

TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK GELİŞMENİN İMALAT SANAYİNE ETKİSİ

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL
DEVELOPMENT ON THE MANUFACTURING
INDUSTRY IN TURKEY

Ekrem TOPARLAK

41

TÜRKİYE'DE TEKNOLOJİK GELİŞMENİN İMALAT SANAYİNE ETKİSİ

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT ON THE MANUFACTURING INDUSTRY IN TURKEY

Ekrem TOPARLAK¹

2

Anahtar Kelimeler:

İmalat Sanayi,
Teknoloji,
Teknolojik Gelişme.

Keywords:

Manufacturing Industry,
Technology,
Technological
Development.

ÖZ

Küreselleşme süreciyle birlikte teknolojinin hızla gelişmesi ve yayılması, firmalar ve ülkeler açısından rekabet gücünün belirleyici unsurlarından biri hâline gelmiştir. Özellikle imalat sanayi, teknolojik ilerlemelerin üretim süreçlerine yansıdığı temel alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'de teknolojik gelişmenin imalat sanayi üretimi üzerindeki etkisi ampirik olarak incelenmektedir. Analizde 1990–2024 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. İmalat sanayi üretimini temsilen Sanayi Üretim Endeksi (İmalat) kullanılırken, teknolojik gelişme göstergesi olarak Ar-Ge harcamaları ele alınmıştır. Ayrıca kamu yatırımları kontrol değişkeni olarak modele dâhil edilmiş; bulguların duyarlılığını test etmek amacıyla patent tescil sayıları kullanılarak robust analiz gerçekleştirilmiştir. Bulgular teknolojik gelişme ile imalat sanayi üretimi arasında uzun dönemli bir eş bütünleşme ilişkisinin bulunmadığını göstermektedir. Kısa dönem analizleri ise, teknolojik göstergelerin imalat sanayi üzerindeki etkisinin sınırlı ve dolaylı bir yapıya sahip olduğuna işaret etmektedir. Robust analiz kapsamında kullanılan patent verileri, imalat sanayi üretimi ile teknolojik çıktılar arasında kısa vadeli bir etkileşimin varlığını desteklemektedir. Bu çerçevede, teknoloji politikalarının yalnızca Ar-Ge harcamalarının artırılmasına değil, bu harcamaların üretim süreçlerine etkin biçimde aktarılmasına odaklanması gerektiği değerlendirilmektedir.

ABSTRACT

The rapid development and spread of technology, alongside globalisation, has become one of the key determinants of a competitiveness for both firms and countries. The manufacturing industry stands out in particular as an area where technological advances are reflected in production processes. This study empirically examines the impact of technological development on manufacturing production in Turkey. Annual data from 1990 to 2024 were used in the analysis. The Industrial Production Index (Manufacturing) was used as a proxy for manufacturing output, while research and development (R&D) expenditures were utilized as an indicator of technological development. Public investments were also included in the model as a control variable, and a robust analysis was performed using patent registration numbers to test the sensitivity of the findings. The findings suggest that no long-term cointegration relationship exists between technological development and manufacturing industry production. Short-term analyses, on the other hand, suggest that the effect of technological indicators on the manufacturing industry is limited and indirect. The patent data used in the robust analysis supports the existence of a short-term interaction between manufacturing industry production and technological outputs. In this context, it is argued that technology policies should not focus only on increasing R&D expenditure, but also on effectively integrating it into production processes. Strengthening the link between technological investment and industrial application appears critical for enhancing the productivity and competitiveness of the manufacturing sector.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, ekremtoparlak@ohu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2136-2962

Alıntılanmak için/Cite as:
Toparlak E. (2026) Türkiye'de Teknolojik Gelişmenin İmalat Sanayine Etkisi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, s.1-15

GİRİŞ

Teknolojik gelişme evresinde bilgiye dayalı hareket eden ve bilgiyi dönüştürebilen ülkeler, dönüştüremeyen ülkelere göre ekonomik büyüme ve de özellikle refah anlamında daha iyi durumdadır (Schwachula, Seoane ve Hornidge, 2014). Bilginin ya da bir fikrin “*daha kullanışlı ve verimli bir hale dönüştürülmesi*” ise yine teknoloji ile mümkündür. Buradan hareketle teknoloji için yapabileceğimiz bir çok kısa tanımdan öte modern anlamdaki teknoloji kavramı için ürün, prototip, imalat, süreç ve yöntemler ile fiziksel bir unsur olarak ilişkilendirilmenin yanında üretim, pazarlama, yönetim, kalite kontrolü, nitelikli emek, güvenilirlik ve işlevsel alanlar ile ilişkilendirilerek gerekli teknik bilgi ile özdeşleştirilebileceğimiz kapsamlı bir tanım yapabiliriz. Bu çok yönlü yapı teknolojiye fiziksel, sosyal ve bilgi boyutları olan geniş bir anlam sağlamaktadır (Kumar vd., 1999).

Günümüzde temel rekabet göstergesi olan ileri teknoloji kullanımı, sağladığı çeşitli avantajlar sayesinde elde edilen yüksek gelir ile sektörler büyümekte, ülkelerin milli gelirleri artmaktadır. Teknolojik gelişmeler insanların yaşam alanlarındaki standartların iyileştirilmesine ve iş yükünün hafiflemesine yardımcı olmaktadır. Türkiye’de teknolojik gelişme özellikle yerli ve milli sanayinin desteklenmesine yönelik projelerle giderek artmaktadır. İmalat sanayi ise hammaddelerin işlenmesi sonucu ara malına dönüşmesiyle ortaya çıkan bir sanayi dalıdır ve istihdam, ihracat ve katma değer sağlaması gibi özellikleriyle imalat sanayi ekonomi için önemli bir mihenk taşıdır. Şöyle ki ülkeler gelişme gösterdikçe tarım gibi doğal kaynağa dayalı üretim sektörlerinin üretim içindeki payı azalmakta, imalat sektörünün payı ise artmaktadır. Söz konusu doğal ve yapısal dönüşümün sonucu olan değişim ülkelerin kalkınmasının ve büyümesinin önemli bir bileşenidir (Akyol ve Metin, 2021). İmalat sanayi sektörü sadece üretim sürecinin değil, az önce ifade edilen ülkenin ekonomik büyümesi, istihdamı vb. temel makroekonomik göstergeleri için de önemlidir. Bu nedenle teknolojik gelişme ve imalat sanayi arasındaki ilişkiye odaklanmak gerekmektedir. Yaşanan teknolojik gelişmeler, küresel imalat sanayi sektöründe önemli değişikliklere neden olduğundan etki alanı giderek artmaktadır. İmalat sanayinde gerçekleşen yapısal değişikliklerin temel nedeni için söz konusu teknolojilerin üretim sürecine girmesi

yorumunu yapmak doğru olacaktır (Backer vd., 2015).

Bu çalışmada, teknolojik gelişmenin imalat sanayisi üretimini nasıl etkilediği üzerinde durulmaktadır. Türkiye için 1990-2024 yıllarına ait yıllık veriler kullanılarak ampirik bir analiz yapılması planlanmaktadır. Çalışmanın izleyen kısmında, teknolojik gelişme ile imalat sanayisi arasındaki ilişkiyi ele alan literatür özetlenmektedir. Ardından veri seti ve kullanılan ekonometrik yöntem tanıtılmakta, bunu ampirik bulguların sunumu izlemektedir. Ayrıca, teknolojik gelişmenin alternatif göstergeleri kullanılarak elde edilen sonuçların sağlamlığı test edilmektedir. Çalışma, bulguların genel bir değerlendirmesi ve politika çıkarımları ile sonlandırılmaktadır.

