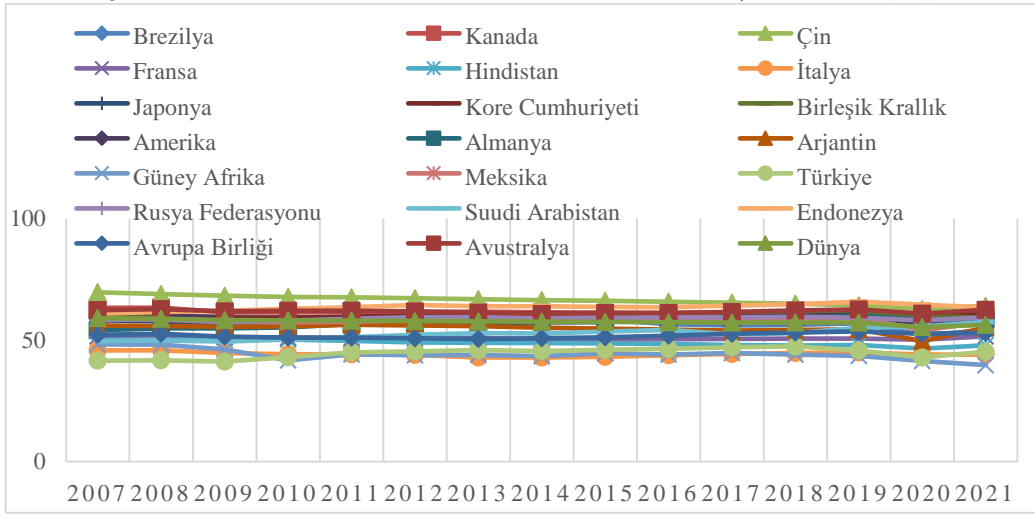
Kaynak: OECD verileri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 1'de G-20 ülkelerinde 2007-2021 yılları arasında, Ar-Ge harcamalarının Gayri Safi Yurtiçi Hasıla oranlarının ortalaması yer almaktadır. Bu ülkelerde Ar-Ge harcamaları her ne kadar istikrarsız bir seyir izliyor olsa da özellikle son yıllarda birçok ülkede Ar-Ge harcamalarının arttığını söylemek mümkündür. 2007 yılında Ar-Ge harcamaları Dünya ortalamasının %1.93 olduğu ve 2021 yılında bu değer %2.61 seviyelerine yükseldiği

görülmektedir. G-20 ülkelerinde Kore Cumhuriyeti, Japonya, Almanya ve Amerika'nın Ar-Ge harcamalarının Dünya ortalamasının oldukça üzerinde olduğu fakat Meksika, Arjantin, Hindistan ve Rusya Federasyonu'nun ise bu ortalamanın altında kaldığı söylenebilir.

Şekil 2'de son 15 yılda G-20 ülkelerinde istihdam oranları ve Dünya ortalaması yer almaktadır.

Şekil 2: G-20 ekonomilerinde istihdam oranları 15+, (2007-2021, (%))



Kaynak: Dünya Bankası verileri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 2'de 2007-2021 yılları arasında, G-20 ülkelerinde istihdam oranları ve Dünya ortalamasının genel seyri yer almaktadır. Genel itibariyle istikrarsız bir seyir izleyen istihdam oranları 2008 Krizi dönemlerinde oldukça düşmüştür. İlgili dönemde, 2019 yılında başlayan COVID-19 salgınının da istihdam düzeylerini büyük ölçüde etkilediğini söylemek mümkündür.

4. EKONOMETRİK ANALİZ VE BULGULAR

Çalışma kapsamında G-20 ülkelerinde 1996-2021 arası dönemde teknolojik gelişmelerin istihdam üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada panel regresyon yöntemi kullanılarak model tahmin edilmiştir. Tahmin edilen modelde bağımlı değişken yerine istihdamın nüfusa oranı, (15+, toplam %), bağımsız değişken olarak Ar-Ge harcamaları, kontrol değişkenler olarak ise yerleşik ve yerleşik olmayanların patent başvuru sayısı toplamı ve yıllık Gayri Safi Yurtiçi Hasıla büyüme oranı analize dahil edilmiştir. Analizde patent başvuru sayısı logaritmik formda kullanılmıştır. Analiz kapsamındaki dönem ve ülkeler seçilirken ulaşılabilecek maksimum veri sayısı göz önünde bulundurulmuştur. G-20 ülkeleri arasında modelde kullanılan 13 ülke Almanya, Amerika, Arjantin, Çin, Fransa,

Hindistan, Japonya, Kanada, Rusya Federasyonu, Kore Cumhuriyeti, Meksika, Birleşik Krallık, Türkiye şeklindedir.

