AR-GE HARCAMALARININ VE VERGİ TEŞVİKLERİNİN YAPAY ZEKAYA ETKİSİ: G8 ÜLKELERİ VE TÜRKİYE'DEN KANITLAR

THE EFFECT OF R&D EXPENDITURES AND TAX INCENTIVES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE: EVIDENCE FROM THE G8 COUNTRIES AND TÜRKİYE

Ali BALKI

91

Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi
Yıl: 2026 Sayfa: 1-14
https://dergipark.org.tr/tr/pub/cusosbil

DOI: 10.35379/cusosbil.1668087

Geliş Received: **29.03.2025**
Kabul Accepted: **10.11.2025**

AR-GE HARCAMALARININ VE VERGİ TEŞVİKLERİNİN YAPAY ZEKAYA ETKİSİ: G8 ÜLKELERİ VE TÜRKİYE'DEN KANITLAR

THE EFFECT OF R&D EXPENDITURES AND TAX INCENTIVES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE: EVIDENCE FROM THE G8 COUNTRIES AND TÜRKİYE

Ali BALKI [1]

Anahtar Kelimeler:
Yapay zekâ,
Ar-Ge harcamaları,
Vergi teşvikleri,
Ekonomik büyüme,
Panel veri analizi

Keywords:
Artificial intelligence,
R&D expenditures,
Tax incentives,
Economic growth,
Panel data analysis.

ÖZ

Bu çalışma, G8 ülkeleri ve Türkiye'nin 2010-2020 dönemine ait verilerini kullanarak araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) harcamalarının, Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin ve ekonomik büyümenin yapay zekaya etkilerini tahmin etmektedir. Yapay zekânın göstergesi olarak yapay zekâ patent sayılarının kullanıldığı rassal etkiler modelinde yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre, özel sektörün Ar-Ge harcamaları ile yapay zekâ arasında pozitif bir ilişki vardır. Benzer şekilde Ar-Ge'deki vergi teşvikleri arttıkça yapay zekâ patent sayıları artmaktadır. Bu durum özel sektör Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'deki vergi teşviklerinin verimli kullanıldığını göstermektedir. Kamunun Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ile yapay zekâ arasında ise negatif bir ilişki bulunmaktadır. Bu sonuç kamunun Ar-Ge harcamalarının etkin ve verimli kullanılmadığına işaret etmektedir. Çalışmanın bulgularından hareketle teknolojik ilerlemeyi ve yeniliği önemseyen devletler, özel sektörün Ar-Ge yatırımlarını sübvansiyonlar, düşük faizli krediler gibi araçlarla teşvik etmelidir. Devlet, Ar-Ge harcamalarında verimliliği artırmak için performans ve proje bazlı destekler verebilir. Ayrıca, yapay zekâ teknolojileri alanında faaliyet gösteren firmalara uygulanan vergi indirim oranları artırılabilir.

ABSTRACT

This study estimates the effects of research and development (R&D) expenditures, tax incentives in R&D, and economic growth on artificial intelligence by using data from the G8 countries and Türkiye for the period 2010-2020. According to the regression analysis results in the random effects model where the number of artificial intelligence patents is used as an indicator of artificial intelligence, there is a positive relationship between private sector R&D expenditures and artificial intelligence, suggesting that increases in private R&D investment are associated with higher AI patent output. Similarly, an increase in tax incentives for R&D is found to raise the number of AI patents, implying that private R&D spending and tax incentives are used efficiently. This situation shows that private sector R&D expenditures and tax incentives in R&D are used efficiently. There is a negative relationship between government R&D expenditures, economic growth and artificial intelligence. This result indicates that government R&D expenditures are not used effectively and efficiently. Based on the findings of the study, governments that care about technological progress and innovation should encourage private sector R&D investments with tools such as subsidies and low-interest loans. Governments can provide performance- and project-based support to increase efficiency in R&D expenditures. Additionally, the tax reduction rates applied to companies operating in the field of artificial intelligence technologies may be increased.

[1] Doç. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü, alibalki42@hotmail.com, 0000-0002-7130-2001.

Alıntılamak için/Cite as: Balkı A. (2026) Ar-Ge Harcamalarının Ve Vergi Teşviklerinin Yapay Zekaya Etkisi: G8 Ülkeleri Ve Türkiye'den Kanıtlar, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, s.1-14

GİRİŞ

Ekonomi politikasının ayrılmaz bir parçası olan maliye politikası, hükümetler tarafından yürütülmektedir. Maliye politikasıyla hükümetler, ekonomik büyüme ve kalkınma başta olmak üzere fiyat istikrarı, gelir dağılımında adalet, teknolojik gelişme ve yenilik gibi birçok amaca ulaşmaya çalışır. Temel maliye politikası araçları ise kamu harcamaları, vergiler ve borçlanmadır. Borçlanma, vadesi geldiğinde anapara ve faiziyle birlikte geri ödendiği için çok fazla tercih edilmez. Kamu harcamalarının büyük çoğunluğunu vergilerle finanse eden hükümetler, kamu kaynaklarını etkin ve verimli kullanmalıdır. Çünkü, nasıl ki ekonomilerde kaynaklar sınırlı ise kamu kaynakları daha da sınırlıdır. Kamunun cari harcamaları her yıl tekrar eder ve kamu hizmetlerinin devamlılığı için zorunludur. Ancak yatırım harcamaları, hükümetin tercihine göre değişir. Bu kapsamda, ekonomik gelişme ve yeniliği önemseyen hükümetler Ar-Ge harcamalarına daha fazla pay ayırmaktadır. Ar-Ge'deki vergi teşvikleri de bu politikayı destekler. Burada önemli olan nokta, kamunun Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin etkin kullanılıp kullanılmadığıdır.

Kamunun Ar-Ge harcamalarının ve vergi teşviklerinin etkinliği üzerine yapılan çok sayıda çalışma (Gokhberg vd., 2014; Kou vd., 2023; Ravšelj & Aristovnik, 2018; Russo, 2004; Samoilikova vd., 2021; Yang vd., 2012) bulunmaktadır. Ancak, Ar-Ge harcamalarını inovasyonun bir göstergesi olan yapay zeka (artificial intelligence - AI) ile ilişkilendiren çalışmalar (Dong vd., 2020; Fujii & Managi, 2018; Göçoğlu vd., 2024) sınırlıdır. Bu çalışmalar, Ar-Ge harcamalarını kamu ve özel sektör olarak ayırmadan analiz etmiştir. Ayrıca, Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin AI'ye etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya da rastlanılmamıştır. Bu motivasyonla çalışmanın amacı hem kamunun hem de özel sektörün Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin AI'ye etkisini ölçmektir. G8 (group of eight) ülkelerinin ve Türkiye'nin 2010-2020 dönemine ait verilerinin incelendiği bu çalışmada, AI'nin göstergesi olarak AI patent sayısı kullanılmıştır.