LİTERATÜR TARAMASI

İmalat sanayi, ekonomik büyüme ve yapısal dönüşüm süreçlerinde diğer sektörlerle kıyasla daha belirleyici bir rol üstlenmektedir. Tarım ve hizmetler sektörüne göre daha yüksek verimlilik artışı potansiyeline sahip olan imalat sanayi, ölçek ekonomilerinin daha belirgin şekilde ortaya çıktığı bir üretim yapısı sunmaktadır. Ayrıca teknolojik yeniliklerin geliştirilmesi, yayılması ve ticarileştirilmesi büyük ölçüde imalat sanayi faaliyetleri üzerinden gerçekleşmektedir. İmalat sektörü, üretim sürecinde kullandığı ara malı ve sermaye malları aracılığıyla hem ileri hem de geri bağlantılar oluşturarak diğer sektörlerin gelişimini de desteklemektedir. Bu özellikleri nedeniyle imalat sanayi, teknolojik gelişmenin ekonomik performansa yansımada kritik bir aktarım mekanizması olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, imalat sanayinin teknolojik gelişmelerle olan ilişkisinin incelenmesi, sektörel verimlilik dinamiklerinin ve büyüme süreçlerinin anlaşılması açısından önem taşımaktadır.

Türkiye’de imalat sanayi ile ilgili çalışmalarda makro iktisadi göstergeler üzerinden imalat sanayinin büyümeye olan etkilerinin çalışıldığı görülmektedir (Külünk, 2023; Has ve Çınar, 2022; Akyol ve Metin, 2021; Kopuk ve Meçik, 2020).

Teknolojik gelişme ve imalat sanayi arasındaki ilişkiye odaklanan çalışmalara bakıldığında ise Bozkurt (2008) Türk imalat sanayi sanayisi ile patent tescilleri üzerinden teknolojik gelişme arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkiyi ortaya koymuştur.

Balkaya, (2022) Türkiye'deki imalat sanayi ve istihdamı teknoloji kullanım düzeyine göre bir ayırım yaparak incelemiştir. Türkiye imalat sanayinde düşük teknolojili imalat sanayi firmalarının payının yüksek teknolojili imalat sanayi firmalarının payına oranla çok daha fazla olduğu sonucu elde edilmiştir. Söz konusu oranların 2009-2021 dönemi içerisinde değişmediğine de dikkat çekilmiştir.

Tokatlıoğlu ve Emikönel, (2020) Türkiye'de imalat sanayinde teknoloji yayılımı araştırması yapmıştır. 2003-2017 dönemi verileri ile yapılan analizde Ar-Ge harcamaları sonucunda elde edilen teknolojik gelişmeden yola çıkılarak yurtiçi ve yabancı Ar-Ge stoğu değişkenleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular yurt içi Ar-Ge stoğunun toplam faktör verimliliğini artırdığını yabancı Ar-Ge stoğunun ise cari dönemde düşürücü etkisinin olduğunu göstermiştir. Teknoloji yayılımlarından istenilen ölçüde faydalanabilmek için getirilen öneri; beşeri sermaye birikimi ve teknolojik bilgi birikimine yatırım yapılması, bu alanda politika üretilmesi gerektiğidir.

Güney, (2023), teknolojik gelişme için önemli bir veri olan Ar-Ge personelinin firma verimliliğine etkisini imalat sanayi örneği üzerinden incelemiştir. 2009-2015 dönemi verileriyle yapılan analizde Ar-Ge işgücü ve sermaye stokunun katma değeri olumlu olarak etkilediği bulunmuştur.

Gülsever ve Önder, (2023) Türkiye'deki Teknolojik gelişme ile imalat sanayi ilişkisine dikkat çekmiştir. Zira teknolojik gelişmenin göstergelerinden inovasyon yapısı üzerinden Türkiye imalat sanayi haritalandırma yöntemi kullanılarak analize tabi tutulmuştur. Analiz 2017-2020 dönemi verileriyle Orta-yüksek teknolojiye sahip imalat sanayi alt sektörleri özelinde gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Türkiye'de yıllar itibarıyla bir gelişme yaşandığı ancak yeterli olmadığı yönündedir. Küresel rekabet ortamında varlık gösterebilmek adına bu alanda teşvik politikalarına ihtiyaç olduğuna vurgu yapılmıştır.

Doolani vd. (2020) eğitim, öğretim ve güvenlik alanlarında kullanılan gerçeklik sistemlerinin imalat endüstrisindeki işgücünü eğitiminde kullanımını araştırmaktadır. Genişletilmiş gerçeklik (XR), artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve karma gerçeklik (MR) gibi çeşitli teknolojik gelişmelerin imalat sanayi ile ilişkisinin

irdelendiği çalışmada imalat sanayinde bu tür teknolojilere neden ihtiyaç duyulduğu, hali hazırdaki uygulama alanları ve bu teknolojik gelişmenin sektördeki kullanımını engelleyen sınırlar üzerinde durulmuştur.

Ronaghi, (2023) teknolojinin beraberinde getirdiği yeni bir kavram olan yapay zekânın imalat sanayinde benimsenmesinin ekonomi uygulamaları üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Yapay zekânın becerileri sayesinde iş faaliyetleri, organizasyonel süreç ve veri akışlarındaki değişiklikler düşünülürse ekonomi uygulamaları üzerinde olumlu bir etkisinin olacağı beklenilmesi olasıdır. Nitekim 97 imalat şirketi üzerinde yapılan değerlendirmelerle teknolojik gelişmenin bir aracı olan yapay zekâ uygulamaları ile imalat sanayinin çevre üzerindeki yıkıcı etkilerinin azaltılmasının mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.

Yıldırım ve Erduru (2023) İmalat sanayinde ar-ge harcamalarının gerçekleşen karlılık düzeyleriyle ilişkisini incelemiştir. 2009-2022 yılları arasındaki dönemi inceleyen çalışma Ar-ge yoğunluğundan karlılıklara doğru tek yönlü nedenselliği ortaya koymuştur.

Kaya ve Alış (2025) 2009-2021 dönemine ait yıllık veriler ile Ar-ge Harcamaları ile İmalat sanayi arasındaki ilişkiyi araştırarak Ar-Ge harcamaları ve çalışan sayısındaki artışın üretim yapısının modernleşmesi ve verimlilik artışıyla ilişkili olduğunu sonucuna varmıştır.

Literatür değerlendirildiğinde, Türkiye'de imalat sanayi ile teknolojik gelişme arasındaki ilişkinin çoğunlukla Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge personeli veya inovasyon göstergeleri gibi teknoloji girdileri üzerinden ele alındığı görülmektedir. Bu çalışmalar, teknolojik yatırımların verimlilik, istihdam, kârlılık ve toplam faktör verimliliği üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymakla birlikte, teknolojik sürecin çıktılarını ile sanayi üretimi arasındaki dinamik etkileşimi sınırlı ölçüde incelemektedir. Özellikle patent tescilleri gibi somut teknolojik çıktılarını esas alan ve bu göstergeler ile imalat sanayi üretimi arasındaki kısa dönemli etkileşimleri zaman serisi çerçevesinde analiz eden çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışma, teknolojik gelişmeyi hem Ar-Ge harcamaları hem de patent tescil sayıları üzerinden ele alarak literatürdeki girdi-çıkıtı ayırımını ampirik olarak ortaya koymakta; VAR tabanlı nedensellik, etki-tepki ve

varyans ayrıştırma analizleri aracılığıyla teknolojik gelişme ile imalat sanayi arasındaki ilişkinin yönünü ve sürekliliğini dinamik bir bakış açısıyla incelemektedir. Bu yönüyle çalışma, teknoloji-imalat ilişkisinin tek boyutlu ve uzun dönemli bir denge ilişkisiyle sınırlı olmadığını, kullanılan teknoloji göstergesine bağlı olarak farklılaşan kısa dönemli etkileşim mekanizmalarının bulunduğunu göstererek literatüre tamamlayıcı bir katkı sunmaktadır.