Teknolojide meydana gelen gelişmelerin istihdam üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla oluşturulan model aşağıdaki denklemde gösterilmektedir:

$$emp_{it} = \beta_0 + \beta_1 rde_{it} + \beta_2 lnpat_{it} + \beta_3 gdp_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Analizde kullanılan değişkenler ve elde edildikleri kaynaklar tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Analizde Kullanılan Değişkenler ve Açıklamaları

Değişkenlerin kısaltması	Değişken adı	Açıklamaları	Kaynak	
emp (Bağımlı değişken)	İstihdamın Oranı, (15+)	Nüfusa Oran (%)	WDI	
rde (Bağımsız değişken)	Araştırma ve Geliştirme Harcamaları	Oran (%)	OECD	
lnpat(Kontrol değişken)	Yerleşik ve Olmayanların Patent Başvuruları	Yerleşik Patent	Patent Başvuru Sayısı	WDI
gdp(Kontrol değişken)	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	Yıllık Büyüme Oranı (%)	OECD	

Panel veri modelinde öncelikle zaman etki veya birim etki olup olmadığına bakmak gerekmektedir. Birim etkinin bulunması bu modelin sabit etki ya da tesadüfi etki olma durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Eğer etkilere hata terimi gibi rassal bir değişken olarak davranılıyorsa, “tesadüfi etkiler” ancak her bir yatay kesit gözlem için tahmin edilen bir parametre olarak davranılıyorsa “sabit etkiler” modeli olarak ifade edilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2021, s. 79).

4.1. Ekonometrik Modelin Tahmini

Ampirik analize başlamadan önce değişkenlerin özet istatistikleri incelenmiştir. Bu istatistiklerin tablosunu elde etmek ve analiz için Stata 15 ekonometri paket programı kullanılmıştır. Değişkenlere ait özet İstatistikler tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Özet İstatistikler

Değişkenlerin kısaltması	Gözlem sayısı	Ortalama	Standart sapma	Min. değer	Max. değer
emp	338	56.71651	6.177043	41.154	75.355
rde	337	1.740426	1.031574	.25067	4.93012
lnpat	338	10.63863	1.593478	6.729824	14.27651
gdp	338	3.147639	3.989741	-10.89448	14.23086

Tablo 2’de “emp” kısaltması ile verilen istihdamın nüfusa oranı bağımlı değişkeninin en düşük değerinin 41.15, en yüksek değerinin ise 75.35 olduğu görülmektedir. “rde” kısaltması ile gösterilen Araştırma ve Geliştirme Harcamaları bağımsız değişkeninin ise en düşük değeri .250 ve en yüksek değeri ise 4.93’tür. Logaritmik formda “Inpat” kısaltması ile gösterilen yerleşik ve yerleşik olmayanların patent başvuruları sayıları kontrol değişkeninin en düşük değeri 6.72 iken en yüksek değeri ise 14.27’dir. Bir diğer kontrol değişken olan ve “gdp” kısaltması ile gösterilen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla yıllık büyüme oranının en düşük değeri -10.89 iken en yüksek değeri ise 14.23’tür. Seriler birlikte değerlendirildiğinde analiz için yeterli gözlem sayısına sahip olduğu ve diğer değişkenlerin de analiz için uygun olduğu görülmüştür.

Modelde öncelikle yatay kesit bağımlılığı olup olmadığı araştırılmaktadır. Çünkü birinci nesil ve ikinci nesil olmak üzere iki tür birim kök testi bulunmaktadır. Bu testlerin uygulama alanları değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığı olup olmadığına göre değişkenlik göstermektedir. Birinci nesil birim kök testleri genellikle yatay kesit bağımlılığı bulunduğu durumlarda yanlış sonuçlara neden olabilmektedir. Bu yüzden yatay kesit bağımlılığı varsa ikinci nesil birim kök testleri uygulanması daha güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır.