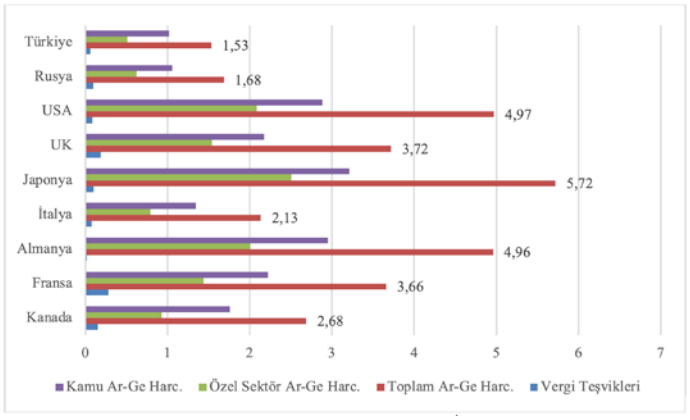
G8 ülkelerinin ve Türkiye'nin hem Ar-Ge harcamaları hem de Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşvikleri son on yıllık dönemde sürekli artmıştır. Özellikle kamunun Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin verimli kullanılması kritik öneme sahiptir. Çünkü kamu kaynakları oldukça sınırlıdır. Bu kapsamda çalışmanın araştırma sorusu şudur: "Kamunun ve özel sektörün Ar-Ge harcamaları ile Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşvikleri AI üzerinde etkili midir?". Bu araştırma sorusunun cevabı, Ar-Ge için kamu kaynaklarının verimli kullanılıp kullanılmadığını da gösterecektir. Bu amaçla çalışmanın ilk bölümünde G8 ülkeleri ve Türkiye'de Ar-Ge ve teknolojik ilerlemeye sağlanan teşvikler karşılaştırmalı olarak açıklanmıştır. İkinci bölümde ilgili literatür incelenmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan veri seti ve yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde panel veri analizinden elde edilen bulgular yer almaktadır. Sonuç bölümünde ise bulguların literatürle örtüşen ve ayrışan yönleri tartışılarak politika çıkarımları ve gelecek çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

AR-GE VE TEKNOLOJİK İLERLEMEYE SAĞLANAN TEŞVİKLER

Teknolojik ilerleme ile Ar-Ge harcamaları birbirini besleyen ve ekonomik gelişmeye önemli katkılar sağlayan iki unsurdur. İleri teknolojiler kullanarak üretim yapan firmalar Ar-Ge harcamalarına daha fazla pay ayırmakta Ar-Ge'ye daha fazla kaynak ayıran firmalar da yüksek teknolojili ürünler elde etmektedir (Griliches, 1981; Stokey, 1995). Bu ürünler, yüksek katma değer oluşturduğu için ülke ekonomilerinin büyümesini ve kalkınmasını önemli ölçüde desteklemektedir (Cohen vd., 2002). Ar-Ge ve teknolojik ilerlemeye yönelik yapılan yatırımların ekonomik büyüme için hayati öneme sahip olduğuna dair geniş bir literatür (Aghion & Howitt, 1992; Ahmad & Zheng, 2023; Boeing vd., 2022; Cameron, 1996; Chu & Cozzi, 2014; Grossman & Helpman, 1991; Hasan & Tucci, 2010; Romer, 1990; Wang vd., 2013) oluşmuştur. Bu durum, G8 ülkeleri ve Türkiye'nin 2010-2020 döneminde yapmış olduğu Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin gayri safi yurtiçi hasılaya (GSYİH) oranının gösterildiği Şekil 1'de de izlenmektedir. Buna göre, ilgili dönemde en fazla toplam Ar-Ge harcaması yapan ülke Japonya'dır (%5,72). Japonya'yı %4,97 ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve %4,96 ile Almanya takip etmektedir. Bu dönemde en az toplam Ar-Ge

harcaması yapan ülke Türkiye'dir (%1,53). Türkiye'yi %1,68'lik ortalama ile Rusya takip etmektedir. Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarının G8 ülkelerinden az olması, ekonomik büyüme ve kalkınmada da bu ülkelerin gerisinde olduğunun bir göstergesidir.

Firmaların Ar-Ge ve teknolojik ilerlemeye yatırım yapabilmesi için sermaye birikimine ihtiyaçları vardır. Özel sektörün yeteri kadar sermaye birikimini sağlayamadığı durumlarda devletler uyguladıkları teşvik politikalarıyla Ar-Ge ve teknolojik ilerlemeye yönelik yatırımları artırmaya çalışmaktadır (Barış ve Farımaz, 2024). Şekil 1 incelendiğinde de örnekleme dahil edilen tüm ülkelerin Ar-Ge harcamalarında kamunun payının özel sektöre göre daha fazla olduğu görülmektedir. Ar-Ge harcamalarında kamunun payının en yüksek olduğu ülke Türkiye'dir (%66,60). Türkiye'yi Kanada (%65,38) ve İtalya (%63) takip etmektedir. Özel sektörün payının en yüksek olduğu ülke ise Japonya'dır (%43,8). Japonya'yı ABD (%41,96) ve Birleşik Krallık (%41,42) takip etmektedir. Türkiye'de diğer ülkeler göre Ar-Ge harcamalarında kamunun payının daha yüksek olmasının sebebi özel sektörün yeteri kadar sermaye birikimine sahip olmamasıdır.



Şekil 1. Ar-Ge Harcamalarının ve Ar-Ge'ye Uygulanan Vergi Teşviklerinin GSYİH'ye Oranı (2010-2020 Dönemi Ortalaması)
Kaynak: OECD (2024) verileri kullanılarak hazırlanmıştır.

AB ülkelerinden Fransa, Almanya ve İtalya'nın diğer ülkelere göre uyguladığı Ar-Ge teşvik sayısı fazladır. Bu üç ülke Ar-Ge teşviki olarak hızlandırılmış amortisman, nakit yardımı, düşük faizli kredi, indirimli vergi oranı, sosyal güvenlik katkısı, Ar-Ge indirimi, vergi kredisi ve vergi tatili uygulamaktadır. Rusya hızlandırılmış amortisman, indirimli vergi oranı, sosyal güvenlik katkısı, Ar-Ge indirimi, vergi kredisi, vergi muafiyeti ve vergi tatili uygularken ABD sadece hızlandırılmış amortisman, Ar-Ge indirimi ve vergi kredisi uygulamaktadır. Benzer şekilde Kanada da hızlandırılmış amortisman, nakit yardımı ve vergi kredisi ile Ar-Ge'ye destek sağlamaktadır. Türkiye'nin Ar-Ge'ye sağladığı teşvikler ise Ar-Ge indirimi, gelir vergisi stopajı desteği, damga vergisi istisnası, sosyal güvenlik katkısı ve tekno girişim desteğidir (Kutbay ve Öz, 2017). Bunun yanı sıra, Şekil 1'de yer alan vergi teşviklerinin GSYİH'ye oranları incelendiğinde en fazla paya sahip olan ülke Fransa'dır (%0,28). Fransa'yı sırasıyla Birleşik Krallık (%0,19) ve Kanada (%0,15) izlemektedir. Oransal olarak en az vergi teşviki sağlayan ülkeler ise sırasıyla Almanya (%0,02), Türkiye (0,06) ve ABD'dir (%0,08).

