

## Teknoloji Ar-Ge işsizlik ilişkisinin ekonometrik analizi\*

Ayşe Dilek Yazar<sup>1</sup>

Funda Çondur<sup>2</sup>

### Özet

Teknolojinin kullanımı ve yeni teknolojiler her geçen gün artmaktadır. Teknolojinin ve araştırma geliştirme faaliyetlerinin gelişimi ekonomilerde işgücü piyasalarında da etkilere neden olmaktadır. İşgücü piyasasında ortaya çıkabilecek olumsuz etkileri en aza indirebilmek için ekonomi politikalarının teknolojik gelişmeleri de içeren çözümlere yer vermesi gerekmektedir. Bu öneme dayalı olarak teknolojinin ve Ar-Ge harcamalarının işsizlik üzerine etkisini belirlemek amaçlanmaktadır.

Çalışmada Türkiye’de Ar-Ge harcamalarının gayri safi yurtiçi hasıla içindeki payı ve gayrisafi yurtiçi hasıla bağımsız değişken olarak alınarak işsizlik üzerindeki ilişkisi incelenmiştir. 1990-2019 yılları arasında değerlendirilmektedir. Teknoloji, araştırma ve geliştirme işsizlik üzerine etkileri 1990-2019 dönemi ele alınarak ekonometrik analiz yapılarak incelenmiştir. Ar-Ge harcamaları ve işsizlik ilişkisini test etmek için Granger nedensellik analizi ve etki tepki analizi yapılmıştır. Granger nedensellik analizi ile kurulan VAR modeli ile Ar-Ge harcamaları ile işsizlik arasındaki nedensellik sınanmıştır. İşsizlikten Ar-Ge harcamalarına doğru %10 anlamlılık düzeyinde tek yönlü nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Teknoloji, Araştırma-Geliştirme, İşsizlik

**JEL Kodları:** O30, O33, E24

### Econometric analysis of technology R&D unemployment relationship

### Abstract

The use of technology and new technologies are increasing day by day. The development of technology and research and development activities also affect labor market in economies. In order to minimize the negative effects that may arise in the labor market, economic policies should include solutions that include technological developments. Based on this importance, it is aimed to determine the effect of technology and R&D expenditures on unemployment.

In the study, the share of R&D expenditures in gross domestic product and GDP itself’s relationship on unemployment were examined by taking the gross domestic product as independent variables. It evaluates the years 1990-2019. The effects of technology, research and development on unemployment were examined by making econometric analysis by considering the 1990-2019 period. Granger causality analysis and impulse response analysis were performed to test the relationship between R&D expenditures and unemployment. The causality between R&D expenditures and unemployment was tested with the VAR model established by Granger causality analysis. It was concluded that there is a one-way causality running from unemployment to R&D expenditures at the 10% significance level.


**Keywords:** Technology, Research and Development, Unemployment


**JEL Codes:** O30, O33, E24.

### 1. Giriş

21. yüzyılda teknoloji ve bilimde yaşanan gelişmelerin işgücü piyasasında önemli etkisi olmuştur. Otomasyon ile yapay zekanın yükselişi işgücü piyasasında değişimleri beraberinde getirmiştir. İşsizlik, birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomide büyük bir sorundur. Teknolojik değişimler de teknolojik işsizlik sorununu gündeme getirmekte kısa ve uzun dönemde işgücü piyasasında farklı etkilere neden olmaktadır

\* Bu çalışma, Ayşe Dilek Yazar tarafından Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı’nda Doç. Dr. Funda ÇONDUR danışmanlığında yürütülen “Ar-Ge Harcamalarının İşsizlik Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği” başlıklı Yüksek Lisans Tezi’nden türetilmiştir.

<sup>1</sup> İktisat Bilim Uzmanı, Aydın, Türkiye, dilekyazar3@gmail.com,  ORCID ID: 0000-0002-0407-8759

<sup>2</sup> Sorumlu Yazar, Doç. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İİBF, İktisat Bölümü, Nazilli, Aydın, Türkiye, fcondur@adu.edu.tr,  ORCID ID: 0000-0003-0570-4333

Teknoloji ve araştırma geliştirme (Ar-Ge)'nin işsizlik üzerindeki etkisi hem önemli hem de geniş kapsamlıdır. Teknoloji, ekonomik büyümenin önemli bir itici gücüdür. Teknolojinin kullanılmasının ve yaygınlaştırılmasının önemli bir aracı olan Ar-Ge, istihdam yaratabilecek yeni ve yenilikçi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca otomasyona ve işçilerin yerini makinelerin almasına yol açarak işsizliğe de neden olabilmektedir. Kısa dönemde yeni teknolojilerin kullanımı mevcut işçilerin işsiz kalmalarına ve işsizliğin artmasına neden olabilmektedir. Uzun dönemde ise Ar-Ge faaliyetleri ekonomileri daha verimli hale getirir, yeni ürün ve süreçlerin sayısını artırarak insanların daha fazla mal ve hizmet tüketmesini ve daha yüksek bir yaşam standardına sahip olmalarını mümkün kılar. Teknoloji ve Ar-Ge ile işletmelerde artan verimlilik ve karlar yatırım ve istihdam olanaklarını beraberinde getirmektedir.

Birçok işçi makinelerin kendi yerlerini alma riskiyle karşı karşıyadır. Bu, işgücü piyasasının geleceği ve kitlesel işsizlik konusunda endişeye yol açmaktadır. Önemli olan otomasyon tarafından yaratılan yeni işlerin sayısının, kaybedilen işleri dengelemek için yeterli olup olmayacağıdır. Sorunun çözümünde teknolojik değişimin hızı, insanların yeni beceriler edinme konusundaki istekliliği, eğitim politikaları, izlenen ekonomi politikaları önem taşımaktadır.

Teknoloji ve Ar-Ge'deki gelişmelerin işsizlik üzerine etkisi ve uzun dönemde istihdamı arttırmaya yönelik izlenecek politikalar oldukça önemlidir. Bu öneme dayalı olarak çalışmada öncelikle teorik yapı ortaya konulmuştur. Daha sonra Türkiye'de teknoloji, Ar-Ge ve işsizlik arasındaki ilişkiyi 1990-2019 döneminde test eden ekonometrik analize yer verilmiştir. Analiz sonuçlarına dayanılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. Teknoloji, Ar-Ge ve İşsizliğe İlişkin Kavramsal Çerçeve

Çalışmanın bu bölümünde teknoloji Ar-Ge ve işsizliğe ilişkin kavramsal çerçeve iki başlık altında ele alınmaktadır. Öncelikle iktisat teorisinde teknoloji kavramına ilişkin teorik açıklamalara yer verilmiştir. Daha sonra teknoloji Ar-Ge ve işsizlik arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır.

### 2.1. İktisat Teorisinde Teknoloji

Klasik iktisatta teknoloji dışsal bir faktör olarak görülüp, teknolojinin asıl amacının üretimin verimliliğini arttırmak olduğu savunulmaktadır. Ricardo döneminde teknolojik gelişme makine kullanımının artması, işçilerin yerine makinenin gelmesi anlamı taşımaktaydı. Teknolojik gelişmelerle birlikte verimlilik artacak ve buna bağlı olarak ihracat ve ticaret artacak aynı zamanda ülkenin ekonomik büyümesi de sağlanacaktı. Fakat bu gelişmeler olurken işsizliğin artmasıyla ülkenin ekonomik büyümesi de ister istemez olumsuzluklar yaşayabilecektir (Özdoğan, 2006: 14). Karl Marx, teknolojik gelişme ve bunun sonucunda ortaya çıkan makineleşmenin kapitalist sistemin işçileri sömürmesi için en temel araçlar olduğunu iddia etmiştir (Turanlı & Sarıdoğan, 2010). Keynesyenler bütün odağını işsizlik ve eksik üretimin üstünde toplamışlardır. Bundan dolayı da teknoloji ve teknolojik gelişim Keynesyen modelde yoktur (Fisunoğlu & Köksel, 2009: 35).