YÖNTEM VE ARAŞTIRMA BULGULARI

Temel Bulgular

Bu çalışmada Türkiye'deki teknolojik gelişmenin imalat sanayine etkisini ölçebilmek amacıyla 1990-2024 yıllarına ait yıllık veriler kullanılarak bir analiz yapılmaktadır. Bağımlı değişken olarak imalat sanayi için Sanayi Üretim Endeksi (İmalat, 2015=100), bağımsız değişken olarak teknolojik gelişmenin göstergesi olarak patent² sayılarıyla birlikte literatürde sıklıkla kullanılan Ar-Ge Harcamaları Tutarı kullanılmıştır (Furman vd. 2002; Guo vd, 2016; Akçığit ve Tok, 2020; Toparlak ve Susam, 2024). Ayrıca Kamu Yatırım Tutarı (İmalat) kontrol değişken olarak eklenmiştir. Aylık frekansta yayımlanan Sanayi Üretim Endeksi verileri, yıllık analizle uyum sağlamak amacıyla ilgili yılın on iki aylık ortalaması alınarak yıllık frekansa dönüştürülmüştür. Ar-Ge harcamaları ve kamu yatırım harcamaları değişkenleri cari fiyatlarla elde edildiğinden, bu seriler fiyat hareketlerinin etkisinden arındırılmak amacıyla 2015 baz yılı GSYH deflatörü kullanılarak reel hale getirilmiştir. Analizde kullanılan tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır. Logaritmik dönüşüm, serilerdeki olası varyans problemlerini azaltmak, aşırı dalgalanmaları yumuşatmak ve değişkenler arasındaki ilişkilerin oransal etkiler üzerinden yorumlanmasına imkân sağlamak amacıyla tercih edilmiştir. Ayrıca bu dönüşüm, zaman serisi analizlerinde sıklıkla karşılaşılan doğrusal olmayan yapıların daha uygun biçimde modellenmesine katkı sunmaktadır.

Kurulacak model aşağıdaki gibidir:

$$\ln.SE_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln.AG_{it} + \beta_2 \ln.KY_{it} + \epsilon_{it}$$

Tablo 1'de söz konusu veriler, verilerin elde edildiği

kaynaklar ve bundan sonra kullanılacağı kısaltmalar gösterilmektedir.

Tablo 1 Veriler, kısaltmaları ve kaynakları

Değişken	Kısaltmaları	Kaynakları
Sanayi Üretim Endeksi (İmalat) Logaritmik Değeri	ln.SE	TÜİK
Ar-Ge Harcamaları Tutarı Logaritmik Değeri	ln.AG	T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Kamu Yatırım Programları
Kamu Yatırımı Tutarı (İmalat) Logaritmik Değeri	ln.KY	Türk Patent ve Marka Kurumu Yıllık İstatistikleri
Patent Tescil Sayıları Logaritmik Değeri	ln.Ptn	

Analize başlarken öncelikle veri setinin durağanlığı test edilmiştir. Birim kök testleri, zaman serilerinin durağan olup olmadığını incelemek amacıyla kullanılmaktadır. Zaman serisi analizlerinde güvenilir ve tutarlı sonuçlar elde edebilmek için serilerin durağan olması temel bir ön koşul olarak kabul edilmektedir. Durağanlık, serinin zaman içerisinde ortalama ve varyansının sabit kalması şeklinde tanımlanabilir (Samancı ve Noyan, 2023). Birim kök içeren serilerde durağanlık ise serilerin uygun derecede farkları alınarak sağlanmaktadır.

Yt serilerinin birim kök özelliğini test etmek için aşağıdaki regresyon denklemi kullanılır:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \psi_i \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t$$

Burada, Δ birinci fark işlemcisini; t zaman trendini; ϵ_t ise hata terimini simgeler. Yt, kullanılan serileri ifade ederken, N ise Akaike Bilgi Kriteri tarafından belirlenen bağımlı değişkenin gecikme sayısında hata terimlerinin ardışık bağımlılığını düzeltmek için kullanılır. Bu tür birim kök testleri genellikle ADF testleri olarak adlandırılır. Serilerin durağan olmaması boş hipotezi oluştururken, serilerin durağan olması alternatif hipotezi oluşturur. Augmented Dickey-Fuller (ADF) testi, δ parametresinin tahminine ve bu parametrenin t istatistiğine dayanır. Boş hipotez, negatif

² Patent tescil sayıları, teknolojik gelişmenin alternatif bir göstergesi olarak analiz sonuçlarının sağlamlığını test etmek amacıyla robust analizi kapsamında değerlendirilmiştir. Ayrıca Patent tescil sayıları 1995-2024 yıllarına ait verilerden oluşmaktadır.

ve istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde sıfırdan farklıysa reddedilir. ADF testi ile ilgili bir zorluk, test denklemindeki terimlere ek farkların eklenmesini gerektirmesidir.

Bu durum, serbestlik derecesinde bir kayba ve test prosedürünün gücünde bir azalmaya neden olur. Alternatif olarak, Phillips ve Perron (PP) yaklaşımı, otokorelasyonun bilinmeyen formlarının varlığını ve hata terimindeki şartlı heteroskedastisiti dikkate alır, serisel ilişki için parametrik olmayan bir düzeltme kullanır. Sonuç olarak, her iki test de t istatistiğinin kritik değerlerden büyük olması durumunda birim kökün boş hipotezinin reddedildiği bir çerçeve sunmaktadır (Günaydın, 2004; Mucuk ve Alptekin, 2008).

Tablo 2’de gösterildiği üzere Augmented Dickey-Fuller (1979, 1981) ADF ve Phillips ve Perron (1988) PP birim

kök testleri yapılmıştır. Birim kök testlerinde kullanılacak deterministik bileşenler, serilerin grafiksel incelemesi ve ekonomik yapıları dikkate alınarak belirlenmiştir. İncelenen değişkenlerin zaman içerisinde belirgin bir eğilim sergilemesi nedeniyle ADF ve PP testleri sabitli ve trendli model çerçevesinde uygulanmıştır. Birim kök testlerinde kullanılacak deterministik bileşenlerin belirlenmesinde serilerin zaman yolu grafikleri incelenmiş ve değişkenlerin genel olarak trend içeren bir yapı sergilediği gözlenmiştir. Zaman serisi literatüründe, grafiksel inceleme deterministik bileşen seçiminde yaygın olarak kullanılan bir ön değerlendirme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bu doğrultuda analizlerde sabit ve trend bileşeni içeren model spesifikasyonu tercih edilmiştir.