Ar-Ge ve teknolojik ilerlemeyi devlet destekleri dışında etkileyen unsurlar da bulunmaktadır. Örneğin, bir ülkedeki yolsuzlukların kontrol edilmesi ve hukukun üstünlüğünün sağlanması, teknolojik ilerlemeyi olumlu etkilemektedir (Alsaleh vd., 2021; Dincer, 2019; Ellis vd., 2019; Hao, 2023; Koçak ve Özer, 2021; Mungiu-Pippidi, 2015; Ngobo & Fouda, 2012; Sivak vd., 2011; Thomas, 2010; Wen vd., 2023). Benzer şekilde, ekonomik özgürlükler üretim faktörlerinin serbest hareketliliğini artıracağı için teknolojik ilerleme ve ekonomik gelişmeye katkı sağlayacaktır (Blau, 2017; Carlos Diaz-Casero vd., 2012; Coyle vd., 2016; Hall & Sobel, 2008; Liu & Feng, 2022; Tag & Degirmen, 2022; Ünsal, 2025; Zhu vd., 2024). Bir ekonomide hükümetin, kamu görevlilerinin ve kamu hizmetlerinin kalitesini gösteren hükümet etkinliğinin yüksek olması, teknolojik ilerlemeyi desteklemektedir (Jiao vd., 2015; Wen vd., 2021).

LİTERATÜR TARAMASI

İlk kez McCarthy ve ark.'nın (1955) ifade ettiği AI, sistem dışındaki verileri doğru bir şekilde yorumlayarak belirli hedeflere ve görevlere ulaşmak için insanların bilişsel yeteneklerini yeniden üretmeyi amaçlayan teknolojik cihazların (makinelerin) kullanılmasıdır (Akçakanat, 2024; Kaplan & Haenlein, 2019; Wamba-Taguimdje vd., 2020). AI kullanımı birçok sektörü etkilemektedir. Literatürde AI kullanımının firma ve işgücü verimliliği üzerine

etkisini inceleyen çalışmalar (Acemoğlu & Restrepo, 2018; Acemoğlu vd., 2022; Babina vd., 2024; Bassetti vd., 2020; Bordot, 2022; Brynjolfsson vd., 2019; Johnson vd., 2022; Parteka & Kordalska, 2023; Raj & Seamans, 2018; Yang, 2022; Zhai & Liu, 2023) oldukça fazladır. Bu çalışmalardan Acemoğlu ve Restrepo'ya (2018) göre, AI kullanımı işgücü ve ücret talebini azaltarak üretim maliyetlerini düşürmektedir. Maliyetlerin azalması ve işlerin otomatikleşmesi, firmaların verimliliğini önemli düzeyde artırmaktadır. Elektronik sektöründe faaliyet gösteren firmaların verilerini inceleyen Yang (2022), AI teknolojilerinin işgücü kompozisyonlarını değiştirerek işgücü verimliliğini ve firmaların üretkenliğini artırdığını tespit etmiştir. Zhai ve Liu (2023) ise AI teknolojilerindeki inovasyonun göstergesi olarak AI patent sayılarını kullanmıştır. Çalışmanın bulgularına göre, AI'nin kullanımı maliyetleri azaltıp kalifiye (vasıflı) işgücü oranını artırmakta ve dijital dönüşümü kolaylaştırarak işletmelerin verimliliğini olumlu etkilemektedir.

Johnson ve ark. (2022) tarafından yapılan bir araştırmanın sonuçları, firmaların AI'yi işleri otomatikleştirmekten (11%) ziyade Ar-Ge faaliyetlerini artırmak (55%) amacıyla kullandığını göstermektedir. Buradan hareketle, AI'nin Ar-Ge harcamaları ile yakından ilişkisi olduğu çıkarımı yapılabilir. Ayrıca Archibugi (1992), Griliches (1998) ve Jaffe ve Trajtenberg (2002) gibi birçok araştırmacı inovasyonun göstergesi olarak patent sayılarını kullanmıştır. Griliches (1998), ABD üzerine yaptığı analizde, patent sayıları ile Ar-Ge harcamaları arasında pozitif bir ilişki tespit etmiştir. Bu çerçevede AI ile Ar-Ge harcamalarını ilişkilendiren çalışmalardan Turovets ve ark. (2020), G8 ülkelerinden Rusya ve İtalya haricindeki 6 ülke ile Çin ve Güney Kore'nin verilerini analiz etmiştir. Analiz sonuçlarına göre, AI patent sayısını özel sektörün Ar-Ge harcamaları, firmaların çalıştırdığı uzman sayısı ve beşerî sermaye pozitif etkilemektedir. Fujii ve Managi (2018) çalışmalarında, Japonya'da 2000-2016 dönemine ait 13.567 AI patentini dört gruba ayırarak AI patentini etkileyen faktörleri tespit etmişlerdir. Buna göre, AI patent sayısını etkileyen en önemli faktör Ar-Ge faaliyetleridir. AI patent sayılarını analiz eden Abadi ve Pecht (2020) ile Park (2024), AI patent sayısı ile Ar-Ge faaliyetleri arasında pozitif korelasyon tespit etmiştir.

Dong ve ark. (2020), Çin'deki 164 AI işletmesinin 2014-2018 dönemine ait verilerini kullanarak sabit etkiler modelinde regresyon analizi yapmıştır. Analiz sonuçlarına göre, firmaların Ar-Ge harcamaları arttıkça patent sayıları belirli bir noktaya kadar artmaktadır. Tepe noktasından sonra Ar-Ge harcamaları artmaya devam ederse patent sayıları azalmaktadır. Daha güncel bir çalışmada Göçoğlu ve ark. (2024), akıllı şehir uygulamalarında öne çıkan 18 ülkenin 1998-2017 dönemi verilerini analiz etmişlerdir. Çalışmanın bulguları, Ar-Ge harcamaları ile AI patent sayısı arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar, genellikle toplam Ar-Ge harcamalarının AI'ye etkisini ölçmüştür. Bu çalışma ise Ar-Ge harcamalarını kamu sektörü ve özel sektör olarak ayrıştırıp AI üzerindeki etkisine odaklanmaktadır. Ayrıca literatürden farklı olarak Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin AI üzerinde etkili olup olmadığı da araştırılmaktadır.

Analiz için kurulan modelde, bağımsız değişkenlerden biri de ekonomik büyümedir. Son on yılda AI ile ekonomik büyüme ilişkisini analiz eden çalışmalar (Abdulov, 2020; Aghion vd., 2017; Gonzales, 2023; He, 2019; Liu, 2021; Nxumalo vd., 2022; Saba & Ngepah, 2024) giderek artmaktadır. Bu çalışmalardan AI'nin göstergesi olarak bilgi ve iletişim teknolojilerindeki yatırımı kullanan He (2019), Çin'in eyalet düzeyindeki panel verileri aracılığıyla AI'nin ekonomik büyümeye etkisini ölçmüştür. Sabit etkiler modelinde yapılan analiz sonuçlarına göre AI, ekonomik büyümenin motorudur. Benzer bir çalışmada Fan ve Liu (2021), Çin'de 28 eyaletin 2005-2018 dönemine ait panel verilerini kullanarak AI'nin sürdürülebilir ekonomik büyümeye etkisini araştırmıştır. AI'nin göstergesi olarak yedi değişkenden (teknoloji uygulamaları, altyapı geliştirme yatırımları vb.) oluşan AI endeksini kullanan çalışmanın sonuçları, özellikle 2008 krizinden sonraki dönemde AI'nin ekonomik büyümeye önemli katkıda bulunduğunu göstermektedir. Nxumalo ve ark. (2022), Macaristan'ın bölgesel düzeydeki 2004-2021 dönemine ait verileriyle AI'nin ekonomik büyümeye etkisini analiz etmiştir. Fan ve Liu (2021) gibi AI endeksini kullanan çalışmanın sonuçlarına göre AI, Macaristan'ın ekonomik büyümesini olumlu etkilemektedir.