Schumpeter ekonomik büyüme ile birlikte ekonomik dalgalanmaları da teknoloji ve teknolojik gelişmelere bağlamıştır (Skousen, 2011: 201). Ar-Ge tanımı yapılırken kullanılan icat, yenilik ve yayılma kavramlarını Schumpeter teknolojik gelişme ve değişimin birleşimi olarak belirtmektedir. 1960'lı yılların sonuna doğru teknolojinin ilerlemesiyle, ekonominin destekleyici gücü teknoloji olmuştur. Bu durumda klasik iktisatçıların dışsal olarak gördüğü teknoloji terimi işsel bir faktör olarak değerlendirilmeye başlanmıştır (Günaydın, 2009: 354).

Schumpeter, yeniliği yaratıcı yıkım kavramını kullanarak açıklamıştır. Yeniliğin başlamasının en etkili sebebi yaratıcılık kavramıdır. Yaratma sayesinde yeni ürün, fikir ve hizmetler ortaya çıkmaktadır. Yeni ürünleri üretmek için gerekli olan üretim olanakları içinde yeni üretim teknolojilerinin bulunması gerekmektedir. Bu, üretim verimliliğinin sağlanması anlamını taşımaktadır. Üretim verimliliği sağlandığında ürün fiyatları düşecek talep artacaktır. Bunların sonucu olarak inovasyon sayesinde ekonomik büyüme ortaya çıkacaktır (Yücel, 2001: 156).

David Ricardo 19. yüzyılın başlarında, teknoloji geliştikçe emek talebinin azalacağını ve daha yüksek işsizliğe yol açacağını belirtmiştir. Teknolojik işsizlik kavramı 1930'lu yıllarda Joseph Schumpeter tarafından, ele alınmış ve teknoloji odaklı inovasyonun işçilerin yerinden edilmesine ve işsizliğe yol açacağı belirtilmiştir Keynes ise makinelerin insanların işini yapmasının yolunun açılmasını yeni bir ekonomi sorun olarak belirtmiştir. Bu süreçte artan talep ile birlikte yeni işlerin ortaya çıkacağını ve teknolojik işsizliğin geçici olduğunu öngörmüştür. Diğer yandan bazı ekonomistler ise makinelerin, yapay zekanın, robotların yaygın olarak kullanılması sonucunda işçilerin iş kayıplarının arttığını, teknolojik işsizliğin ekonomide kalıcı bir özelliği sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Solow, teknolojiyi dışsal bir faktör olarak kabul etmiş ve büyümenin sonucu olarak görmüştür. Solow'un üretim fonksiyonunun yukarı kaymasını sağlayan sebep teknolojidir. Teknolojinin cenneten düşen meyve olarak tanımlandığı Solow modelinde teknolojik ilerleme hızı sabit dışsal bir faktör olarak yer almaktadır. Bu nedenle üretimde verimliliğin nedenini de kesin bir yargı olarak açıklayamamaktadır. Teknolojik ilerlemenin daha hızlı olduğu ülkeler daha hızlı büyümektedir.

Romer, içsel büyüme kuramını Ar-Ge faaliyetlerinin üzerine inşa ederek uzun dönemli büyümenin itici gücü olarak teknolojik yenilikler ve değişikliklerin olduğunu ifade etmektedir. Ar-Ge faaliyetleri ve ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişki olduğunu ifade etmektedir (Söylemez, 2004: 75). Plosser'e göre reel şokların nedeni ekonomideki dalgalanmalar ve istikrarsızlıklardır. Ekonominin kendi düzeni içinde olan dalgalanmaları teknoloji ve teknolojik gelişmelerin ortaya çıkardığını belirtmektedir (Bocutoğlu, 2012: 125).

1990'lı yıllarda teknolojinin öneminin hızla artmasıyla ekonomik büyüme ve teknoloji arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar artmıştır. Aghion-Howitt ve Grossman-Helpman içsel büyüme teorisinde Ar-Ge'nin dikkat çekici bir unsur olduğunu göstermektedirler. Aghion-Howitt'e göre yenilikler kendiliğinden rastgele bir şekilde ortaya çıkmamaktadır. Yenilikleri Ar-Ge faaliyetlerinin ve çabalarının bir sonucu olarak göstermektedirler. Bu nedenle araştırma geliştirme sektöründeki araştırma geliştirme faaliyeti inovasyonun kaynağıdır. Aghion ve Howitt kurmuş oldukları modelde araştırma geliştirme faaliyetlerinin olumlu bir dışsallık yaratarak ulusların ekonomik büyümelerini sağladığını belirtmişlerdir (Bimber, 1990: 341). Grossman ve Helpman tarafından ortaya atılan model Schumpeter'in içsel büyüme modeline dayanmaktadır. Bu modelde Ar-Ge sayesinde yeni ürünler ve teknolojiler geliştirilerek, ürün sayısı ve çeşitliliği arttırılmaktadır. Böylece ekonomik büyüme gerçekleşmektedir.

## 2.2. Teknoloji Ar-Ge ve İşsizlik

Teknoloji ve Ar-Ge, ekonomi teorisinde önemli faktörlerdir. Teknolojik değişim, ekonomik büyümenin önemli bir kaynağıdır. Teknoloji, ekonomik hedeflere ulaşmak için bilginin uygulanması anlamına gelir. Verimliliği arttırmak için makinelerin, aletlerin ve diğer ekipmanların geliştirilmesini ve kullanılmasını içerir. Teknoloji aynı zamanda yeni bilgi yaratma ve ekonomik performansı iyileştirmek için kullanma süreci olarak da görülebilir. Bu süreç genellikle yeni ürünler veya hizmetler yaratmak için araştırma ve geliştirmeyi içerir. Ar-Ge, teknoloji sürecinin kritik bir bileşenidir. Yeni ürün ve hizmetler geliştirmenin ve mevcut olanları iyileştirmenin anahtarıdır. Ar-Ge, teknolojik değişimin hızına ayak uydurmak için de gereklidir Ar-Ge yatırımları ekonomide olumlu yayılmalar yaratabilecek artan üretkenlik ve rekabet gücüne yol açabilecektir.

Teknoloji ve Ar-Ge ekonomik büyümeye ve refaha önemli bir katkı sağlamaktadır. Teknoloji ve Ar-Ge'nin faydaları ekonominin birçok alanında görülebilir. Yeni teknolojiler daha verimli ve daha az girdi gerektiren yeni veya geliştirilmiş ürünlere yol açabilir veya daha verimli yeni üretim yöntemlerine olanak sağlayabilir (Rodriguez Pose, 2001: 275).

Teknoloji ve Ar-Ge'nin ekonomi üzerinde olumsuz etkileri de olabilir. Örneğin, işçilerin yerini makineler aldığından yeni teknolojiler işsizliğe yol açabilir. Ar-Ge, yeni ürün veya hizmetlerden yararlanabilenler, yararlanamayanlardan daha iyi durumda olabileceğinden, eşitsizliğin artmasına da yol açabilir. Firmalar, rekabet avantajı elde etmek, rekabete ayak uydurmak veya müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılamak gibi çeşitli nedenlerle Ar-Ge yatırımlarında bulunurlar. Teknoloji ve Ar-Ge, firmaların

piyasa başarısızlıklarının üstesinden gelmelerine de yardımcı olmaktadır. Örneğin, bir mal veya hizmetin üretimiyle ilişkili dışsallıklar varsa, pozitif yayımları içselleştirmek için özel teşviklerin olmaması nedeniyle firmalar Ar-Ge'ye yetersiz yatırım yapabilir. Vergi teşvikleri veya sübvansiyonlar gibi hükümet politikaları bu piyasa başarısızlığının düzeltilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Ar-Ge ve işsizlik arasındaki ilişki hakkında tartışmalar vardır. Bazı ekonomistler, Ar-Ge'nin daha yüksek üretkenliğe ve dolayısıyla daha yüksek ücretlere yol açtığı için daha yüksek işsizliğe neden olduğunu belirtmektedirler. Bazı ekonomistler ise Ar-Ge'nin yeni işler yaratan yeni ürünler ve endüstrilere yol açtığı için işsizliği azalttığı görüşüne sahiptirler.