Tablo 2 Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken Sabitli ve Trendli T İstatistiği		ADF Testi	Kritik Değerler		
		%1	%5	%10	
ln.SE	Düzeyde	-2.971 (1)	-4.306	-3.568	-3.221
	1.fark	-4.410 (1) ^a	-4.316	-3.572	-3.223
ln.AG	Düzeyde	-1.628 (1)	-4.306	-3.568	-3.221
	1. fark	-5.290 (1) ^a	-4.316	-3.572	-3.223
ln.KY	Düzeyde	-1.461 (1)	-4.306	-3.568	-3.221
	1.fark	-3.895 (1) ^a	-4.316	-3.572	-3.223
ln.Ptn	Düzeyde	-0.708 (3)	-4.371	-3.596	-3.238
	1.fark	-5.214(3) ^a	-4.380	-3.600	-3.240
Değişken Sabitli ve Trendli T İstatistiği		PP Testi	Kritik Değerler		
		%1	%5	%10	
ln.SE	Düzeyde	-12.525 (1)	-23.652	-18.584	-16.032
	1.fark	-34.051 (1) ^a	-23.524	-18.508	-15.984
ln.AG	Düzeyde	-8.089 (1)	-23.652	-18.584	-16.032
	1. fark	-43.322 (1) ^a	-23.524	-18.508	-15.984
ln.KY	Düzeyde	-19.816 (1) ^a	-23.652	-18.584	-16.032
	1.fark	-25.420 (1) ^a	-23.524	-18.508	-15.984
ln.PTN	Düzeyde	-4.841 (3)	-23.012	-18.204	-15.792
	1.fark	-20.667(3) ^a	-22.884	-18.128	-15.744

Not: a= %1 seviyesindeki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Parantez içindeki değerler gecikme uzunluklarını ifade etmektedir.

ADF ve PP birim kök testi sonuçlarına göre, Sanayi Üretim Endeksi (İmalat) Logaritmik Değeri (ln.SE), Ar-Ge Harcamaları Tutarı Logaritmik Değeri (ln.AG) ve Kamu Yatırımı Tutarı (İmalat) Logaritmik Değeri (ln.KY) düzey değerlerinde birim kök içermektedir. Söz konusu değişkenlerin birinci farkları alındığında ise tüm serilerin %1 anlamlılık düzeyinde durağan hale geldiği görülmektedir.

Sonuçların sağlamlığını test etmek amacıyla teknolojik gelişmenin alternatif bir göstergesi olarak patent sayıları kullanılarak aynı birim kök testleri tekrarlanmıştır. Patent değişkeninin de birinci farkında durağan olduğu tespit edilmiş ve analiz, ana modelle tutarlı bir biçimde sürdürülmüştür.

Analizde kullanılan zaman serilerinin uzun bir dönemi kapsamı nedeniyle, serilerin durağanlık özelliklerinin olası yapısal kırılmalardan etkilenebileceği dikkate alınmıştır. Özellikle Türkiye ekonomisinde incelenen dönem içerisinde yaşanan finansal krizler ve makroekonomik politika değişimleri, serilerin ortalama ve varyans yapılarında kalıcı değişimlere yol açabilmektedir. Yapısal kırılmaların göz ardı edilmesi durumunda geleneksel birim kök testlerinin yanlı sonuçlar verebileceği literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır. Bu nedenle, ADF ve PP birim kök testlerine ek olarak, yapısal kırılmaları dikkate alan Clemente–Montañés–Reyes birim kök testi uygulanarak serilerin durağanlık özellikleri alternatif bir yöntemle de sınanmıştır. Serilerin birinci farkları için

uygulanan yapısal kırılmalı birim kök testleri genel olarak değişkenlerin durağan hale geldiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, ADF ve PP birim kök testlerinden elde edilen sonuçlarla uyumlu olup serilerin I(1) bütünleşme derecesine sahip olduğunu doğrulamaktadır.

Analizde yer alan üç temel değişkenin birinci farkları alındığında durağanlaştıklarının tespit edilmesi üzerine, değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığı eş bütünleşme testleri aracılığıyla incelenmiştir. Eş bütünleşme ilişkisi VAR modelini kullanarak durağan olmayan değişkenler arasındaki ilişkiyi sımayan Johansen eş bütünleşme testi ile yapılmıştır (Özer ve Erdoğan, 2006). Değişkenlerin aynı dereceden bütünleşik olmaları (I(1)), uzun dönemli ilişkilerin varlığının araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda, eş bütünleşme analizine geçilmeden önce modelin dinamik yapısının doğru biçimde kurulabilmesi amacıyla uygun gecikme uzunluğu belirlenmiştir. Belirlenen gecikme uzunluğu esas alınarak değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki eş bütünleşme testleri aracılığıyla incelenmiştir.

Değişkenler arasındaki dinamik ilişkilerin doğru biçimde modellenebilmesi amacıyla uygun gecikme uzunluğu bilgi kriterleri kullanılarak belirlenmiştir. Tablo 3'e göre LR, FPE, AIC ve HQ değerlerinin aynı yönde olduğu ve buna uygun gecikme uzunluğunun iki olduğu tespit edilmiştir. Gecikme uzunluğu 1 olarak tespit edildikten sonra VAR modeli kurulmuştur. Bu doğrultuda, takip eden eş bütünleşme analizleri gecikme uzunluğu 1 olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3 VAR Gecikme Uzunluğunun Tespiti

Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-146.54		3.1086	9.64774	9.69297	9.78651
1	-65.0308	163.02	0.029026*	4.96973*	5.15067*	5.52482*
2	-59.1829	11.696	0.036269	5.17309	5.48975	6.1445
3	-54.3565	9.653	0.049806	5.44235	5.89472	6.83008
4	-44.5115	19.69*	0.051795	5.38784	5.97591	7.19189

Not=* İlgili kritere göre uygun gecikme uzunluğunu ifade etmektedir.

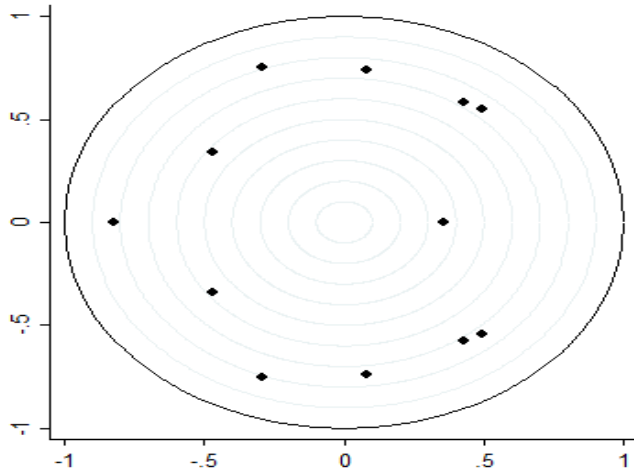
Tablo 4 Johansen Eş Bütünleşme Test Sonuçları

Eş Bütünleşme Sayısı	Özdeğer	Trace İstatistiği	Kritik Değer (%5)
Eş Bütünleşme Yoktur		24.4586*	29.68
En çok 1 eşbütünleşme vardır	0.41423	6.2745	15.41
En çok 2 eşbütünleşme vardır	0.16787	0.0264	3.76
En çok 3 eşbütünleşme vardır	0.00078		

Not=* %5 anlamlılık düzeyinde “ilave bir eş bütünleşme vektörünün bulunmadığı” yönündeki sıfır hipotezinin reddedilemediği noktayı göstermektedir.

Eş bütünleşme test sonuçları, analizde yer alan değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzun dönem ilişkisinin bulunmadığını göstermektedir. Trace istatistiği ve maksimum özdeğer istatistiği değerleri, ilgili kritik değerlerin altında kalarak eş bütünleşme hipotezinin reddedilemediğine işaret etmektedir. Bu bulgular, ele alınan değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiklerine dair güçlü bir kanıt bulunmadığını ve değişkenler arasındaki ilişkinin daha çok kısa dönem dinamikler çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Modelin istikrarını test edebilmek için ise “AR Roots Test” ile sınama yapılmıştır. AR karakteristik test sonucu aşağıda şekil 1’de verilmiş olup modelin birim çember içerisinde yer aldığı görülmektedir.