Yatay Kesit Bağımlılığı test sonuçları tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Kullanılan Testler	Test İstatistiği	P-değeri
Friedman's test	26.809	0.0082

Tablo 3 incelendiğinde “yatay kesit bağımlılığı yoktur” boş hipotezi reddedilmektedir. Bu nedenle G-20 ülkeleri arasında yatay kesit bağımlılığının var olduğu hipotezi reddedilememektedir. Modelde yatay kesit bağımlılığının varlığı tespit edildiğinden Im, Peseran ve Shin (IPS) tarafından geliştirilen ikinci nesil birim kök testi uygulanmıştır (Yerdelen Tatoğlu, 2020, s. 73). İkinci nesil birim kök testi sonuçları tablo 4’te yer almaktadır.

Tablo 4. Im, Peseran ve Shin (IPS) Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Test İstatistiği	P-değeri
emp	-10.9708	0.0000
rde	-16.2046	0.0000
Inpat	-15.2352	0.0000
gdp	-12.1412	0.0000

Im, Peseran ve Shin (IPS) tarafından geliştirilen ikinci nesil birim kök testi, H_0 hipotezi: “tüm birimler birim kök içermektedir” ve alternatif hipotez: “bazı birimler durağandır” şeklinde kurulmuştur (Yerdelen Tatoğlu, 2020, s. 73). Bu durumda tablo 4’te birim kök testi sonuçları incelendiğinde H_0 hipotezi reddedilmekte ve serilerin durağan oldukları görülmektedir.

LR (Olabilirlik oranı) test sonuçları tablo 5’te yer almaktadır. Tablo istatistikleri incelendiğinde birim etkinin olduğu ancak zaman etkinin olmadığı görülmektedir.

Tablo 5. LR (Olabilirlik Oranı) Test Sonuçları

Grup Değişkeni	LR İstatistiği	P değeri	Test Sonucu
Birim ve zaman Etki	541.81	0.0000	Birim veya zaman etki vardır.
Birim Etki	541.81	0.0000	Birim etki vardır.
Zaman Etki	0.00	1.0000	Zaman etkisi yoktur.

Sabit etkiler modeli ve tesadüfi etiler modeli tahmin edildikten sonra bu modeller arasında seçim yapabilmek için Hausman testi kullanılmıştır. Hausman test sonuçları tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6. Dirençli Hausman Testi Sonuçları

Test İstatistiği	Olasılık Değeri
chi2(3)=	0.99
Prob>chi2 =	0.8047
H0 = Katsayılar arasındaki fark sistematik değildir.	

Tablo 6’da görüleceği üzere Hausman testinin Prob>chi2 değeri 0.8047’dir. Bu nedenle tesadüfi etkiler modeli koşulunu sağlayan boş hipotez reddedilememiş ve tesadüfi etkiler modeline karar verilmiştir.

Tablo 7’de tesadüfi etkiler modelinin tahmin sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo 7. Rassal (Tesadüfi) Etkiler Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	z istatistiği	P> z
rde	1.029248	.3342252	3.08	0.002
lnpat	-1.677648	.241537	-6.95	0.000
gdp	.0898615	.0322094	2.79	0.005
sabit terim	72.49574	2.64324	27.43	0.000
$R^2 = 0.3784$				

Corr (u _i , X) = 0
Wald chi2(3) = 58.54
Prob>chi2 = 0.0000

Tablo 7’de tesadüfi etkiler modelinde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenin ne kadarlık bir kısmını açıkladığını gösteren R² değeri 0.3784 çıkmıştır. Bağımsız değişkenlerin olasılık değerlerinin ise 0.05’ten küçük olması analiz sonuçlarının anlamlı olduğunu göstermektedir.

4.2. Tanılama (Diagnostics) Testleri ve Bulgular

Panel veri modelinde ortaya çıkması muhtemel sorunları belirleyebilmek amacıyla Tanılama (Diagnostics) testleri uygulanmaktadır.