Ar-Ge ve işsizlik arasındaki ilişki hakkındaki görüşler ekonomi politikası üzerinde etkileri açısından önemlidir (Nagel, 2015: 64). Teknoloji ve Ar-Ge, ekonomi politikasını oluştururken dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Hükümetler, vergiler, sübvansiyonlar ve düzenlemeler gibi çeşitli politikalar yoluyla teknoloji ve Ar-Ge'yi teşvik edebilir veya etmeyebilirler. Ar-Ge daha yüksek işsizliğe neden oluyorsa Ar-Ge'yi teşvik eden politikaların iş yaratma etkisi düşük olacaktır. Ar-Ge işsizliği azaltmayı sağlıyorsa, bu durumda Ar-Ge'yi teşvik eden politikalar iş yaratmada daha etkili olacaktır.

Teknolojik işsizlik, teknolojik değişimin neden olduğu bir işsizlik biçimidir. Yeni teknoloji veya otomasyonun bir sonucu olarak işçiler işten çıkarıldığında ortaya çıkar. Teknolojik işsizlik kavramı, yapısal işsizlik kavramıyla yakından ilişkilidir. Yapısal işsizlik, çalışanların becerileri ile mevcut işler için gerekli beceriler arasında bir uyumsuzluk olduğunda ortaya çıkar. Teknolojik işsizlik, mevcut işler için gerekli becerilerin teknolojik yenilik nedeniyle sürekli değiştiği belirli bir yapısal işsizlik türü olarak görülebilir.

Geçmişte, çoğu zaman yeni bir teknolojinin tam olarak benimsenmesi ve iş kayıplarının tüm etkilerinin hissedilmesi uzun yıllar almaktaydı. Ancak günümüzde yeni teknolojilerin çok daha hızlı benimsenmesi ve iş kayıplarının etkileri çok daha erken hissedilmektedir. Teknolojik işsizlik ekonomi politikaları üzerinde etkilidir. Teknoloji, işsizliğin artmasına neden oluyorsa, teknolojik yeniliği teşvik etmeye çalışan politikalar aslında ters etki yapabilir. Öte yandan, teknolojik işsizlik geçici bir etkiyse, teknolojik yeniliği teşvik etmeye çalışan politikalar uzun vadede faydalı olabilir.

Hızlı teknolojik değişim dönemlerinde genellikle ekonomik sorunlar ve yüksek işsizlik oranları yaşanabileceği gibi ekonomik büyüme de olabilir. Bir yandan, mevcut otomasyon dönemi, küresel ekonominin artan eşitsizlik, durağan ücretler ve yavaşlayan verimlilik artışı gibi önemli zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu, ekonominin büyük ölçekli iş kayıplarının önüne geçmesini zorlaştırabilir. Öte yandan, mevcut otomasyon döneminde teknoloji sektöründe pek çok yenilik gerçekleşmektedir. Bu durum otomasyonun neden olduğu kayıpları dengeleyerek yeni endüstrilerin ve işlerin yaratılmasına yol açabilmektedir.

Kurumsal kaynak planlaması ve üretim yürütme sistemi gibi otomasyon ve bilgi sistemlerinin kullanılması işgücü piyasasında verimliliğin büyük ölçüde artmasını sağlamıştır (Çelik, 2019: 416). Sonuç olarak, otomasyon çağında işin geleceği, teknolojik değişimin hızı, insanların uyum sağlama istekliliği ve ekonominin genel yapısı, makroekonomik değişkenlerdeki gelişmeler gibi faktörlere bağlı olacaktır.

### 3. Teknoloji Ar-Ge ve İşsizlik İlişisini Analiz Eden Çalışmalar

Teknolojik değişimin istihdam üzerindeki etkisi, ekonomik araştırmaların temel ilgi alanlarından biri olmuştur. Teknoloji Ar-Ge ve işsizlik arasındaki ilişki üzerine yapılmış çok sayıda araştırma vardır. Bazı araştırmalar teknoloji Ar-Ge ve işsizlik arasında pozitif bir ilişki olduğunu, bazı çalışmalar ise negatif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarda kısa ve uzun dönem etkilerinin farklı olduğu sonuçlarına da ulaşılmıştır.

Teknoloji, Ar-Ge ile işsizlik arasında pozitif bir ilişki saptayan araştırmalar Ar-Ge'nin yeni teknolojilerin geliştirilmesine yol açabileceğini ve bunun da daha sonra artan üretkenliğe ve ekonomik büyümeye yol açabileceğini bulmuştur. Bununla birlikte, bu artan üretkenlik ve ekonomik büyüme, daha sonra otomasyonun artmasına ve çalışanların makinelerle ikame edilmesine yol açabilir. Bu durum yüksek

işsizlik oranlarını beraberinde getirmektedir. (Acemoğlu & Zilibotti, 1997; Aghion vd., 2005; Autor vd., 2013; Stiglitz, 2014; Göktürk, 2015; Agovino vd., 2018; Krousie, 2018).

Teknoloji Ar-Ge ve işsizlik arasında negatif bir ilişki olduğunu belirten araştırmalara göre ise, Ar-Ge'nin artan üretkenlik ve ekonomik büyümeyle, yeni işler ve artan istihdam fırsatlarını sunmakta ve işsizlik oranlarını azaltmaktadır. (Aghion & Howitt, 1992; Acemoğlu & Zilibotti, 1997; Acemoğlu, 1998; Ernst, 2001; Aghion vd., 2005; Bogliacino & Vivarelli, 2012; Autor vd., 2013; Aguilera & Barrera, 2016).

Amerika Birleşik Devletleri ekonomisine ilişkin araştırmalar, 1980'li yıllarda üretimin otomasyon gibi teknolojik değişim nedeniyle işgücü iş kayıplarına uğrasa da, bu kayıplar sağlık ve sağlık gibi diğer sektörlerdeki işçilere olan talepteki artışlarla dengelendiğini göstermiştir. Benzer şekilde, Birleşik Krallık ve Japonya gibi diğer gelişmiş ekonomilerin çalışmaları da teknolojik değişimin istihdam üzerindeki etkisinin küçük olduğunu ve genel işsizlikte artışa yol açmadığını bulmuştur (Machin & Reenen, 1998).

Dünya Bankası yapılan bir araştırma, bir ülkenin teknoloji Ar-Ge'sine yaptığı yatırımdaki her yüzde 10'luk artış için, işsizlikte yüzde 1,5'lik bir düşüş olduğunu buldu (World Bank Group, 2016). Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından yapılan bir araştırma, Ar-Ge yatırımdaki yüzde 1'lik bir artışın işsizlikte yüzde 0,6'lık bir azalmaya yol açtığını belirtmektedir. Avrupa Komisyonu tarafından yapılan bir araştırma, Ar-Ge yatırımdaki yüzde 1'lik bir artışın işsizlikte yüzde 0,5'lik bir azalmaya yol açtığını belirtmiştir. Ayrıca teknoloji ve Ar-Ge'nin hem iş yaratmaya hem de iş yıkımına yol açabileceğini ortaya koymuştur. Kısa vadede, teknoloji Ar-Ge'si, yeni teknolojilerin benimsenmesi ve eski teknolojilerin modasının geçmesi nedeniyle iş kayıplarına yol açabilir. Bununla birlikte, uzun vadede, teknoloji ve Ar-Ge, yeni endüstriler ve sektörler yaratıldıkça istihdamı arttırmaktadır (Pellens vd., 2018).

Matuzeviciute vd. (2017) çalışmalarında işsizliği bağımlı değişken olarak belirlemişlerdir. 25 Avrupa ülkesini temel alarak 2000-2012 dönemini kapsayan çalışmalarında panel veri analizi yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda Ar-Ge harcamalarının işsizliği etkilemediğini saptamışlardır.

Gerçeker vd. (2019) çalışmalarında Ar-Ge ve işsizlik arasındaki ilişkiyi panel Granger nedenselliği kullanarak G7 ülkeleri için 1990-2016 dönemine ait yıllık verilerle incelemiştir. Çalışmalarının sonucunda Almanya, Fransa, Japonya, İtalya'da Ar-Ge ve İşsizlik arasında karşılıklı bir nedensellik bulunduğunu, Kanada ve ABD'de ise Ar-Ge ve işsizlik arasında tek yönlü bir nedensellik olduğunu belirtmişlerdir.