Şekil 1 AR Karakteristik Testi

Modelin istikrarlı olduğunun tespit edilmesinin ardından, değişkenler arasındaki kısa dönemli nedensellik ilişkilerini incelemek amacıyla Granger nedensellik testine başvurulmuştur. Eş bütünleşme ilişkisinin bulunmaması, uzun dönemli nedensellik analizlerini sınırlamakta; bu nedenle değişkenler arasındaki etkileşimlerin kısa dönem dinamikleri çerçevesinde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Granger nedensellik testi, değişkenlerden birinin geçmiş değerlerinin diğer değişkenin mevcut değerlerini istatistiksel olarak açıklayıp açıklamadığını ortaya koyarak kısa dönemli nedensel ilişkilerin belirlenmesine imkân sağlamaktadır.

Belirtilen değişkenler arasındaki uzun vadeli birlikte

hareketin varlığı üzerine yapılan araştırmada, kısa vadeli ilişki Granger nedensellik testi kullanılarak incelenmiştir.

Bu test, aşağıdaki iki regresyon modelinin tahminine dayanmaktadır.

$$Y_t = + \sum_{i=1}^n \alpha_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j Y_{t-j} + u_{1t}$$

$$X_t = + \sum_{i=1}^m \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^m \delta_j Y_{t-j} + u_{2t}$$

Bu bağlamda, u_{1t} ve u_{2t} hata terimleri arasında korelasyon olmaması varsayılmaktadır. Ancak, önceki denklemlerde Y'nin sadece kendi geçmiş değerleriyle değil, aynı zamanda X'tnin kendi değeri ve geçmiş değerleri ile de ilişkilendirildiği kabul edilmektedir. Temelde, geleceği öngöremeyen bir değişken olan Y için, eğer X değişkeni Y'nin (Granger) sebebe; X'deki değişiklikler, Y'deki değişikliklerden önce meydana gelmelidir. Bu nedenle, Y'nin diğer değişkenlerle (kendi geçmiş değerleri dâhil) gerçekleştirilen regresyon denkleminde (Y'nin bağımlı değişken olduğu durumda), eğer X'in geçmiş ve gecikmeli değerleri denkleminde yer alıyorsa ve bu değişkenler Y'nin öngörüsünü anlamlı bir şekilde artırabiliyorsa, X'in Y'nin (Granger) sebebi olduğu söylenebilir (Mucuk ve Alptekin, 2008).

Tablo 5 Granger Nedensellik Testi Sonuçları

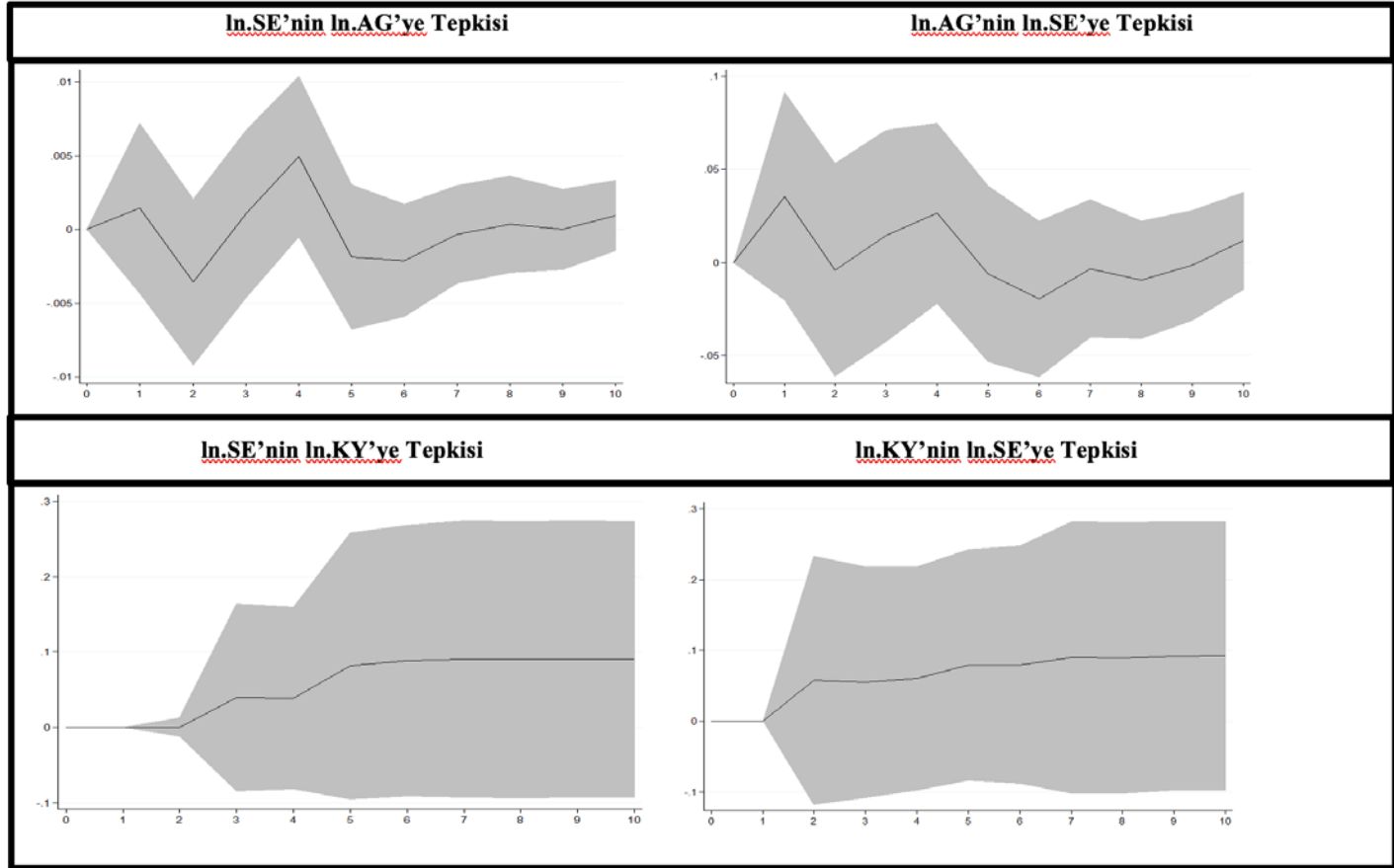
H ₀ Hipotezleri	Ki-Kare	Olasılık
ln.AG ln.SE'nin Granger Nedeni Değildir.	6.5671	0.161
ln.SE ln.AG'nin Granger Nedeni Değildir.	5.2457	0.263
ln.KY ln.SE'nin Granger Nedeni Değildir.	12.559	0.014
ln.SE ln.KY'nin Granger Nedeni Değildir.	26.8	0.000
ln.KY ln.AG'nin Granger Nedeni Değildir.	8.5734	0.073
ln.AG ln.KY'nin Granger Nedeni Değildir.	54.562	0.000