Öncelikle Heteroskedasitenin var olup olmadığının tespiti için Levene, Brown ve Forsythe tarafından geliştirilen test uygulanmıştır (Yerdelen Tatoğlu, 2021, s. 266). Bu test sonuçları tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8. Değişen Varyans (Heteroskedasite) Test Sonuçları

Kullanılan Testler	df(12, 324)	P-değeri
W0	14.680399	0.00000000
W50	8.889223	0.00000000
W10	13.675942	0.00000000

Tesadüfi etkiler modeline uygulanan Otokorelasyon test sonuçları tablo 9’da yer almaktadır.

Tablo 9. Otokorelasyon Test Sonuçları

Kullanılan Testler	Test İstatistiği
Durbin-Watson	.28773332
Baltagi-Wu LBI =	.37546476

Tablo 8 ve 9 incelendiği zaman tesadüfi etkiler modelinde “birimlerin varyansları eşittir” şeklinde kurulan H0 reddedildiğinden Heteroskedasite sorununun varlığı, Otokorelasyonun var olduğu yönündeki boş hipotezi reddedilemediğinden otokorelasyon sorununun varlığı tespit edilmiştir.

Heteroskedasite, Otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığının bulunduğu durumlarda Driscoll- Kraay standart hatalarla tesadüfi etkiler modeli tahmin edilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2021, s. 363). Driscoll-Kraay Tesadüfi Etkiler Tahmincisi sonuçları tablo 10’da gösterilmektedir.

Tablo 10. Driscoll-Kraay Tesadüfi Etkiler Tahmincisi Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Drisc/Kraay Std.Err.	t-değeri	P> t
rde	1.029248	.41584	2.48	0.020
lnpat	-1.677648	.5058093	-3.32	0.003
gdp	.0898615	.0409046	2.20	0.038
sabit terim	72.49574	5.348363	13.55	0.000
Wald chi2(3) =			12.54	
Prob > chi2 =			0.0058	
overall R-				
squared=			0.3784	

Tek yönlü birim etkili tesadüfi etkiler modeline göre Ar-Ge harcamalarının istihdam üzerindeki etkisi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Ar-Ge harcamalarında meydana gelen 1 birimlik artış istihdam oranında 1.029 oranında bir artışa sebep olacaktır. Patent başvuru sayısının istihdam üzerindeki etkisi negatif ve anlamlıdır. Patent başvurularında meydana gelebilecek bir birimlik artış, istihdam oranında -1.677 oranında bir azalmaya sebep olacaktır. Diğer bir değişken olan, Gayri Safi Yurt içi Hasıla büyüme oranının istihdam üzerindeki etkisi pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Gayri Safi Yurt içi Hasıla büyüme oranında meydana gelen 1 birimlik artış 0.0898 oranında istihdamı artırmaktadır. Bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklama gücünü gösteren R² değeri 0.3784’dir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekonomik büyüme ve rekabet gücü gibi birçok faktör, teknolojinin işgücü piyasaları üzerindeki etkisini oluşturan karmaşık ve çok yönlü bir konudur. G-20 üyesi ülkeleri üzerinde yapılan analizler, ilişkilerin dinamiklerini ortaya koyarken, politika yapımcıların bu konuyu daha kapsamlı bir şekilde araştırmalarını ve çeşitli yönlerden müdahalelerini gerektirmektedir. Bu durumda, politika yapımcılar, istihdam ve teknoloji arasındaki ilişkiyi

şekillendiren çeşitli mekanizmaları kavramalıdır. Ayrıca, bu karmaşıklığı göz önünde bulundurarak politikalarını oluşturmalarıdır.