Gonzales (2023) ise önceki çalışmalardan farklı olarak

AI'nin göstergesi olarak AI patent sayılarını kullanmıştır. Ülkelerin 1970-2019 dönemine ait verilerini az gelişmiş ve gelişmiş ülkeler olmak üzere iki gruba ayıran Gonzales (2023), literatürü destekler nitelikte AI ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Bu ilişki, gelişmiş ülkelerde az gelişmiş ülkelere göre daha belirgindir. Gonzales'ten (2023) önce inovasyonun bir göstergesi olan patent sayıları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çok sayıda çalışma (Chu, 2022; Chu & Pan, 2013; Chu vd., 2016; Cozzi & Galli, 2014; Diwakar vd., 2021; Futagami & Iwaisako, 2007; Kim & Lee, 2015; Nguyen & Doytch, 2022; O'Donoghue & Zweimüller, 2004; Zeng vd., 2014) bulunmaktadır. Bu çalışmalar da genellikle patentlerin ekonomik büyümeyi olumlu etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Temel amacı Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin AI'ye etkisini ölçmek olan bu çalışma, ekonomik büyüme değişkenini de kullanmaktadır. Bu sayede, sınırlı olan AI patent sayısı-ekonomik büyüme ilişkisi literatürüne de katkı sağlamak amaçlanmıştır.

VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, dengeli panel veri analizi yapılmıştır. Hem kamu hem de özel sektör Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin AI'ye etkisini ölçmeyi amaçlayan bu çalışma, (1) numaralı denklemde gösterilen modeli tahmin etmektedir. Bu model oluşturulurken Fujii ve Managi (2018), Gonzales (2023) ve Göçoğlu ve ark.'nın (2024) kullanmış olduğu modellerden esinlenilmiştir.

$$lnAIPAT_{it}=\alpha_{it}+\beta_1 GOVRD_{it}+\beta_2 PRIRD_{it}+\beta_3 GROWTH_{it}+\beta_4 TAXINC_{it}+\varepsilon_{it} \quad (1)$$

G8 ülkeleri ve Türkiye'nin 2010-2020 dönemine ait yıllık verilerini kullanan bu çalışmada, zaman boyutu 11 iken ülke boyutu 9'dur (t=11, i=9). Denklemde yer alan α_{it} sabit terimi, ε_{it} hata terimini gösterirken β_1, β_2, β_3 ve β_4 eğim katsayılarını göstermektedir. Modelde kullanılan verilerin açıklamaları Tablo 1'de yer almaktadır. Değişkenlere ait özet istatistikler ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Veri Açıklamaları

Değişkenler	Kısaltmalar	Tanımlar	Kaynaklar
AI patent sayısı	lnAIPAT	AI patent sayısının logaritmik hali	Our World in Data (2024)
Kamunun Ar-Ge harcaması	GOVRD	Kamunun Ar-Ge harcamasının GSYİH'ye oranı	OECD (2024)
Özel sektörün Ar-Ge harcaması	PRIRD	Özel sektörün Ar-Ge harcamasının GSYİH'ye oranı	OECD (2024)
Ekonomik büyüme	GROWTH	GSYİH büyümesi (yıllık %)	World Bank (2024)
Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviği	TAXINC	Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviğinin GSYİH'ye oranı	OECD (2024)

Tablo 2. Özet İstatistikler

Değişkenler	lnAIPAT	GOVRD	PRIRD	GROWTH	TAXINC
Ortalama	14,06	2,07	1,38	1,50	0,12
Standart sapma	1,98	0,81	0,70	0,34	2,63
Minimum	9,49	0,79	0,34	-10,36	0,003
Maksimum	17,71	3,47	2,63	11,20	0,31
Gözlem sayısı	99	99	99	99	99

OLS, FE ve RE modellerinde etkinliği bozan varsayımların (otokorelasyon, değişen varyans ve yatay kesit bağımlılığı) test edilmesi gerekir. Otokorelasyon (autocorrelation) testinde Bhargava ve ark.'nın (1982) Durbin-Watson (D-W) testi ile Baltagi ve Wu'nun (1999) LBI testi kullanılmıştır. Değişen varyansın (heteroscedasticity) olup olmadığı ise Breusch ve Pagan (1979) ile Cook ve Weisberg'in (1983) önerdiği test kullanılarak sınanmıştır. Yatay kesit bağımlılığı (cross-section dependency) için Frees (1995) ve Pesaran'ın (2004) geliştirdiği testler uygulanmıştır. Etkinliği bozan varsayımların gerçekleşme durumuna göre çeşitli dirençli tahmincilerin kullanılması gerekir. Bu varsayımların tamamı gerçekleştiğinde Driscoll ve Kraay'ın (1998) geliştirdiği tahminci tercih edilmektedir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Temel amacı kamunun ve özel sektörün Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin AI'ye etkisini ölçmek olan bu çalışmada, yukarıda (1) numaralı denklemde gösterilen model kullanılmıştır. G8 ülkeleri ve Türkiye'nin 2010-2020 dönemine ait panel verilerinin hangi regresyon modelinde analiz edileceğine karar vermek için F, LM ve Hausman testleri uygulanmıştır. Bu testlerin sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. Buna göre, verilere en uygun modelin RE modelinde regresyon olduğuna karar verilmiştir.

Tablo 3. Model Belirleme Test Sonuçları

Yapılan testler	Test ist.	Prob.	Karar
F testi	20.86	0.0000	FE modeli
LM testi	89.92	0.0000	RE modeli
Hausman testi	2.78	0.5947	RE modeli

Etkinliği bozan varsayımların test sonuçları Tablo 4'te yer almaktadır. Bhargava ve ark.'nin (1982) Durbin-Watson testi ile Baltagi ve Wu'nun (1999) LBI testi sonuçlarına göre modelde otokorelasyon sorunu vardır. Breusch ve Pagan (1979) ile Cook ve Weisberg'in (1983) önerdiği test sonuçları ise değişen varyans sorununun olduğunu göstermektedir. Frees (1995) ve Pesaran (2004) test sonuçları ise modelde yatay kesit bağımlılığının bulunduğunu göstermektedir. Modelde etkinliği bozan varsayımların tamamı geçerli olduğu için RE modelindeki regresyon tahminlerinde Driscoll ve Kraay'ın (1998) geliştirdiği tahminci kullanılmıştır.