Eygü ve Demir, (2021) çalışmalarında valotilite endeksi ile Ar-Ge harcamalarına ayrılan pay, sanayi üretim endeksi ve işsizlik arasındaki ilişkileri Granger nedensellik analizi ile analiz etmiş olup, valotilite, Ar-Ge, Sanayi ve işsizlik oranları arasında istatistiki olarak anlamlı bir nedensellik sonucuna ulaştığı görülmektedir.

Genel olarak, literatürden elde edilen çalışma sonuçları teknoloji ve Ar-Ge'nin kısa vadede yeni teknolojiler benimsendikçe iş kayıplarına neden olduğunu, uzun vadede yeni endüstriler ve sektörlerin oluşumunu ile işsizlik oranlarının azaldığını ve istihdamın arttığını ortaya koymaktadır.

#### 4. Ekonometrik Analiz

Çalışmanın analiz bölümünde öncelikle veri seti ve yöntem belirtilerek çalışmaya ait elde edilen sonuçlar verilmiştir.

##### 4.1. Veri Seti ve Yöntem

Ar-Ge harcamaları ve işsizlik ilişkisinin analiz edilmesi için modele GSYH (Gayrisafi Yurtiçi Hasıla)'da eklenerek bir denklem kurularak çoklu regresyon modeli kullanılmıştır. Bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki analiz edilmiş olup, serilerin durağanlığını test etmek için ADF (Augmented Dickey–Fuller) ve PP (Phillips–Perron) birim kök testleri uygulanmıştır. Belirtilen testlerle seri durağan hale getirildikten sonra seriler arasındaki nedenselliği test etmek için Granger nedensellik analizi ardından etki tepki analizi yapılmıştır.

$$\text{Model, } Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + u_t \quad (1)$$

Yukarıda gösterilen modelde Y değişkeni modelin bağımlı değişkeni X1 ve X2 ise modelin bağımsız değişkenlerini temsil etmektedir. Modelde yer alan  $\beta$  bağımsız değişkenlerin katsayılarını ifade ederken  $\beta_0$  ise modelin sabit terimini  $u_t$  modelin hata terimini göstermektedir.

Türkiye'ye ilişkin yapılan çalışmada Ar-Ge harcamaları, işsizlik ve Gayrisafi Yurtiçi Hasıla yıllık veri seti kullanılmıştır. Ar-Ge harcamaları için Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı, GSYH için ABD milyon dolar türünden veri seti kullanılmıştır. İşsizlik veri seti Dünya Bankası, Ar-Ge harcamaları ve Gayrisafi Yurtiçi Hasıla verisi ise OECD veri tabanından temin edilmiştir. Veriler yıllık bazda kullanılmış olup 1990-2019 dönemini kapsamaktadır.

Ar-Ge harcamalarının işsizlik üzerine etkisini analiz etmek için kurulan model aşağıdaki gibidir.

$$UNP_t = \beta_0 + \beta_1 RD_t + \beta_2 GDP_t + u_t \quad (2)$$

$$UNP = \text{İşsizlik}$$

$$RD = \text{Ar-Ge Harcamaları}$$

$$GDP = \text{Gayrisafi Yurtiçi Hasıla}$$

Çalışmada öncelikle serilerin birim kök içerip içermediği test etmek için serilere ADF (Augmented Dickey-Fuller) birim kök testi uygulanmıştır. Zaman serisi durağan olmayan bir değişkene sahipse birim kök vardır. Eğer değişken durağan değilse rastgele bir politika değişikliği ya da şokun değişkeni kalıcı bir şekilde etkisi olmaktadır (Gövdeli, 2016: 228). Çalışmada kullanılacak serilerin birim kök içerip içermediğini test edip durağanlaştırmak için Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Philips ve Perron (PP) testleri yapılmıştır.

Augmented Dickey Fuller testi için üç model aşağıdaki gibidir;

$$\text{- Sabit terimsiz ve trendsiz model: } \Delta Y_t = Y_{t-1} + u_t \quad (3)$$

$$\text{- Sabit terimli model: } = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

$$\text{- Sabit terim ve trend içeren model: } \Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

Seriye durağan hale getirmek için fark alma yöntemi kullanılır. Fark alma yöntemiyle seri ortalaması ve varyansı sabit biçime dönüştürülmüş olmaktadır. Dolayısıyla bu seri trendi yok edilmiş olan durağan bir seri haline getirilmiş olur. Aşağıda modellenen durağan seri modelindeki  $\delta$  durağanlığı,  $\Delta$  farkı ve m gecikme uzunluğunu ifade etmektedir.

$$\text{- Durağanlaştırılmış Model: } \Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-1} + u_t \quad (6)$$

ADF testinin ya da kısaca Dickey Fuller (DF) test istatistikleri Mackinnon kritik değerleri karşılaştırılarak testin ilk aşaması olan hipotezler oluşturulmaktadır. DF birim kök testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir.

$$\text{- } H_0 : \delta \leq 0, \text{ birim kök vardır ve seri durağan değildir.} \quad (7)$$

$$\text{- } H_1 : \delta > 0, \text{ birim kök yoktur ve seri durağandır.} \quad (8)$$

Çalışmada 1990-2019 yılı verileri kullanılarak işsizliğin bağımlı değişken, Ar-Ge harcamaları ve GSYH'nın bağımsız değişken olduğu etki tepki ve Granger nedensellik analizi yapılmıştır.

## 4.2. Analiz Sonuçları

Granger Nedensellik Analizi yapabilmek için tahmin edilen modeldeki tüm değişkenlerin aynı dereceden durağan olması gerekmektedir. Çalışmada serileri durağanlaştırmak için ADF ve PP birim kök testi analiz sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** ADF birim kök testi ve PP birim kök testi sonuçları

Değişkenler	DÜZEY		BİRİNCİ FARK( $\Delta$ )	
	ADF	PP	ADF	PP
<b>SABİTLİ (INTERCEPT)</b>				
<b>LOGUNP</b>	1.275807 (0.6229)	1.167993 (0.6743)	4.257763*** (0.0025)	4.493492*** (0.0014)
<b>LOGRD</b>	1.833641 (0.3332)	1.295186 (0.6180)	5.589910*** (0.0002)	7.484979*** (0.0000)
<b>LOGGDP</b>	1.055661 (0.7192)	1.050140 (0.7213)	5.623457*** (0.0001)	5.623457*** (0.0001)
<b>TRENDLİ VE SABİTLİ (TREND AND INTERCEPT)</b>				
<b>LOGUNP</b>	2.2292587 (0.4245)	1.894979 (0.6313)	4.248168*** (0.00119)	5.614721*** (0.0005)
<b>LOGRD</b>	0.278585 (0.9970)	3.658333** (0.0420)	6.363869*** (0.0002)	7.333737*** (0.0000)
<b>LOGGDP</b>	1.353736 (0.8532)	1.482860 (0.8123)	5.660150*** (0.0004)	5.660202*** (0.0004)
<b>TRENDSİZ VE SABİTSİZ (NONE)</b>				
<b>LOGUNP</b>	0.687437 (0.8586)	1.783770 (0.9794)	4.254688*** (0.0001)	4.084744*** (0.0002)
<b>LOGRD</b>	2.627171** (0.0105)	3.535549*** (0.0010)	3.227113*** (0.0023)	6.357966*** (0.0000)
<b>LOGGDP</b>	1.834600 (0.9815)	1.931416 (0.9849)	5.046712*** (0.0000)	5.106102*** (0.0000)

NOT: Tabloda yer alan  $\Delta$  işareti birinci dereceden farkı alınarak durağanlaşan serileri, değerlerin yanında yer alan \* işareti ise uygulanan test sonucunda serinin durağan hale geldiğini ifade etmektedir. Tabloda yer alan birim kök testleri %1, %5, %10 kritik değerler göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. \*\*\* işareti %1’de anlamlı olduğu, \*\* işareti %5te anlamlı ve \* işareti %10’da anlamlı olduğu durumu ifade etmek için kullanılmıştır.

Tablo 1’e göre ADF birim kök testinde Schwarz Info Criterion (SIC), PP birim kök testinde Newey-West Bandwidth kriteri kullanılmıştır. ADF ve PP birim kök testi istatistiği sonucunun mutlak değeri kritik değerlerin mutlak değerinden büyükse ya da başka bir deyişle ADF ve PP birim kök istatistik sonucu kritik değerlerden daha küçük ise  $H_0$  hipotezi reddedilir. Bu seride birim kök vardır ve seri durağan değildir anlamına gelmektedir.  $H_1$  hipotezi kabul edilir yani birim kök yoktur ve seri durağandır anlamına gelmektedir.