Çalışmanın ilk sonuçları, araştırma ve geliştirme harcamalarının istihdamı artırdığını göstermektedir. Bu sonuç, teknolojik gelişmelerin işgücü piyasasını olumlu yönde etkileme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bu etkinin tam olarak gerçekleşmesi için politika yapıcılar Ar-Ge'yi teşvik edecek politikalar oluşturmalıdır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, araştırma ve geliştirme harcamalarının artırılması, bu ülkelerin dünya çapındaki teknoloji yarışında geri kalmamaları ve işgücü piyasalarında yeni istihdam fırsatları yaratabilmeleri için çok önemlidir. Ar-Ge teşvikleri sadece devlet desteğiyle sınırlı kalmamalı, özel sektör yatırımlarını da içermelidir. Özel sektörün araştırma ve geliştirme faaliyetlerine daha fazla katılımı, yeni teknolojilerin işgücü piyasasına girmesini hızlandırabilir ve bu süreçte yeni iş fırsatlarının ortaya çıkmasına yardımcı olabilir. Ayrıca, gelişmekte olan ülkeler için teknoloji transferi mekanizmalarını güçlendirmek, bu ülkelerin uluslararası araştırma ve geliştirme zincirine entegre olmasını kolaylaştıracaktır. Bu, istihdam üzerindeki teknolojik gelişmelerin daha hızlı hissedilmesine olanak tanıyacaktır. Politika yapıcılar, süreç yeniliklerinin istihdam üzerindeki azaltıcı etkisini de dikkatle değerlendirmelidir. Teknolojik gelişmeler, üretim süreçlerinde daha yüksek verimliliğe yol açabilir, ancak aynı zamanda bazı iş yerlerinin ortadan kalkmasına da neden olabilir. Bu durum işgücü piyasasında önemli dengesizliklere yol açabileceğinden, politika yapıcıların teknolojik gelişmelerin olumsuz etkilerini azaltmak için planlar yapmaları gerekmektedir. Bu nedenle, işgücünün teknolojiye uyarlanması için eğitim ve yeniden eğitim programlarına yatırım yapılması çok önemlidir. İşgücünün gelecekteki iş fırsatlarına hazırlanması, özellikle dijital becerilerin geliştirilmesi yoluyla mümkündür. Bu, teknolojik ilerlemelerin hız kazandığı bir çağda gerçekleşiyor. Eğitim politikaları, teknoloji ve dijitalleşme süreçlerine uyum sağlamak için yeniden tasarlanmalı ve işgücü piyasasına entegre edilecek çalışanlar için sürekli eğitim programları sunulmalıdır. Böylece, teknolojik gelişmelerin işgücü üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirmek ve işsiz kalan çalışanları yeni alanlara yönlendirmek mümkündür.

Politika yapıcılar, patent başvurularının istihdam üzerindeki zararlı etkilerine de dikkat etmelidir. Patent sistemlerinin amacı inovasyonu teşvik etmek olsa da, bazı durumlarda işgücü piyasasında dengesizliklere neden olabilir. Bu nedenle, patent başvurularının işgücü üzerindeki etkilerini daha kapsamlı bir şekilde incelemek ve bu prosedürlerin çok kısıtlayıcı olmamasına dikkat etmek gerekir. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin inovasyona katılımını teşvik edecek politika teşvikleri geliştirilmelidir. Bu işletmelerin teknoloji ve yenilik süreçlerinde aktif olarak yer alması, işgücü piyasasında yeni istihdam fırsatlarına yol açabilir. Patent başvurularının istihdam üzerindeki zararlı etkisini dengelemek için yeni süreçlerin daha geniş bir işgücü tabanına yayılmasını teşvik edecek mekanizmalar oluşturulmalıdır.

Sonuç olarak, bir ülkenin istihdam ve teknoloji arasındaki ilişkiyi şekillendiren dinamikler, ülkenin gelişmişlik düzeyine, teknolojik yeteneklerine ve uyguladığı politikalara göre

değişmektedir. G-20 üyesi ülkeleri üzerinde yapılan incelemeler, bu dinamiklerin her ülke için farklı politika önerilerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Teknolojik gelişmelerin işgücü piyasaları üzerindeki etkilerini azaltmak ve istihdamda dengeyi sağlamak için kapsayıcı ve uyarlanabilir politikalar benimsenmelidir. Hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkeler, teknoloji ve yenilik süreçlerine daha fazla yatırım yaparak işgücü piyasalarında sürdürülebilir büyüme ve istihdam olanakları sağlayabilirler. Bu durumda, politikalar sadece teknolojiye odaklanmakla kalmaz, aynı zamanda işgücünün bu teknolojilere uymasını sağlamalıdır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Makalenin tüm süreçlerinde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi'nin araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hareket edilmiştir.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Makalenin tamamı yazar tarafından kaleme alınmıştır.