Tablo 4. Etkinliği Bozan Varsayımlar

Varsayımlar	Testler	Test ist.	Prob.	Karar
Otokorelasyon	D-W testi (Bhargava vd., 1982)	0,61	0,0002	Evet
	LBI testi (Baltagi & Wu, 1999)	0,80	0,0002	Evet
Değişen varyans	Breusch ve Pagan (1979); Cook ve Weisberg (1983)	156,79	0,0000	Evet
Yatay kesit bağımlılığı	Frees (1995)	2,59	< 0,01	Evet
	Pesaran (2004)	9,97	0,0000	Evet

Not: Frees (1995) testinde 0,01 anlamlılık düzeyinin kritik değeri 0,4649'dur.

RE modeli regresyon sonuçları ile Driscoll & Kraay tahmin sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir. Modelde kullanılan bağımsız değişkenler, AI patent sayısının yaklaşık %54'ünü açıklamaktadır. Driscoll & Kraay tahmin sonuçlarına göre, %1 anlamlılık düzeyinde özel sektörün Ar-Ge harcamaları AI üzerinde pozitif etkiye sahiptir. Özel sektörün Ar-Ge harcamalarındaki %1'lik artış, AI patent sayısını %4,28 artırmaktadır.

Tablo 5. Regresyon Analizi Sonuçları

	RE Modeli		**Driscoll&Kraay Tahmincisi**	
Değişkenler	Katsayı	z ist.	Katsayı	t ist.
GOVRD	-1,99	-1,30	-1,99*	-1,82
PRIRD	4,28**	2,46	4,28***	3,47
GROWTH	-0,11***	-3,23	-0,11**	-2,38
TAXINC	4,53**	2,09	4,53***	4,60
Sabit	11,89***	10,45	11,89***	17,61
Gözlem s.	99		99	
R^2	0,5393		0,5393	
F Testi	89,92***		262,87***	

Notlar: Bağımlı değişken lnAIPAT'dir. Anlamlılık düzeyleri: * p<0,1 ** p<0,05 *** p<0,01.

Kamunun Ar-Ge harcamaları ise %10 anlamlılık düzeyinde AI'yi negatif etkilemektedir. Kamunun Ar-Ge harcamalarındaki %1'lik artış, AI patent sayısını yaklaşık %2 azaltmaktadır. Kamunun Ar-Ge harcamalarının aksine Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşvikleri, AI'yi pozitif etkilemektedir (%1 anlamlılık düzeyinde). Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin %1 artması, AI patent sayısını %4,53 artırmaktadır. Modelde diğer değişkenlere göre AI'yi en az etkileyen değişken ekonomik büyümedir. %5 anlamlılık düzeyinde, ekonomik büyümedeki %1'lik artış, AI patent sayısını %0,11 azaltmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

G8 ülkeleri ve Türkiye'nin Ar-Ge harcamalarının ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin AI'ye etkisini tahmin eden bu çalışma, 2010-2020 dönemine ait yıllık verileri kullanmaktadır. Dengeli panel veriye dayanan RE modelinde regresyon analizi yapılırken Driscoll & Kraay tahmincisinden yararlanılmıştır. Bunun sebebi, analiz için oluşturulan modelde otokorelasyon, değişen varyans ve yatay kesit bağımlılığı sorunlarının olmasıdır. Kurulan model, kamunun ve özel sektörün Ar-Ge harcamalarının AI'ye etkisini ayrı ayrı tahmin ederken ekonomik büyümenin de AI üzerindeki etkisini tahmin etmektedir.

RE modelinde yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre, özel sektörün Ar-Ge harcamalarındaki artışlar AI patent sayısını artırmaktadır. Bu bulgu, özel sektörün Ar-Ge harcamaları ile AI patent sayısı arasında pozitif ilişki tespit eden Japonya için Fujii ve Managi (2018), Çin için Dong ve ark. (2020), G8 ülkelerinden Rusya ve İtalya haricindeki altı ülke ile Çin ve Güney Kore için Turovets ve ark.'nın (2020) elde ettiği bulgularla örtüşmektedir. Kamunun Ar-Ge harcamalarındaki artışlar ise AI patent sayılarını azaltmaktadır. Bu bulgu, toplam Ar-Ge harcamalarıyla AI patent sayısı arasında pozitif korelasyon bulan Abadi ve Pecht (2020), Göçoğlu ve ark. (2024), Griliches (1990) ve Park'ın (2023) elde ettiği bulgulardan ayrışmaktadır. Literatürdeki tüm çalışmalardan farklı olarak modele dahil edilen Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşvikleri ile AI patent sayısı arasında pozitif bir ilişki vardır.

Modeldeki son değişken ekonomik büyüme ile AI patent sayısı arasında ise negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Ekonomik büyümedeki artışlar AI patent sayısını azaltmaktadır. Literatürde ekonomik büyüme ile AI ilişkisini inceleyen çalışmaların neredeyse tamamı AI'nin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırarak pozitif bir ilişki tespit etmiştir. Ekonomik büyüme ile AI patent sayısı arasında tespit edilen negatif ilişki, Fan ve Liu (2021), He (2019) ve Nxumalo ve ark.'nın (2022) elde ettiği ekonomik büyüme ile AI arasındaki pozitif ilişki bulgusundan farklılaşmaktadır. Modelde AI patent sayılarını etkileyen değişkenlerden kamunun Ar-Ge harcaması, özel sektörün Ar-Ge harcaması, ekonomik büyüme ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin katsayı tahminleri sırasıyla "-1,99", "4,28", "-0,11" ve "4,53"tür. Bu sonuçlara göre Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşvikleri, AI patent sayısı üzerinde en fazla etkiye sahip olan faktördür. Bunu, özel sektörün Ar-Ge harcamaları takip etmektedir. AI patent sayısı üzerinde en az etkiye sahip olan değişken ise ekonomik büyümedir. Bunu, kamunun Ar-Ge harcamaları takip etmektedir. Kamunun Ar-Ge harcamalarının AI patent sayısını negatif etkilemesi, bu harcamaların verimli

kullanılmadığını göstermektedir. Bunun aksine, Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşvikleri verimli kullanılmakta ve AI patent sayısını pozitif etkilemektedir.

Bulgulardan hareketle sunulabilecek genel politika önerileri şunlardır: Özel sektörün Ar-Ge yatırımlarını artırmak için doğrudan sübvansiyonlar, düşük faizli krediler ve fonlar sağlanabilir. Kamunun Ar-Ge harcamalarının verimliliğini artırmak için harcamalar stratejik alanlara yönlendirilebilir ve performans bazlı destekler verilebilir. Kamunun Ar-Ge harcamaları, AI patent sayısını artıracak şekilde yeniden dizayn edilebilir. AI alanında faaliyet gösteren firmalara uygulanan vergi indirim oranları artırılabilir. Ekonomik büyümenin AI patent sayısına katkı sağlaması için AI alanında doğrudan yatırım destekleri ve Ar-Ge fonları artırılabilir.