Vektör otoregresif model ile analiz yapılabilmesi için bazı ön hazırlık aşamalarının tamamlanması gerekmektedir. İlk aşama da serilerin durağan olup olmadığı kontrol edilir. Seriler durağan hale getirildikten sonra tahmin edilecek model için uygun gecikme uzunluğu belirlenir.

**Tablo 2.** Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	54.23446	NA*	3.90e-06*	-3.941112*	-3.795947*	-3.899310*
1	59.22210	8.440612	5.35e-06	-3.632469	-3.051809	-3.465260
2	67.29275	11.79557	5.94e-06	-3.560981	-2.544826	-3.268365
3	75.08426	9.589550	7.09e-06	-3.468020	-2.016370	-3.049997

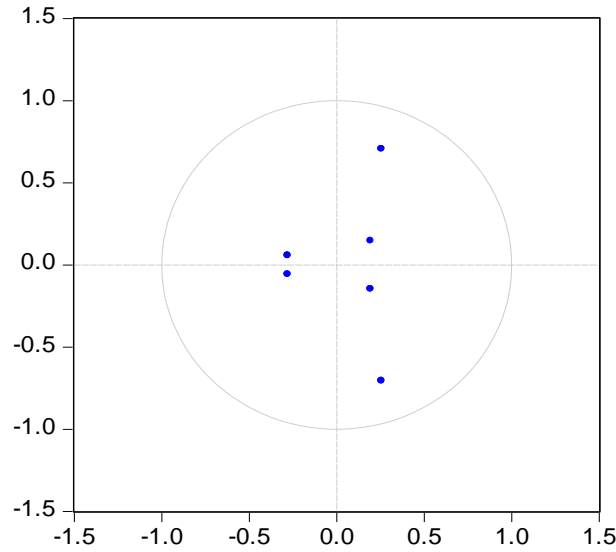
\* kriterlerine göre seçilen gecikme uzunluğun u gösterir

LR: sıralı değiştirilmiş LR test istatistiği (her test %5 düzeyinde)

FPE: Son tahmin hatası

AIC: Akaike bilgi kriteri

Akaike (AIC) ve Schwarz (SC) bilgi kriterlerine göre gecikme sayısına karar verilmiş olup VAR modeli ile belirlenen optimal gecikme uzunluğu Tablo 2’de görüldüğü üzere değişkenlerin 0 (sıfır) gecikmede en küçük değerleri aldığı görülmektedir. Bu nedenle uygun gecikme uzunluğu VAR(0) modeli seçilmiştir. Tutarlı bir analiz yapabilmek için modelin istikrar koşulunu sağlaması, otokorelasyon sorunu ve değişen varyans sorununun olmaması gerekmektedir. Bu koşullardan sadece biri bile sağlanmadığında uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi tutarlı bir model kurmak için yeterli olmayacaktır. Uygun gecikme uzunluğu seçilen değişkenlerin istikrar koşulunu sağlayıp sağlamadığını incelemek için istikrar koşulu testi yapılmış olup Şekil 1’de gösterildiği üzere birim çember grafiğine bakılmış olup istikrar koşulunu sağladığı görülmektedir. İstikrar koşulunun sağlanması için tüm noktaların birim çember içerisinde kalması gerektiği gibi aynı zamanda mutlak değerce 1’den küçük olması gerekmektedir.

**Şekil 1.** VAR İstikrar Koşulu Birim Çember Grafiği

İstikrar koşulu sağlandıktan sonra modelde otokorelasyon sorunu olup olmadığını test etmek gerekmektedir. Otokorelasyon sorunu olup olmadığını görmek için LM testi yapmak gerekmektedir. LM testi sonuçları Tablo 3’te gösterilmektedir.

**Tablo 3.** Otokorelasyon LM test sonuçları

Gecikme	LM İstatistiği	Olasılık
1	0.3426	0.3063
2	0.0760	0.0607
3	0.1322	0.1039

Tablo 3’teki olasılık değerleri incelendiğinde her bir gecikme değerinin 0.05’ten büyük olduğu ve otokorelasyon sorununun olmadığı görülmektedir.



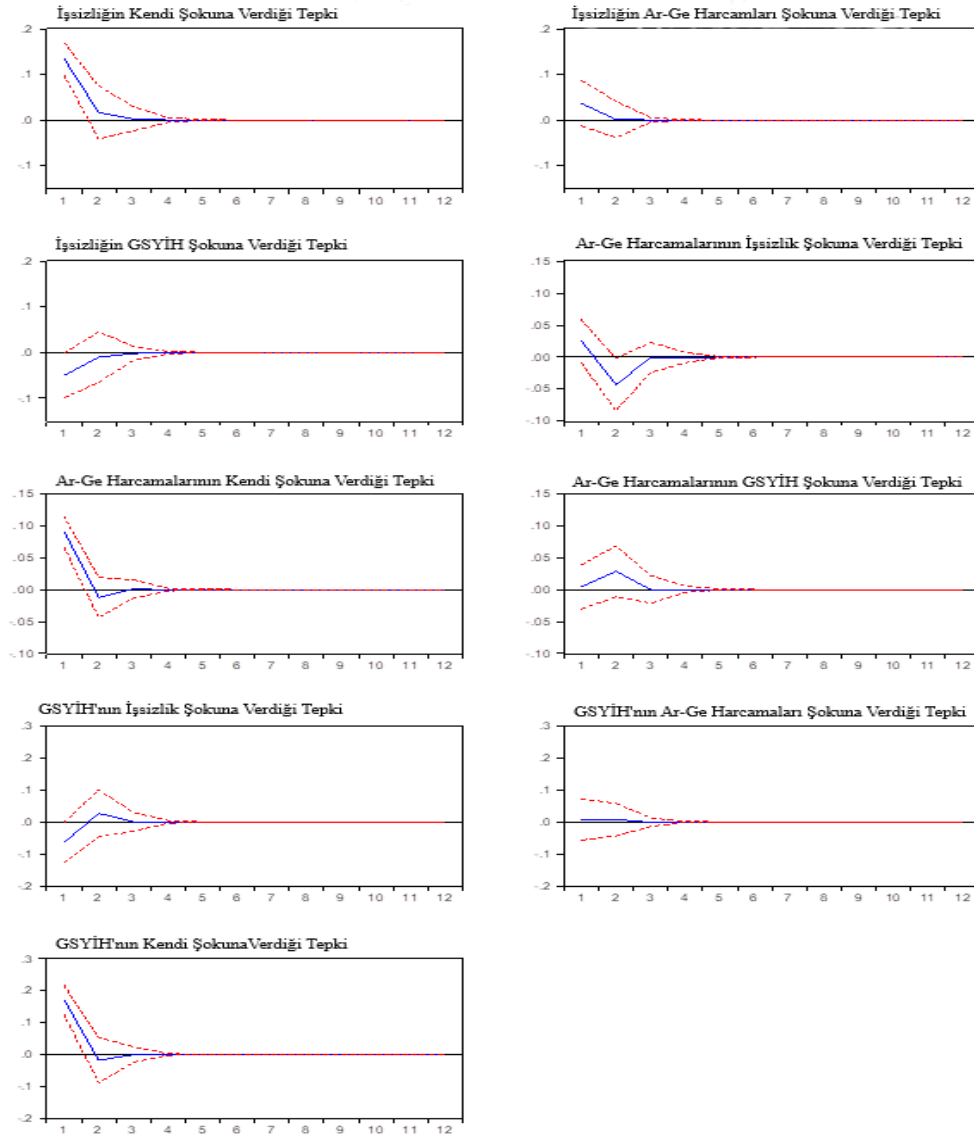
Kurulan VAR modelinin yapısal bir sorunu olup olmadığını test etmek için Değişen Varyans White testi yapılmıştır. Tablo 4'te Değişen Varyans White testi sonuçları verilmiştir.