Tablo 5'te sunulan Granger Nedensellik Testi sonuçları, değişkenler arasında kısa dönemli nedensellik ilişkilerinin bulunduğunu göstermektedir. Bulgular, kamu yatırımları ile imalat sanayi üretimi arasında çift yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisine işaret etmektedir. Buna göre kamu yatırımlarındaki

değişimler imalat sanayi üretimini etkilerken, imalat sanayi üretimindeki değişimlerin de kamu yatırımlarını etkilediği görülmektedir. Ar-Ge harcamaları ile imalat sanayi üretimi arasındaki ilişki incelendiğinde ise her iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır. Öte yandan, Ar-Ge harcamaları ile kamu yatırımları arasındaki ilişki tek yönlü olup, Ar-Ge harcamalarından kamu yatırımlarına doğru istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Kamu yatırımlarından Ar-Ge harcamalarına doğru nedensellik ilişkisi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu bulgular, kamu yatırımlarının imalat sanayi üretimi ile karşılıklı bir etkileşim içinde olduğunu

ve Ar-Ge harcamalarının kamu yatırımlarını etkileyen bir unsur olarak öne çıktığını göstermektedir. Değişkenler arasındaki dinamik etkileşimlerin zaman içindeki yansımalarını daha ayrıntılı inceleyebilmek amacıyla analiz, etki-tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması sonuçlarıyla desteklenmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçların sağlamlığını test edebilmek için alternatif göstergelerle robust analizler gerçekleştirilmiştir.

Etki-Tepki analizi ile kullanılan değişkenlerden rasgele bir tanesinde meydana gelecek şokun sistemdeki diğer değişkenler üzerinde nasıl bir tepkiye neden olacağı ölçülmeye çalışılmaktadır (Barışık ve Kesikoğlu, 2006). Aşağıda Şekil 2’de Etki-Tepki analizleri gösterilmektedir.



Şekil 2 Etki-Tepki Analizleri

Şekil 2’de sunulan etki–tepki analizi sonuçları, Ar-Ge harcamalarına verilen bir standart sapmalılık şokun imalat sanayi üretimi üzerindeki etkisinin sınırlı ve istatistiksel olarak güçlü olmadığını göstermektedir. İmalat sanayi üretiminin Ar-Ge harcamalarına tepkisi ilk dönemlerde dalgalı bir seyir izlemekte, ancak etki ilerleyen dönemlerde zayıflamaktadır. Bununla birlikte, ilgili etki-tepki fonksiyonuna ait güven aralıklarının sıfır çizgisini hem pozitif hem de negatif bölgelerde kapsamaması, söz konusu etkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde, imalat sanayi üretimine verilen bir şokun Ar-Ge harcamaları üzerindeki etkisi incelendiğinde, kısa dönemli dalgalanmalar gözlenmekle birlikte güven aralıklarının sıfır değerini içermesi bu etkinin istatistiksel olarak anlamlı ve kalıcı olmadığını ortaya koymaktadır. Kamu yatırımlarına verilen bir şokun imalat sanayi üretimi üzerindeki etkisi görece daha belirgin görünmekle birlikte, güven aralıklarının geniş olması ve sıfır çizgisini kapsamaması, bu etkinin istatistiksel açıdan güçlü ve sürdürülebilir olmadığını göstermektedir. Genel olarak etki-tepki fonksiyonları birlikte değerlendirildiğinde, değişkenler arasındaki dinamik etkileşimlerin istatistiksel olarak anlamlı ve kalıcı bir yapı sergilemediği, etkilerin daha çok kısa vadeli ve sınırlı düzeyde kaldığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Varyans ayrıştırması, sistemde var olan değişkenlerin değişimini göstermeye yarar. Ve değişkenlerdeki değişimin kendisinden mi yoksa diğer değişkenlerden mi olduğunu ve bunun hangi yönde olduğunu gösterir. Aşağıda Tablo 6’da söz konusu varyans ayrıştırması gösterilmektedir.

Tablo 6 Varyans Ayrıştırma

Dönem	ln.SE	ln.AG	ln.KY
1	100.0	0.0	0.0
2	95.11	1.57	3.31
3	87.82	5.73	6.43
4	87.42	5.59	6.97
5	84.00	6.01	9.97
6	83.68	6.09	10.21
7	79.67	10.6	9.70
8	79.98	10.4	9.52
9	79.46	10.9	9.53
10	79.38	11.0	9.59

Tablo 5’te sunulan varyans ayrıştırma sonuçları, imalat sanayi üretimindeki dalgalanmaların kısa dönemde büyük ölçüde kendi iç dinamiklerinden kaynaklandığını göstermektedir. Ancak zaman ufku uzadıkça Ar-Ge harcamaları ve kamu yatırımlarının açıklayıcı payının arttığı görülmektedir. Onuncu dönemde imalat sanayi üretimindeki varyansın yaklaşık %21’i Ar-Ge harcamaları ve kamu yatırımlarından kaynaklanmakta olup, teknolojik ve kamusal faktörlerin imalat sanayi üzerinde dolaylı ve kademeli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Robust Analiz

Bu bölümde, ana modelde kullanılan Ar-Ge harcamaları yerine teknolojik gelişmenin alternatif bir göstergesi olarak patent tescil sayıları kullanılarak analiz tekrarlanmıştır. Patent verilerinin 1995 yılı itibarıyla başlaması nedeniyle robust analiz 1995–2024 dönemi için yürütülmüştür. Tablo 2’de sunulan birim kök testi sonuçlarına göre patent tescil sayısı da dâhil olmak üzere tüm değişkenlerin birinci farkta durağan olduğu görülmektedir. Bu nedenle ana modelde izlenen yöntemle tutarlı biçimde, öncelikle eş bütünleşme ilişkisi test edilmiş; ancak 1995–2024 dönemi için değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edilememiştir.

Tablo 7 Patent Tescil Sayıları İle Granger Nedensellik Testi Sonuçları

H ₀ Hipotezleri	Ki-Kare	Olasılık
ln.PTN ln.SE’nin Granger Nedeni Değildir.	5.2919	0.259
ln.SE ln.PTN’nin Granger Nedeni Değildir.	6.2863	0.179
ln.KY ln.PTN’nin Granger Nedeni Değildir.	18.555	0.001
ln.PTN ln.KY’nin Granger Nedeni Değildir.	12.177	0.016