G8 ülkeleri ile Türkiye karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, G8 ülkelerinde uygulanan Ar-Ge teşvik sistemleri uzun vadeli inovasyon stratejilerinin bir parçası olarak kurgulamışlardır. Bu ülkelerde Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşvikleri, özel sektörün yenilikçi yatırımlarını doğrudan motive edecek şekilde tasarlanmış ve bürokratik engeller minimize edilmiştir. Türkiye'de ise Ar-Ge'ye yönelik vergi teşvikleri hem kapsam hem de etkinlik açısından sınırlı kalmakta, firmalar teşvik mekanizmalarına erişimde zorlanmaktadırlar. G8 ülkelerine kıyasla Türkiye'de özel sektör Ar-Ge harcamalarının toplam Ar-Ge harcamaları içerisindeki payı oldukça düşüktür. Bu durum, inovasyonun kamusal fonlara bağımlı bir yapıda kalmasına neden olmaktadır. Çalışmanın bulgularında da görüldüğü üzere, kamu Ar-Ge harcamalarının AI patent sayılarını negatif etkilemesi, kaynakların verimsiz dağıtıldığını ve proje çıktılarının ticarileşemediğini göstermektedir. G8 ülkelerinde ise kamu fonları, üniversite-sanayi iş birliklerini ve stratejik öncelikli alanları destekleyici biçimde yönlendirilmektedir. Türkiye'de yenilikçi ekosistem, koordinasyon eksiklikleri, uzun onay süreçleri ve sınırlı özel sektör katılımı nedeniyle yeterince olgunlaşamamıştır. Dolayısıyla, Türkiye'nin Ar-Ge ve inovasyon politikasında G8 ülkelerindeki gibi performans ve çıktı odaklı bir modele geçiş gerekmektedir. Türkiye için yapılabilecek politika çıkarımları şu şekildedir: Ar-Ge teşvikleri, yapılan harcamadan ziyade elde edilen çıktı (patent sayısı, ticarilşeme vb.) üzerinden yapılandırılmalıdır. Kamunun yaptığı Ar-Ge harcamalarının verimliliği artırılmalı, özel sektörün Ar-Ge harcamaları özendirilmelidir. Ar-Ge desteklerini yöneten kurumlar arasında eş güdüm sağlanmalıdır. Ar-Ge teşviklerinde bürokratik süreçler azaltılmalı, özellikle KOBİ'lerin teşviklere erişimi kolaylaştırılmalıdır.

Bunun yanı sıra, çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır: Bu çalışma, G8 ülkeleri ve Türkiye'nin 2010-2020 dönemine ait verilerini analiz etmektedir. AI'nin göstergesi olarak AI patent sayıları kullanılmıştır. Kurulan modelde, kamunun ve özel sektörün Ar-Ge harcamalarının, ekonomik büyümenin ve Ar-Ge'ye uygulanan vergi teşviklerinin AI patent sayısına etkisi tahmin edilmiştir. Gelecek çalışmalarda, bu model farklı ülke gruplarına daha geniş zaman aralığında uygulanabilir. Değişkenler arasındaki ilişkilerin yönünü belirlemek için uygun nedensellik testleri yapılabilir. AI'nin göstergesi olarak farklı değişkenler kullanılabilir. İnovasyonu ve ekonomik gelişmeyi etkileyebilecek göstergelerden ekonomik özgürlükler, kamu hizmetlerinin kalitesini gösteren hükümet etkinliği, adalet sisteminin işleyişi ve hukukun üstünlüğü gibi göstergeler eklenerek model genişletilebilir.

KAYNAKLAR

Abadi, H. H. N., & Pecht, M. (2020). Artificial intelligence trends based on the patents granted by the United States patent and trademark office. *IEEE Access, 8*, 81633-81643. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988815

Abdulov, R. (2020). Artificial intelligence as an important factor of sustainable and crisis-free economic growth. *Procedia Computer Science, 169*, 468-472. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.223

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). *Artificial intelligence, automation, and work.* A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), The economics of artificial intelligence: An agenda (s. 197-236). University of Chicago Press.

Acemoglu, D., Autor, D., Hazell, J., & Restrepo, P. (2022). Artificial intelligence and jobs: Evidence from online vacancies. *Journal of Labor Economics, 40*(1), 293-340. https://doi.org/10.1086/718327

Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica, 60*(2), 323–351.

Aghion, P., Jones, B. F., & Jones, C. I. (2017). *Artificial intelligence and economic growth* (Vol. 23928). Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. https://doi.org/10.7208/9780226613475-011

Ahmad, M., & Zheng, J. (2023). The cyclical and nonlinear impact of R&D and innovation activities on economic growth in OECD economies: A new perspective. *Journal of the Knowledge Economy, 14*(1), 544-593. https://doi.org/10.1007/s13132-021-00887-7

Akçakanat, Ö. (2024). Yapay zekâ kaygısının teknoloji kaynaklı işsizlik endişesi üzerine etkisi: Muhasebe meslek mensupları üzerine bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26*(Özel Sayı), 53-67. https://doi.org/10.33707/akuiibfd.1458358

Alsaleh, M., Abdul-Rahim, A. S., & Abdulwakil, M. M. (2021). The importance of worldwide governance indicators for transitions toward sustainable bioenergy industry. *Journal of environmental management*, *294*, 112960. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112960

Archibugi, D. (1992). Patenting as an indicator of technological innovation: a review. *Science and public policy, 19*(6), 357-368. https://doi.org/10.1093/spp/19.6.357

Babina, T., Fedyk, A., He, A., & Hodson, J. (2024). Artificial intelligence, firm growth, and product innovation. *Journal of Financial Economics, 151*, 103745. https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2023.103745

Baltagi, B. H., & Wu, P. X. (1999). Unequally spaced panel data regressions with AR (1) disturbances. *Econometric theory, 15*(6), 814-823. https://doi.org/10.1017/S0266466699156020

Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, Third Edition, West Sussex: John Wiley & Sons.

Barış, A. ve Farimaz, M. (2024). İnovasyon ve ar-ge: stratejik devlet politikalari ve teşvikler. *Amasya Üniversitesi Ekonomi Ticaret ve Pazarlama Dergisi, 1*(1), 14-39.

Bassetti, T., Galvez, Y. B., Pavesi, F., & Del Sorbo, M. (2020). *Artificial intelligence: impact on total factor productivity, E-commerce & fintech.* Luxembourg: Publications office of the European Union.

Bhargava, A., Franzini, L., & Narendranathan, W. (1982). Serial correlation and the fixed effects model. *The review of economic studies, 49*(4), 533-549. https://doi.org/10.2307/2297285

Blau, B. M. (2017). Economic freedom and crashes in financial markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, *47*, 33-46. https://doi.org/10.1016/j.intfin.2016.11.010

Boeing, P., Eberle, J., & Howell, A. (2022). The impact of China's R&D subsidies on R&D investment, technological upgrading and economic growth. *Technological Forecasting and Social Change, 174,* 1-10. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121212

Bordot, F. (2022). Artificial intelligence, robots and unemployment: Evidence from OECD countries. *Journal of Innovation Economics & Management, 37*(1), 117-138. https://doi.org/10.3917/jie.037.0117

Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica: Journal of the econometric society,* 1287-1294. https://doi.org/10.2307/1911963

Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies, 47*(1), 239-253. https://doi.org/10.2307/2297111

Bronzini, R., & Piselli, P. (2016). The impact of R&D subsidies on firm innovation. *Research Policy, 45*(2), 442-457. https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.10.008

Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2019). Artificial intelligence and the modern productivity paradox. *The economics of artificial intelligence: An agenda, 23*(2019),

23-57. https://doi.org/10.7208/9780226613475-003

Cameron, G. (1996). *Innovation and economic growth* (No. 277). London School of Economics and Political Science. Centre for Economic Performance.