**Tablo 4.** Değişen varyans (white) testi sonuçları

Ki-kare	Df	Olasılık
0.8871	30	0.9142

Tablo 4 sonuçlarına göre değişen varyans sorununun olmadığı yani yapısal bir sorun olmadığı görülmektedir. Başka bir ifadeyle hata terimlerinin varyansının modeldeki tüm gözlem değerleri için aynı yani eşit olduğunu söylenebilmektedir. Test sonucu incelendiğinde olasılık değerinin 0.05'ten büyük olduğu görülmektedir. Bu değerle de değişen varyans olmadığı görülmektedir. Değişen Varyans White Testi sonucuna göre tahmin edilen VAR modelinde değişen varyans sorunu yoktur.

Etki-tepki fonksiyonları kurulan VAR modeli ile birlikte bir değişkene uygulanan şokun diğer değişkenler tarafından ne kadarlık bir etkisi olduğunu belirleyebilmektedir. Aynı zamanda bu etkinin süre bakımından ne kadar sürdüğü ne kadarlık bir etki yarattığı görülebilmektedir. Bunlara bağlı olarak iktisadi olarak yorumlanabilme olanağını sağlamaktadır. Şekil 3'te VAR modelinde yer alan değişkenlere ait etki-tepki grafikleri gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Etki-Tepki grafikleri

Şekil 2’de görüldüğü üzere işsizlik değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok kendisini ilk dört dönem pozitif etkilemektedir ve uzun dönemde bu etki azalarak durağanlaşmıştır. İşsizlik değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok Ar-Ge harcamaları değişkenini iki dönem pozitif etkilemektedir ve uzun dönemde bu etki azalarak durağanlaşmıştır. İşsizlik değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok GSYH değişkenini üç dönem pozitif etkilemektedir ve uzun dönemde bu etki azalarak durağanlaşmıştır.

Ar-Ge harcamaları değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok işsizlik değişkenini ilk iki dönem negatif etkilerken seyreden bir dönem pozitif etkilemektedir ve sonraki iki dönem bu etki azalarak durağanlaşmıştır. Ar-Ge harcamaları değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok kendisini ilk iki dönem pozitif etkilerken seyreden bir dönem negatif etkilemektedir ve uzun dönemde bu etki azalarak durağanlaşmıştır. Ar-Ge harcamaları değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok GSYH değişkenini ilk iki dönem negatif etkilemektedir, seyreden bir dönem pozitif etkilemektedir ve uzun dönemde bu etki azalarak durağanlaşmıştır.

GSYH değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok işsizlik değişkenini ilk iki dönem negatif etkileyip seyreden bir dönem pozitif etkilemektedir ve uzun dönemde bu etki azalarak durağanlaşmıştır. GSYH değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok Ar-Ge harcamaları değişkenini iki dönem pozitif etkilemektedir ve uzun dönemde bu etki azalarak durağanlaşmıştır. İlgili grafik incelendiğinde diğer şoklara göre daha az etkili olduğu görülmektedir. GSYH değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok kendisini ilk üç dönem pozitif etkilemiştir ve uzun dönemde bu etki azalarak durağanlaşmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde Etki-Tepki grafikleri anlamlıdır ancak değişkenlerin kendileri dışındaki değişkenlere verilen bir standart sapmalılık şokun kısa dönemde etkisi kaybolup durağanlaşmaktadır. Değişkenlerin kendilerine verilen bir standart sapmalılık şok diğer değişkenlere oranla daha uzun dönemle etkileyerek durağanlaşmaktadır. İşsizlik değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok en çok kendisini ve GSYH değişkenini etkilemektedir. Ar-Ge harcamaları değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok en çok kendisini etkilemektedir. Son olarak GSYH değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok en çok kendisini etkilemektedir.

Etki tepki analizi değişkende oluşan değişimlerin zamanını, hacmini ve yönünü belirlerken, varyans ayrıştırması yapılmıştır. Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7’de varyans ayrıştırması sonuçları verilmiştir.

**Tablo 5.** İşsizlik için varyans ayrıştırması sonuçları

Dönem	S.E	DLNUNP	DLNRD	DLNGDP
1	0.134619	100.0000	0.000000	0.000000
2	0.135759	99.86434	0.069167	0.066489
3	0.135793	99.86080	0.070068	0.069134
4	0.135793	99.86074	0.070094	0.069166
5	0.135793	99.86074	0.070095	0.069167
6	0.135793	99.86074	0.070095	0.069167
7	0.135793	99.86074	0.070095	0.069167
8	0.135793	99.86074	0.070095	0.069167
9	0.135793	99.86074	0.070095	0.069167
10	0.135793	99.86074	0.070095	0.069167
11	0.135793	99.86074	0.070095	0.069167
12	0.135793	99.86074	0.070095	0.069167

Tablo 5’e göre birinci dönemde işsizlikte ortaya çıkan değişimin %100’ü kendisinden kaynaklanmaktadır. İkinci dönemde işsizlikte ortaya çıkan değişimin %99.86’sı kendisinden, %0.069’u Ar-Ge harcamalarından, %0.066’sı GSYH’dan kaynaklanmaktadır. Üçüncü dönemden on ikinci döneme kadar işsizlikte ortaya çıkan değişimin %99.86’sı kendisinden, %0.070’i Ar-Ge harcamalarından, %0.069’u GSYH’dan kaynaklanmaktadır.

Tablo 6’da Ar-Ge harcamaları için varyans ayrıştırması sonuçları verilmiştir.

**Tablo 6.** Ar-ge harcamaları için varyans ayrıştırması sonuçları

Dönem	S.E.	DLNUNP	DLNRD	DLNGDP
1	0.090883	7.458448	92.54155	0.000000
2	0.101402	23.75373	74.34216	1.904108
3	0.101409	23.75418	74.34095	1.904869
4	0.101412	23.75781	74.33697	1.905222
5	0.101412	23.75781	74.33696	1.905222
6	0.101412	23.75781	74.33696	1.905222
7	0.101412	23.75781	74.33696	1.905222
8	0.101412	23.75781	74.33696	1.905222
9	0.101412	23.75781	74.33696	1.905222
10	0.101412	23.75781	74.33696	1.905222
11	0.101412	23.75781	74.33696	1.905222
12	0.101412	23.75781	74.33696	1.905222

Tablo 6'ya göre birinci dönemde Ar-Ge harcamalarında meydana gelen değişmelerin %92'si kendisinden, %7.45'i işsizlikten kaynaklanmaktadır. İkinci ve üçüncü dönemde Ar-Ge harcamalarında meydana gelen değişmelerin %74.34'ü kendisinden, %23.75'i işsizlikten ve %1.90'ı GSYH'dan kaynaklanmaktadır. Dördüncü dönemden on ikinci döneme kadar Ar-Ge harcamalarında meydana gelen değişmelerin %74,33'ü kendisinden, %23,75'i işsizlikten, %1.90'ı GSYH'dan kaynaklanmaktadır.

Tablo 7'de GSYH için varyans ayrıştırması sonuçları verilmiştir.

**Tablo 7.** Gayrisafi yurtiçi hasıla için varyans ayrıştırması sonuçları

Dönem	S.E.	DLNUNP	DLNRD	DLNGDP
1	0.171502	13.89412	2.432121	83.67376
2	0.173825	15.92493	2.367796	81.70727
3	0.173827	15.92535	2.369076	81.70557
4	0.173828	15.92590	2.369060	81.70504
5	0.173828	15.92591	2.369060	81.70503
6	0.173828	15.92591	2.369060	81.70503
7	0.173828	15.92591	2.369060	81.70503
8	0.173828	15.92591	2.369060	81.70503
9	0.173828	15.92591	2.369060	81.70503
10	0.173828	15.92591	2.369060	81.70503
11	0.173828	15.92591	2.369060	81.70503
12	0.173828	15.92591	2.369060	81.70503

Tablo 7'ye göre birinci dönemde GSYH'da meydana gelen değişmelerin %83.67'si kendisinden, %13.89'u işsizlikten, %2.43'ü Ar-Ge harcamalarından kaynaklanmaktadır ikinci dönemden on ikinci döneme kadar GSYH'da meydana gelen değişimlerin %81.70'i kendisinden, %15.92'si işsizlikten ve %2.36'sı Ar-Ge harcamalarından kaynaklanmaktadır.