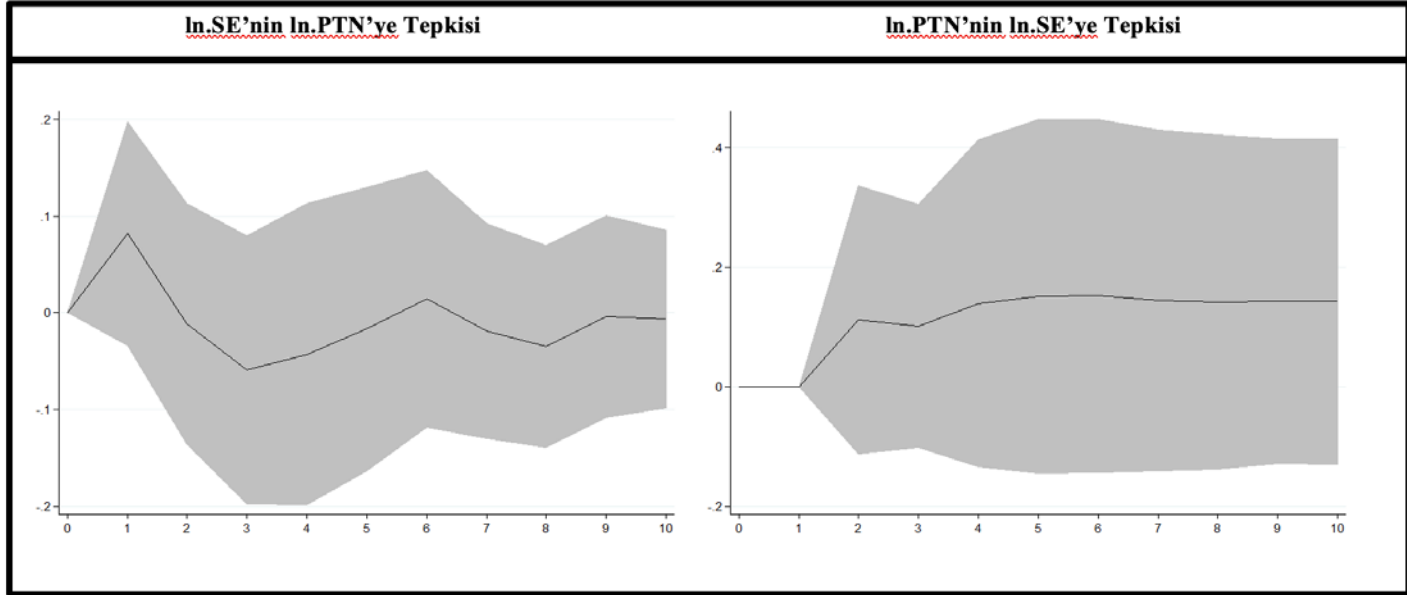
Tablo 7’de sunulan patent verileri ile gerçekleştirilen Granger Nedensellik Testi sonuçları incelendiğinde, teknolojik gelişmenin alternatif göstergesi olarak kullanılan patent değişkeni ile imalat sanayi üretimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmadığı görülmektedir. Bu bulgu, ana modelde Ar-Ge harcamaları ile imalat sanayi üretimi arasında kısa dönemli nedensellik ilişkisinin tespit edilememesi sonucu ile uyumludur. Öte yandan, patent tescil sayıları ile kamu

yatırımları arasında çift yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Buna göre patent faaliyetlerindeki değişimlerin kamu yatırımlarını etkilediği, kamu yatırımlarındaki değişimlerin ise patent faaliyetleri üzerinde belirleyici rol oynadığı anlaşılmaktadır.

Ana model bulgularında kamu yatırımları ile imalat sanayi üretimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilirken, robust analiz sonuçları teknolojik gelişmenin patent göstergesi üzerinden kamu yatırımları ile daha güçlü bir etkileşim içinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, kamu yatırımlarının hem imalat sanayi üretimi hem de teknolojik gelişme göstergeleri ile etkileşim içerisinde olduğu, ancak teknolojik gelişmenin imalat sanayi üretimi üzerindeki kısa dönemli etkisinin doğrudan bir nedensellik kanalı üzerinden ortaya çıkmadığı anlaşılmaktadır.

Etki-tepki analizi sonuçları, patent tescil sayılarındaki bir şokun imalat sanayi üretimi üzerinde kısa vadede sınırlı

ancak istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığını, bu etkinin birkaç dönem içerisinde zayıflayarak ortadan kalktığını göstermektedir. Buna karşılık, imalat sanayi üretiminde meydana gelen bir şokun patent tescil faaliyetleri üzerinde daha kalıcı ve istikrarlı bir etki oluşturduğu görülmektedir. Bu asimetrik etkileşim yapısı, yenilik sürecinde kullanılan göstergelerin niteliğiyle ilişkilendirilebilir. Ar-Ge harcamaları üretim sürecine giren bir girdi değişkeni iken, patent tescil sayıları bu sürecin somut ve gözlemlenebilir çıktısını temsil etmektedir. Dolayısıyla patent verisi kullanıldığında ortaya çıkan kısa vadeli nedensellik, sanayi üretimindeki dalgalanmaların teknolojik çıktılar üzerinden daha hızlı yansımalar üretebildiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, her iki analizde de uzun dönemli eş bütünleşme ilişkisinin tespit edilememesi, teknolojik faaliyetler ile imalat sanayi üretimi arasındaki etkileşimin esas olarak kısa dönemli dinamikler üzerinden işlediğini göstermektedir.



Şekil 3 Patent Tescil Şoklarının İmalat Sanayi Üretimine Etkisi

Tablo 8 Varyans Ayrıştırma (Robust)

Dönem	ln.SE	ln.PTN	ln.KY
1	100.0	0.0	0.0
2	95.11	1.57	3.31
3	87.82	5.73	6.43
4	87.42	5.59	6.97
5	84.00	6.01	9.97
6	83.68	6.09	10.21
7	79.67	10.62	9.70
8	79.98	10.49	9.52
9	79.46	10.99	9.53
10	79.38	11.02	9.59

Varyans ayrıştırması sonuçları, imalat sanayi üretimindeki öngörü hata varyansının büyük ölçüde kendi iç dinamikleri tarafından açıklandığını, patent tescil faaliyetleri ve kamu yatırımlarının katkısının ise sınırlı ancak zamanla artan bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle patent kaynaklı şokların payı, ilk dönemlerde düşük olmakla birlikte orta vadede kademeli bir artış sergilemekte, bu durum teknolojik çıktılara dayalı etkilerin gecikmeli olarak üretim sürecine yansıdığına işaret etmektedir. Buna karşılık, imalat sanayi üretimine ilişkin şokların açıklayıcı gücü tüm dönemler boyunca baskın kalmaktadır. Bu bulgular, kısa vadeli etkileşimlerin varlığını desteklemekle birlikte, sanayi üretiminin temel belirleyicisinin yine kendi dinamikleri olduğunu ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye’de teknolojik gelişmenin imalat sanayi üzerindeki etkisi 1990–2024 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak analiz edilmiştir. İmalat sanayi üretimini temsilen Sanayi Üretim Endeksi (İmalat) kullanılmış; teknolojik gelişme göstergesi olarak literatürde yaygın biçimde kullanılan Ar-Ge harcamaları temel değişken olarak ele alınmıştır. Ayrıca kamu yatırımları kontrol değişkeni olarak modele dâhil edilmiş, robust analiz kapsamında ise teknolojik çıktıyı temsilen patent tescil sayıları kullanılarak bulguların duyarlılığı test edilmiştir.

Birim kök testleri sonucunda değişkenlerin birinci farklarında durağan oldukları belirlenmiş, bu doğrultuda eş bütünleşme testleri uygulanmıştır. Elde edilen

sonuçlar, Ar-Ge harcamaları ile imalat sanayi üretimi arasında uzun dönemli bir eş bütünleşme ilişkisine işaret etmemektedir. Granger nedensellik testi bulguları, Ar-Ge harcamalarından imalat sanayi üretimine doğru kısa dönemli istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir. Öte yandan, kamu yatırımları ile imalat sanayi üretimi arasında çift yönlü ve anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir; yani kamu yatırımlarındaki değişimler imalat sanayi üretimini, imalat sanayi üretimindeki değişimler ise kamu yatırımlarını etkilemektedir. Ayrıca, Ar-Ge harcamalarının kamu yatırımlarını etkileyen bir unsur olarak öne çıktığı, ancak ters yönlü bir etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, etki–tepki ve varyans ayrıştırma analizleri, teknolojik faaliyetlerin imalat sanayi üzerindeki etkisinin tamamen yok olmadığını, ancak bu etkinin kısa vadeli, dolaylı ve sınırlı bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Robust analiz kapsamında kullanılan patent verileri ile gerçekleştirilen Granger testleri incelendiğinde, patent değişkeni ile imalat sanayi üretimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmadığı görülmektedir; bu bulgu, ana modelde Ar-Ge harcamaları ile imalat sanayi üretimi arasında kısa dönemli nedensellik ilişkisinin tespit edilememesi sonucu ile uyumludur. Öte yandan, patent tescil sayıları ile kamu yatırımları arasında çift yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir; yani patent faaliyetlerindeki değişimlerin kamu yatırımlarını etkilediği, kamu yatırımlarındaki değişimlerin ise patent faaliyetleri üzerinde belirleyici rol oynadığı anlaşılmaktadır.