Carlos Díaz-Casero, J., Ángel Manuel Díaz-Aunión, D., Cruz Sánchez-Escobedo, M., Coduras, A., & Hernández-Mogollón, R. (2012). Economic freedom and entrepreneurial activity. *Management Decision*, *50*(9), 1686-1711. https://doi.org/10.1108/00251741211266750

Chu, A. C., & Pan, S. (2013). The escape-infringement effect of blocking patents on innovation and economic growth. *Macroeconomic Dynamics, 17*(4), 955-969. https://doi.org/10.1017/S136510051100068X

Chu, A. C., Furukawa, Y., & Ji, L. (2016). Patents, R&D subsidies, and endogenous market structure in a Schumpeterian economy. *Southern Economic Journal, 82*(3), 809-825. https://doi.org/10.1002/soej.12122

Chu, A. C. (2022). Patent policy and economic growth: A survey. *The Manchester School, 90*(2), 237-254. https://doi.org/10.1111/manc.12392

Chu, A. C., & Cozzi, G. (2014). R&D and economic growth in a cash-in-advance economy. *International Economic Review, 55*(2), 507-524. https://doi.org/10.1111/iere.12059

Cohen, W. M., Goto, A., Nagata, A., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2002). R&D spillovers, patents and the incentives to innovate in Japan and the United States. *Research policy, 31*(8-9), 1349-1367. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00068-9

Cook, R. D., & Weisberg, S. (1983). Diagnostics for heteroscedasticity in regression. *Biometrika, 70*(1), 1-10. https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.1

Coyle, T. R., Rindermann, H, & Hancock, D. (2016). Cognitive capitalism: Economic freedom moderates the effects of intellectual and average classes on economic productivity. *Psychological Reports*, *119*(2), 411-427. https://doi.org/10.1177/0033294116659854

Cozzi, G, & Galli, S. (2014). Sequential R&D and blocking patents in the dynamics of growth. *Journal of Economic Growth, 19*, 183-219. https://doi.org/10.1007/s10887-013-9101-5

Demirtaş, G. ve Çiçek, S. (2023). Demokrasinin Kadınların İş Gücüne Katılımı Üzerindeki Etkisinde Eğitimin Aracılık Rolü: Panel Veri Analizi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 78*(4), 785-811. https://doi.org/10.33630/ausbf.1116938

Dincer, O. (2019). Does corruption slow down innovation? Evidence from a cointegrated panel of US states. *European Journal of Political Economy*, *56*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2018.06.001

Diwakar, B., Sorek, G., & Stern, M. (2021). Patents and growth in OLG economy with physical capital. *Macroeconomic Dynamics, 25*(2), 489-508. https://doi.org/10.1017/S1365100519000294

Dong, Y., Wei, Z., Liu, T., & Xing, X. (2020). The impact of R&D intensity on the innovation performance of artificial intelligence enterprises-based on the moderating effect of patent portfolio. *Sustainability, 13*(1), 328. https://doi.org/10.3390/su13010328

Driscoll, J. C., & Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of economics and statistics, 80*(4), 549-560. https://doi.org/10.1162/003465398557825

Ellis, J., Smith, J., & White, R. (2020). Corruption and corporate innovation. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, *55*(7), 2124-2149. https://doi.org/10.1017/S0022109019000735

Frees, E. W. (1995). Assessing cross-sectional correlation in panel data. *Journal of Econometrics, 69*(2), 393–414. https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01658-M

Fujii, H., & Managi, S. (2018). Trends and priority shifts in artificial intelligence technology invention: A global patent analysis. *Economic Analysis and Policy, 58*, 60-69. https://doi.org/10.1016/j.eap.2017.12.006

Futagami, K., & Iwaisako, T. (2007). Dynamic analysis of patent policy in an endogenous growth model. *Journal of Economic Theory, 132*(1), 306-334. https://doi.org/10.1016/j.jet.2005.07.009

Gokhberg, L., Kitova, G., & Roud, V. (2014). Tax incentives for R&D and innovation: Demand versus effects. *Innovation and Economy, 8*(3 (eng)), 18-41.

Gonzales, J. T. (2023). Implications of AI innovation on economic growth: a panel data study. *Journal of Economic Structures, 12*(1), 13. https://doi.org/10.1186/s40008-023-00307-w

Göçoğlu, V., Göksu, S., & Kotter, R. (2024). Unleashing urban technology dynamics: The interplay of ai patents, metropolitan area population, and r&d expenditures in sustainable urban development. *Journal of Urban Technology,* 1-23. https://doi.org/10.1080/10630732.2023.2289818

Griliches, Z. (1981). *R&D patents and productivity.* University of Chicago Press.

Griliches, Z. (1998). *Patent statistics as economic indicators: a survey.* Z. Griliches (Eds.), R&D and productivity: the econometric evidence (s. 287-343). University of Chicago

Grossman, G., & Helpman, E. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. Cambridge MA: MIT Press.

Hall, J. C., & Sobel, R. S. (2008). Institutions, entrepreneurship, and regional differences in economic growth. *Southern Journal of Entrepreneurship*, *1*(1).

Hao, C. H. (2023). Does governance play any role in energy transition? Novel evidence from BRICS economies. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(19), 55158-55170. https://doi.org/10.1007/s11356-023-25881-1

Hasan, I., & Tucci, C. L. (2010). The innovation–economic growth nexus: Global evidence. *Research Policy, 39*(10), 1264–1276. https://doi.org/10.1016/J.RESPOL.2010.07.005

Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the econometric society,* 1251-1271. https://doi.org/10.2307/1913827

He, Y. (2019). The importance of artificial intelligence to economic growth. *Korean Journal of Artificial Intelligence, 7*(1), 17-22. https://doi.org/10.24225/kjai.2019.7.1.17

Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2002). *Patents, citations, and innovations: A window on the knowledge economy.* MIT press.

Jiao, H., Koo, C. K., & Cui, Y. (2015). Legal environment, government effectiveness and firms' innovation in China: examining the moderating influence of government ownership. *Technological Forecasting and Social Change*, *96*, 15-24. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.01.008

Johnson, P. C., Laurell, C., Ots, M., & Sandström, C. (2022). Digital innovation and the effects of artificial intelligence on firms' research and development–Automation or augmentation, exploration or exploitation?. *Technological Forecasting and Social Change, 179*, 121636. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121636

Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business horizons, 62*(1), 15-25. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004

Kim, Y. K., & Lee, K. (2015). Different Impacts of Scientific and Technological Knowledge on Economic Growth: Contrasting Science and Technology Policy in East Asia and Latin America. *Asian Economic Policy Review, 10*(1), 43-66. https://doi.org/10.1111/aepr.12081

Koçak, D., & Özer, M. A. (2022). Comparing the quality of governance across the European Union member countries: A grey relational analysis approach. *Policy Studies*, *43*(5), 1135-1155. https://doi.org/10.1080/01442872.2021.1994135

Kou, M., Yang, Y., Feng, Z., Chen, K., & Wei, J. (2023). Are incentives excessive or insufficient? The impact of R&D fiscal policies on R&D inefficiency in China. *Technological Forecasting and Social Change, 194*, 122707. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122707