Granger nedensellik analizinin uygulanabilmesi için ilk olarak serilerin gerekli testlerle durağanlaştırılması gerekir. İstatistiksel açıdan nedensellik, bir zaman serisi değişkeninin gelecek zamandaki Granger nedenselliğinin ikinci aşaması uygun bir gecikme uzunluğunun belirlenmesidir.

Nedensellik analizi şu aşamalardan ibarettir. X ve Y gibi iki farklı değişken kullandığımızı varsayalım.

$$X_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i X_{t-1} + \sum_{i=1}^m Y_{t-1} + u_t \quad (9)$$

$$Y_t = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i X_{t-1} + \sum_{i=1}^m a_i X_{t-1} + u_t \quad (10)$$

Granger nedenselliği aşamaları aşağıdaki gibidir,

1. Hipotez kurma:

$$H_0: \sum_{i=1}^m b_i = 0 \text{ (} X, Y' \text{nin nedeni değildir.)} \quad (11)$$

$$H_1: \sum_{i=1}^m b_i \neq 0 \text{ (} X, Y' \text{nin nedenidir.)} \quad (12)$$

2. Kısıtlı regresyon modeli tahmin edilerek buradan hata terimleri kareleri toplamı bulunur.

$$X_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i^2 X_{t-1} + u_t^2 \quad (13)$$

$$u_t^2 = e_t$$

$$e_t = X_t - X_t^2 \quad (14)$$

$$\sum_{t=1}^n e_t^2 (RSS_R) \quad (15)$$

Yukarıdaki denklemde (15) yer alan  $(RSS_R)$ 'nin açılımı şu şekildedir  $(Residual\ Sum\ of\ Square)_{restricted}$  bu kısıtlı hata terimleri kareler toplamının kısıtlı modelini ifade etmek için kullanılmıştır.

3. Kısıtsız model tahmin edilip hata terimleri kareleri toplamı bulunur.

$$X_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i X_{t-1} + \sum_{i=1}^m Y_{t-1} + u_t \quad (16)$$

$$\sum_{t=1}^n e_t^2 (RSS_{UR}) \quad (17)$$

Yukarıdaki denklemde (17) yer alan  $(RSS_{UR})$ 'nin açılımı şu şekildedir  $((Residual\ Sum\ of\ Square)_{unrestricted})$ , bu kısıtlı hata terimleri kareler toplamının kısıtsız modelini ifade etmek için kullanılmıştır.

4. Hesaplanan F değeri bulunur. Hesaplanan F değeri aşağıdaki formül (18) yardımıyla bulunur.

$$F_{hes} = ((RSS)_r - (RSS)_{ur/m}) / ((RSS)_{ur/(n-k)}) \quad (18)$$

$(RSS)_r$ : hata terimleri kareler toplamı kısıtlı model

$(RSS)_{ur}$ : hata terimleri kareler toplamı kısıtsız model

$m$ : kısıtlı model yazılırken dışarıda bırakılan gecikmeli değişken sayısı

$n$ : gözlem sayısı

$k$ : kısıtlı model tahmin edilen parametre sayısı

5.  $F_{tab}$  değerine bakılır. Tablo değerine aşağıdaki gibi bakılır.

$$F_{tab}(F_\alpha, m, (n - k))$$

6. Bu aşama karar aşamasıdır. Analiz sonucunda eğer  $F_{hes} > F_{tab}$  ise  $H_0$  reddelirken  $H_1$  kabul edilir ve  $X, Y$ 'nin nedenidir şeklinde yorumlanırken eğer analiz sonucunda  $F_{tab} > F_{hes}$  ise  $H_1$  red edilir,  $H_0$  kabul edilir ve  $X, Y$ 'nin nedeni değildir şeklinde yorumlanır.

Seriler birinci farkı alındığında durağanlaştığı için Granger nedensellik analizi yapılırken birinci farkları kullanılacaktır.

Tablo 8'de Granger nedensellik analizi sonuçları verilmiştir.

**Tablo 8.** Granger nedensellik analizi sonuçları

<b>Bağımlı Değişken: DLNUNP</b>			
Bağımsızlar	Ki-kare	df	Olasılık
DLNRD	0.027279	1	0.8688
DLNGDP	0.017577	1	0.8945
All	0.044256	2	0.9781
<b>Bağımlı Değişken: DLNRD</b>			
Bağımsızlar	Ki-kare	df	Olasılık
DLNUNP	3.005551	1	0.0830
DLNGDP	0.616156	1	0.4325
All	5.070954	2	0.0792
<b>Bağımlı Değişken: DLNGDP</b>			
Bağımsızlar	Ki-kare	df	Olasılık
DLNUNP	0.336641	1	0.5618
DLNRD	0.005979	1	0.9384
All	0.364736	2	0.8333

Granger nedensellik analizi ile kurulan VAR modelinde uygun gecikme süresi belirlenmiş olup Ar-Ge harcamaları ve işsizlik arasında bir nedensellik bağı olup olmadığı 1990-2019 yılları arasındaki verilerle sınanmıştır. Tablo 8'e göre işsizlikten Ar-Ge harcamalarına doğru %10 anlamlılık düzeyinde tek yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir.

## 5. Sonuç ve Değerlendirme

Literatürde yapılan çalışmalarda kısa ve uzun dönem analizleri incelendiğinde genel olarak teknoloji ve Ar-Ge harcamalarındaki artışların kısa dönemde işsizliği arttırdığı uzun dönemde ise azalttığı sonuçlarına varılmıştır. Çalışmada Türkiye'de teknoloji ve Ar-Ge'nin işsizlik üzerindeki etkisi araştırılmıştır. 1990-2019 dönemini kapsayan çalışmada işsizlik bağımlı, Ar-Ge harcamalarının GSYH'daki payı ve GSYH bağımsız değişken olarak alınmıştır. Yapılan Granger nedensellik ve etki tepki analizi ile ekonometrik açıdan değerlendirilmiştir.

Çalışmanın etki tepki analizi sonuçları şu şekilde aktarılabilir. İşsizlik değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok kendisini ilk dört dönem pozitif, Ar-Ge harcamaları değişkenini iki dönem pozitif, GSYH değişkenini üç dönem pozitif etkileyerek kaybolmaktadır. Ar-Ge harcamaları değişkenine verilen bir standart sapmalılık şok işsizlik değişkenini ilk iki dönem negatif etkilerken seyreden bir dönem pozitif etkilemekte ve sonraki iki dönemde bu etki azalarak kaybolmaktadır. İşsizlik değişkenini ilk iki dönem negatif etkileyip seyreden bir dönem pozitif etkileyerek etkisi azalarak kaybolmaktadır. Granger nedensellik analizi sonucunda da işsizlikten Ar-Ge harcamalarına doğru %10 anlamlılık düzeyinde tek yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir.

Teknolojik gelişmeye bağlı olarak yaşanabilecek teknolojik işsizlik bir yapısal işsizlik durumudur. Yeni teknolojiler, eskilerinden daha verimli yeni üretim süreçlerine yol açar. Bu artan verimlilik, artan üretkenliğe ve üretilen mal ve hizmetler için daha düşük fiyatlara yol açar. Sonuç olarak, eski mal ve hizmetlere olan talep azalmakta ve bu sektörlerdeki işçiler işten çıkarılmaktadır. Teknolojik işsizliğe çözüm olarak ilk etapta işini kaybedenlere finansal destek sağlanmalıdır. İşsizlik ödeneği, insanların yeni iş ararken temel yaşam giderlerini karşılamalarına yardımcı olabilir. Yeniden eğitim programları ile insanların yeni ekonomide iş bulmak için ihtiyaç duydukları becerileri edinmeleri sağlanabilir. Sonrasında verilen eğitim programları ile yeni işlere yerleştirilmeleri sağlanabilir. İşletmelerin

teknolojilerin geliştirilmesinde istihdam yaratan olmasını sağlamak için bu yönde vergi teşvikleri, sübvansiyonlar veya diğer devlet destekleri önem taşımaktadır.