Ana model ve robust analiz bulguları birlikte değerlendirildiğinde, kamu yatırımlarının hem imalat sanayi üretimi hem de teknolojik gelişme göstergeleri ile etkileşim içerisinde olduğu, ancak teknolojik gelişmenin imalat sanayi üretimi üzerindeki kısa dönemli etkisinin doğrudan bir nedensellik kanalı üzerinden ortaya çıkmadığı anlaşılmaktadır.

Genel olarak elde edilen bulgular, Türkiye’de teknolojik gelişme ile imalat sanayi üretimi arasındaki ilişkinin doğrudan ve uzun dönemli bir denge ilişkisi biçiminde işlemediğini; daha çok kısa dönemli dinamikler ve dolaylı kanallar üzerinden şekillendiğini göstermektedir. Bu çerçevede, teknoloji politikalarının yalnızca Ar-Ge

harcamalarının artırılmasına odaklanmak yerine, bu harcamaların etkinliğini ve üretim sürecine dönüşümünü güçlendirecek kurumsal ve yapısal düzenlemelerle desteklenmesi önem taşımaktadır. Patentleşme süreçlerinin hızlandırılması, kamu yatırımlarının üretken alanlara yönlendirilmesi ve sanayi-teknoloji etkileşimini güçlendirecek mekanizmaların geliştirilmesi, imalat sanayinin teknolojik gelişmeden daha güçlü biçimde faydalanabilmesi açısından kritik görünmektedir.

KAYNAKLAR

- Akçığıt, U., & Tok, E. Ö. (2020). *Türkiye bilim raporu* (TÜBA Raporları No. 49). Türkiye Bilimler Akademisi.
- Akyol, E. S., & Metin, G. U. (2021). Türkiye'de imalat sanayinde işgücü verimliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Verimlilik Dergisi*, 1, 35–47. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.614695>
- Backer, K. D., Desnoyers, I. J., & Moussiégt, L. (2015). *Manufacturing or services—That is (not) the question: The role of manufacturing and services in OECD economies* (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 19). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5js64ks09dmn-en>
- Balkaya, E. (2022). Teknoloji kullanım düzeyine göre Türkiye imalat sanayi ve istihdam. İçinde M. Mete & E. Akardeniz (Eds.), *İktisadi-ıdari bilimlerde araştırma ve değerlendirmeler* (ss. 23–34). Gece Kitaplığı.
- Barışık, S., & Kesikoğlu, F. (2006). Türkiye'de bütçe açıklarının temel makroekonomik değişkenler üzerine etkisi (1987–2003 VAR etki-tepki analizi, varyans ayrıştırması). *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 61(4), 59–82.
- Bozkurt, K. (2008). Türk imalat sanayisinde teknolojik gelişme ve ihracat performansı. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 45(522), 91–103.
- Doolani, S., Wessels, C., Kanal, V., Sevastopoulos, C., Jaiswal, A., Nambiappan, H., & Makedon, F. (2020). A review of extended reality (XR) technologies for manufacturing training. *Technologies*, 8(77), 1–20. <https://doi.org/10.3390/technologies8040077>
- Furman, J. L., Porter, M. E., & Stern, S. (2002). The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 31(6), 899–933.
- Guo, D., Guo, Y., & Jiang, K. (2016). Government-subsidized R&D and firm innovation: Evidence from China. *Research Policy*, 45, 1129–1144.
- Gülsever, Z., & Önder, K. (2023). Türkiye imalat sanayi sektörünün inovasyon yapısının haritalandırma yöntemi ile analizi. *Turkish Studies – Economics*, 18(3), 843–864. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.68518>
- Günaydın, İ. (2004). Vergi–harcama tartışması: Türkiye örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 5(2), 163–181.
- Güney, G. (2023). Ar-Ge personelinin firma verimliliğine etkisi: Türk imalat sanayi örneği. *Sosyoekonomi*, 31(57), 385–400. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2023.03.18>
- Has, B., & Çınar, S. (2022). Türkiye'de imalat sanayi ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(1), 7–22. <https://doi.org/10.38057/bifd.999364>
- Kapkara Kaya, S., & Alış, O. (2025). Ar-Ge harcamalarının ve çalışan sayısının Türk imalat sanayi verimliliğine etkisi. *Business, Economics and Management Research Journal*, 8(3), 229–239. <https://doi.org/10.58308/bemarej.1819280>
- Kopuk, E., & Meçik, O. (2020). Türkiye'de imalat sanayi ve tarım sektörlerinin ekonomik büyüme üzerine etkisi: 1998–2020 dönemi analizi. *Yönetim ve Ekonomi*, 27(2), 263–274. <https://doi.org/10.18657/yonveek.693387>
- Kumar, V., Kumar, U., & Persaud, A. (1999). Building technological capability through importing technology: The case of Indonesian manufacturing industry. *The Journal of Technology Transfer*, 24(1), 81–96.
- Külünk, İ. (2023). Seçilmiş makro iktisadi göstergelerle imalat sanayi ve büyüme ilişkisi: Türkiye örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 19(1), 59–70.
- Mucuk, M., & Alptekin, V. (2008). Türkiye'de vergi ve ekonomik büyüme ilişkisi: VAR analizi (1975–2006). *Maliye Dergisi*, (155), 159–174.
- Özer, M., & Erdoğan, L. (2006). Türkiye'de ihracat, ithalat ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin zaman serisi analizi. *Ekonomik Yaklaşım*, 17(60–61), 1–110.
- Ronaghi, M. H. (2023). The influence of artificial intelligence adoption on circular economy practices in manufacturing industries. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 14355–14380. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02670-3>
- Samancı, M., & Noyan, E. (2023). Türkiye yüzyılında kamu harcamaları ve kamu gelirleri ilişkisi: VAR analizi. *Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi*, 6(1), 1–11.
- Schwachula, A., Seoane, M. V., & Hornidge, A. K. (2014). *Science, technology and innovation in the context of development: An overview of concepts and corresponding policies recommended by international organisations* (ZEF Working Paper Series No. 132). University of Bonn, Center for Development Research.
- Tokatlıoğlu, İ., & Emikönel, M. (2020). Türkiye imalat sanayinde teknoloji yayılımı ve özümleme kapasitesi: 2003–2017 dönemi. *Ekonomik Yaklaşım*, 31(115), 161–183. <https://doi.org/10.5455/ey.17017>
- Toparlak, E., & Susam, N. (2023). Yenilenebilir enerji üzerine uygulanan kamu politikalarının teknolojik inovasyon üzerine etkisi: Türkiye ve Avrupa Birliği ülkeleri üzerine bir inceleme. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari*

Bilimler Fakültesi Dergisi, 16(1), 180–192. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.1123186>

Yıldırım, A. E., & Erduru, İ. (2023). Örgütlerde Ar-Ge yoğunlukları ile kârlılık ilişkisi: İmalat sanayi alt sektörleri üzerine bir araştırma. İçinde M. Avcı, E. Kara, & A. Kaya (Eds.), *Örgütsel davranış araştırmaları*. (ss. 9–21). Eğitim Yayınevi.