Öz, E. ve Kutbay, H. (2017). Türkiye ve seçilmiş ülkelerde ar-ge faaliyetlerine yönelik uygulanan vergi teşviklerinin karşılaştırılması. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 24*(3), 783-802. https://doi.org/10.18657/yonveek.346187

Liu, J., Chang, H., Forrest, J. Y. L., & Yang, B. (2020). Influence of artificial intelligence on technological innovation: Evidence from the panel data of china's manufacturing sectors. *Technological Forecasting and Social Change, 158*, 120142. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120142

Liu, Y. Q., & Feng, C. (2023). How do economic freedom and technological innovation affect green total-factor productivity? Cross-country evidence. *Emerging Markets Finance and Trade*, *59*(5), 1426-1443. https://doi.org/10.1080/1540496X.2022.2138325

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine, 27*(4), 12-12. https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904

Mungiu-Pippidi, A. (2015). Corruption: Good governance powers innovation. *Nature*, *518*(7539), 295-297. https://doi.org/10.1038/518295a

Ngobo, P. V., & Fouda, M. (2012). Is 'Good'governance good for business? A cross-national analysis of firms in African countries. *Journal of World Business*, *47*(3), 435-449. https://doi.org/10.1016/j.jwb.2011.05.010

Nguyen, C. P., & Doytch, N. (2022). The impact of ICT patents on economic growth: An international evidence. *Telecommunications Policy, 46*(5), 102291. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102291

Nxumalo, Q. B., Mabeba, M. R., & Msomi, M. W. (2022, Jun). *The Effect of Artificial Intelligence on Economic Growth in Hungary.* In Proceedings of FEB Zagreb International Odyssey Conference on Economics and Business (Sayı. 4, No. 1, s. 331-338). University of Zagreb, Faculty of

Economics and Business.

O'donoghue, T., & Zweimüller, J. (2004). Patents in a model of endogenous growth. *Journal of Economic Growth, 9*, 81-123. https://doi.org/10.1023/B:JOEG.0000023017.42109.c2

OECD. (2024). OECD Data. https://data.oecd.org/ Erişim tarihi (18.10.2024).

Our World in Data. (2024). https://ourworldindata.org/grapher/artificial-intelligence-patents-submitted Erişim tarihi (11.10.2024).

Park, J. (2024). Analyzing the direct role of governmental organizations in artificial intelligence innovation. *The Journal of Technology Transfer, 49*(2), 437-465. https://doi.org/10.1007/s10961-023-10048-4

Parteka, A., & Kordalska, A. (2023). Artificial intelligence and productivity: global evidence from AI patent and bibliometric data. *Technovation, 125*, 102764. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102764

Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. Cambridge Working Papers. *Economics, 1240*(1), 1.

Raj, M., & Seamans, R. (2018). *Artificial intelligence, labor, productivity, and the need for firm-level data.* A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), The economics of artificial intelligence: An agenda (s. 553-565). University of Chicago Press.

Ravšelj, D., & Aristovnik, A. (2018). The impact of private research and development expenditures and tax incentives on sustainable corporate growth in selected OECD countries. *Sustainability, 10*(7), 2304. https://doi.org/10.3390/su10072304

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy, 98*(5), S71-S102. https://doi.org/10.1086/261725

Russo, B. (2004). A cos-benefit analysis of R&D tax incentives. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique, 37*(2), 313-335. https://doi.org/10.1111/j.0008-4085.2004.854954554284.x

Saba, C. S., & Ngepah, N. (2024). The impact of artificial intelligence (AI) on employment and economic growth in BRICS: Does the moderating role of governance Matter?. *Research in Globalization, 8*, 100213. https://doi.org/10.1016/j.resglo.2024.100213

Samoilikova, A., Lieonov, S., & Huseynova, A. (2021). Tax incentives for innovation in the context of macroeconomic stability: an analysis of causality. *Marketing i menedžment innovacij,* (1), 135-157. https://doi.org/10.21272/mmi.2021.1-11

Sivak, R., Caplanova, A., & Hudson, J. (2011). The impact of governance and infrastructure on innovation. *Post-Communist Economies, 23*(02), 203-217. https://doi.org/10.1080/14631377.2011.570050

Stokey, N. L. (1995). R&D and economic growth. *Review of Economic Studies, 62*(3), 469–489. https://doi.org/10.2307/2298038

Tag, M. N., & Degirmen, S. (2022). Economic freedom and foreign direct investment: are they related?. *Economic Analysis and Policy*, *73*, 737-752. https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.12.020

Thomas, M. A. (2010). What do the worldwide governance indicators measure?. *The European Journal of Development Research, 22*(1), 31-54. https://doi.org/10.1057/ejdr.2009.32

Turovets, J., Vishnevskiy, K., & Altynov, A. (2020). *How To Measure AI: Trends, Challenges and Implications.* Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP, 116. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3736851

Ünsal, Y. (2025). Ekonomik Özgürlüğün Seçilmiş Alt Göstergelerinin Teknolojik Gelişmeye Etkisi: 1996-2021 Dönemi İçin Küresel Bir Değerlendirme. *Alanya Akademik Bakış, 9*(2), 437-453. https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.1564861

Wamba-Taguimdje, S. L., Wamba, S. F., Kamdjoug, J. R. K., & Wanko, C. E. T. (2020). Influence of artificial intelligence (AI) on firm performance: the business value of AI-based transformation projects. *Business process management journal, 26*(7), 1893-1924. https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0411

Wang, D. H. M., Yu, T. H. K., & Liu, H. Q. (2013). Heterogeneous effect of high-tech industrial R&D spending on economic growth. *Journal of Business Research, 66*(10), 1990-1993. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.02.023

Wen, J., Deng, P., Zhang, Q., & Chang, C. P. (2021). Is higher government efficiency bringing about higher innovation?. *Technological and economic development of economy*, *27*(3), 626-655. https://doi.org/10.3846/tede.2021.14269

Wen, J., Yin, H. T., Jang, C. L., Uchida, H., & Chang, C. P. (2023). Does corruption hurt green innovation? Yes–Global evidence from cross-validation. *Technological Forecasting and Social Change*, *188*, 122313. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122313

World Bank. (2024). https://data.worldbank.org/ Erişim tarihi (23.10.2024).

Yang, C. H. (2022). How artificial intelligence technology affects productivity and employment: firm-level evidence from Taiwan. *Research Policy, 51*(6), 104536. https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104536

Yang, C. H, Huang, C. H., & Hou, T. C. T. (2012). Tax incentives and R&D activity: Firm-level evidence from Taiwan. *Research Policy, 41*(9), 1578-1588. https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.04.006

Zeng, J., Zhang, J., & Fung, M. (2014). Patents and price regulation in an R&D growth model. *Macroeconomic Dynamics, 18,* 1–22.

Zhai, S., & Liu, Z. (2023). Artificial intelligence technology innovation and firm productivity: Evidence from China. *Finance Research Letters, 58*, 104437. https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104437

Zhu, B., Yang, M., & Chu, X. (2024). Good governance and innovation: Economic freedom matters. *Technological Forecasting and Social Change, 205*, 123527. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123527