Büyük veri, veri bilimi, yapay zeka ve makine öğrenmesi gibi teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte insanlar birçok yeni meslekle tanıştı. Bu teknolojilerin kullanılmasıyla birlikte veri bilimci, veri mühendisi, veri analisti, veritabanı geliştiricisi ile veri güvenliği yöneticisi gibi veri odaklı yeni işler ortaya çıkmıştır (Çelik, 2020: 288). Veri odaklı yeni işlerin ortaya çıkmasıyla birlikte, Ar-Ge birimleri tarafından geliştirilen yeni teknolojiler sayesinde işsizlik oranlarının azalması beklenmektedir. Ancak, bu işlerin yaygınlaşması için hükümetlerin desteklerinin gerekli olduğu unutulmamalıdır.

Teknoloji ve otomasyondaki gelişmelerle birlikte gelecekte bazı işlerin makinelerle yapılma olasılıklarını arttırmaktadır. Bu durum zaman içerisinde iş kayıplarına neden olurken diğer yandan gelişen ürün ve süreçlerle yeni iş imkanları ortaya çıkmaktadır. Bu yeni işlerde istihdam edilebilmek için çalışanların teknik ve teknolojik donanımlara sahip olmaları gerekmektedir. Eğitim aşamalarında bunun dikkate alınarak işgücünün planlanması ileride ortaya çıkabilecek teknolojik işsizliğin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda hem işletmelerin izlediği politikalarda hem de devlet politikalarında teknolojik değişimin ortaya koyduğu işgücü piyasasındaki olası etkileri dikkate alan çözümlere gitmesi gerekmektedir. Bu noktada istihdam politikaları düzenlenirken yapılan teşviklerin istihdamı arttıran işsizliği azaltan olması dikkate alınmalıdır. Hükümetler tarafından yapılan teşvikler eğer işsizliğin azaltılmasını sağlıyorsa teşvikler devam etmelidir. Yapılan teşvikler işsizliği arttırıyorsa bu noktada teşvik tekrar değerlendirilerek işsizliği azaltan nitelik kazandırılmalıdır.

Teknoloji alanında yaşanan değişimin beceri odaklı olması işgücü piyasasında daha nitelikli işgücünün talebini arttırmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de yaşanan işsizlik sorununu daha da derinleştirmektedir. Teknolojinin artan verimlilik ve üretkenlikle yeni işleri de beraberinde getirdiğini düşünüldüğünde bu koşullarda hem eğitim aşamasında hem de ekonomi politikalarında işgücünün planlamasının yapılması gerekmektedir.

### Kaynakça

- Acemoglu, D., & Zilibotti, F. (1997). Was prometheus unbound by chance? Risk, diversification, and growth. *Journal of Political Economy*, 105(4), 709-751.
- Acemoğlu, D. (1998). Yeni teknolojiler neden becerileri tamamlıyor? Yönlendirilmiş teknik değişim ve ücret eşitsizliği. *Üç Aylık Ekonomi Dergisi*, 113 (4), 1055-1089.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Aghion, P., Howitt, P., & Mayer-Foulkes, D. (2005). The effect of financial development on convergence: Theory and evidence. *The Quarterly Journal of Economics*, 120(1), 173-222.
- Agovino, M., Aldieri, L., Garofalo, A., & Vinci, C. P. (2018). R&D spillovers and employment: Evidence from european patent data. *Empirica*, 45(2), 247-260.
- Aguilera, A., & Ramos Barrera, M. G. (2016). Technological unemployment: An approximation to The Latin American case. *AD-Minister*, (29), 58-78.
- Bimber, B. (1990). Karl Marx and the three faces of technological determinizm. *Social Studies of Science*, 2(20), 333-351.
- Bocutoğlu, E. (2012). Karşılaştırmalı makro iktisat teoriler ve politikalar. Muratha Yayınevi, Trabzon.
- Bogliacino, F., & Vivarelli, M. (2012). The job creation effect of R&D expenditures. *Australian Economic Papers*, 51(2), 96-113.
- Çelik, S. (2019). Dünya ekonomisine etkileri bağlamında Endüstri 4.0. A. Yenipazarlı (Editör), Seçilmiş Konularla 21.YY.’da Dünya Ekonomisi Kitap Bölümü, (409-440) (Birinci Baskı), Ankara. Seçkin Yayıncılık.

- Çelik, S. (2020). *Büyük veri çağında yeni meslekler*. Middle East International Conference on Contemporary Scientific Studies-IV. November 1-3, Beirut, Lebanon, 286-301.
- David, H., Dorn, D., & Hanson, G. H. (2013). The geography of trade and technology shocks in The United States. *American Economic Review*, 103(3), 220-25.
- Dünya Bankası Veri Tabanı. (2022). <https://data.worldbank.org/>
- Ernst, H. (2001). Patent applications and subsequent changes of performance: Evidence from Time-series cross-section analyses on the firm level. *Research Policy*, 30(1), 143-157.
- Eygü, H., & Demir, Y. (2021). Volatilite endeksi (VIX) ile Ar-Ge payı, sanayi üretimi ve işsizlik ilişkisi: Türkiye üzerine ampirik bir çalışma. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(40), 487-504.
- Fisunoğlu, M., & Köksel, B. (2009). Keynes devrimi ve keynesyen iktisat. *Ekonomik Yaklaşım Dergisi*, 20(70), 31-66.
- Gerçekler, M., Özmen, İ., & Mucuk, M. (2019). AR-GE harcamaları ve işsizlik arasındaki nedenselliğin ampirik analizi: G7 ülkeleri örneği. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 41(2), 413- 431.
- Göktürk, M. G. (2015). *Teknolojinin işsizlik ve istihdam üzerine etkileri: Türkiye örneği*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.
- Gövdeli, T. (2016). Türkiye’de eğitim-ekonomik büyüme ilişkisi: Yapısal kırılmalı birim kök ve eşbütünleşme analizi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 223-238.
- Günaydın, G. (2009). Smith, Ricardo ve Marx iktisadında tarım (Emek değer ve rant teorisi yaklaşımları bağlamında). *Mülkiyet Dergisi*, 33(262), 345-362.
- Krousie, C. (2018). Technological unemployment in The United States: A State-Level Analysis. *Major Themes in Economics*, 20(1), 87-101.
- Machin, S., & Van Reenen, J. (1998). Changes in technology and skills structure: Evidence from seven OECD countries. *Quarterly Economics Magazine*, 113 (4), 1215-1244.
- Matuzeviciute, K., Butkus, M., & Karaliute, A. (2017). Do Technological innovations affect unemployment? Some empirical evidence from European countries. *Economies*, 5(4), 48.
- Nagel, K. (2015). Relationships between unemployment and economic growth—the review (results) of the theoretical and empirical research. *Journal of Economics & Management*, 20, 64-79
- Özdoğan, S. (2006). *Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik Değişim Süreci: Bir Faktör analiz uygulaması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- OECD Veri Tabanı. (2022). <https://data.oecd.org/>
- Rodriguez-Pose, A. (2001). Is R&D investments in Europe's underdeveloped regions worth it? Theory and empirical evidence. *Articles in the Regional Sciences*, 80(3), 275-295.
- Skousen, M. (2011). *İktisadi düşünce tarihi, modern iktisadın inşası*. Liberte Yayınları, Ankara.
- Söylemez, S. (2004). Türkiye’de teknoloji ve eğitim yatırımları: Karşılaştırılmalı bir bakış açısı. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1(1), 63-80.
- Pellens, M., Peters, B., Hud, M., Rammer, C., & Licht, G. (2018). *Public investment in R&D in response to economic crises - A longitudinal study for OECD countries*. ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper, (18-005).

- Stiglitz, J. E. (2014). *Unemployment and innovation*. (No. W20670). National Bureau of Economic Research.
- Turanlı, R., & Sarıdoğan, E. (2010). *Bilim-Teknoloji-İnovasyon temelli ekonomi ve toplum*. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
- Yücel, İ. (2001). *Teknoloji transferi, teknoloji transferinin az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümelerine etkisi, Niğde-Bor deri imalat sanayi uygulaması*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- World Bank Group, (2016). *World development report 2016: Digital dividends*. World Bank Publications.



### **ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI:**

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde Business, Economics and Management Research Journal'ın hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk makale yazarlarına aittir.

Bu çalışma etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

### **ARAŞTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI:**

1. yazar katkı oranı: %50
2. yazar katkı oranı: %50