Çıkar Beyanı

Yazarın herhangi bir kişi ya da kuruluş ile çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKÇA

- Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2018). *Artificial Intelligence, Automation and Work*. Cambridge: Nber Working Paper Series.
- Ayhan, F., & Elal, O. (2023). The Impact of Technological Change on Employment: Evidence from OECD Countries with Panel Data Analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 190, 2-11.
- Bayar, H. T., & Öztürk, M. (2021). Teknolojinin İstihdam Üzerine Etkisi: Var Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(2), 119-127.
- Bogliacino, F., Piva, M., & Vivarelli, M. (2014). Technology and Employment: The Job Creation Effect of Business R&D. *Rivista Internazionale di Scienze Sociali*, 3, 239-264.
- Bulut, E., & Yenipazarlı, A. (2020). Endüstri 4.0 ve Teknolojinin İstihdam Üzerindeki Etkisi, Panel Veri Analizi. *Pamukkale Journal of Eurasian Socioeconomic Studies*, 7(2), 15-35.
- Campa, R. (2018). Technological Unemployment: A Brief History of an Idea. *Orbis Idearum*, 6(2), 57-79.
- Cengiz, S., & Şahin, A. (2020). Teknolojik İlerlemenin İstihdam Yaratmadaki Rolü ve Önemi: Türkiye Örneği. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 45, 160-172.
- Coad, A., & Rao, R. (2011). The Firm-Level Employment Effects of Innovations in High-Tech US Manufacturing Industries. *Journal of Evolutionary Economics*, 21(2), 255-283.
- Feldmann, H. (2013). Technological Unemployment in Industrial Countries. *Journal of Evolutionary Economics*, 23, 1099-1126.
- Kancs, d., & Siliverstovs, B. (2020). Employment Effect of Innovation. *Empirical Economics*, 59, 1373-1391.
- Lachenmaier, S., & Rottmann, H. (2011). Effects of on Employment: A Dynamic Panel Analysis. *International Journal of Industrial Organization*, 29(2), 210-220.
- Malik, S., & Mitra, A. (2023). Technology, TFP and Employment: A Panel Data Analysis. *The Indian Journal of Labour Economics*, 66(1), 155-179.
- Naz, G., & Altay, B. (2023). Türkiye'de Teknolojik İlerlemenin İşsizliğe Etkisi. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*(11), 93-106.
- Nurillaev, K., & Hiwatari, M. (2024). Innovation and Employment Growth in Developing Countries: The Role of Market Structure. *Economics of Innovation and New Technology*, 1-19.
- OECD. (2024). *Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü*. <https://stats.oecd.org/>, Erişim Tarihi: 02.06.2024.

- Pede, V. O., Florax, R. J., de Groot, H. L., & Barboza, G. (2021). Technological Leadership and Sectorial Employment Growth: A Spatial Econometric Analysis for U. S. Counties. *Economic Notes Review of Banking, Finance and Monetary Economics*, 50(1), 1-19.
- Piva, M., & Vivarelli, M. (2004). Technological Change and Employment: Some Micro Evidence From Italy. *Applied Economics Letters*, 11(6), 373-376.
- Piva, M., & Vivarelli, M. (2017). *Is R&D Good for Employment? Microeconomic Evidence from the EU*. Institute of Labor Economics (IZA), Bonn: IZA Discussion Papers.
- Topcu, E. (2021). Teknolojik Gelişmenin İstihdam Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerine Sektörel Bir Analiz. *Neşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 11(2), 481-491.
- Uğur, B. (2023). Teknolojik Gelişmenin İstihdam Üzerindeki Etkisi: G-20 Örneği. *Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi*(11), 93-106.
- Vivarelli, M. (2015). *Innovation and Employment*. Institute for the Study of Labor (IZA), Bonn: IZA World of Labor.
- WDI(2024). *Dünya Bankası*. <https://databank.worldbank.org/indicator/BN.KLT.DINV.CD/1ff4a498/Popular-Indicators#> , Erişim Tarihi: 02.06.2024.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2020). *Panel Zaman Serileri Analizi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2021). *Panel Veri Ekonometrisi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Zhu, C., Qiu, Z., & Liu, F. (2021). Does Innovation Stimulate Employment? Evidence from China. *Economic Modelling*, 94, 1007-1017.