

Yapay Zekâ ile Ekonomik Değişkenler Arasındaki İlişki: G7 Ülkeleri Üzerine Panel Nedensellik Analizi¹

Züleyha Hazel AKBIYIK², Prof. Dr. Oytun MEÇİK³

Özet

Yapay zekâ (AI) teknolojilerindeki gelişmeler ve dijitalleşme süreçleri, ülkelerin ekonomik yapılarında köklü dönüşümlere yol açmaktadır. AI, iş süreçlerini otomatikleştirerek verimliliği artırırken, yeni iş alanlarının ortaya çıkmasını teşvik etmekte ve birçok sektörde yapısal değişikliklere neden olmaktadır. Robotik sistemlerle özdeşleştirilen yapay zekâ, bilişim teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde sanal asistanlar ve yazılımlarla da profesyonel ve bireysel yaşamı dönüştürmektedir. Yapay zekâdaki bu ilerlemeler, sektörel dijital dönüşüm süreçlerini hızlandırarak iş süreçlerinin optimize edilmesini, yenilikçi iş modellerinin benimsenmesini ve küresel rekabet ortamında üstünlük sağlanmasını mümkün kılmaktadır. Bu dönüşüm, ekonomik dinamiklerin yeniden şekillendirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Çalışma, OECD üyesi G7 ülkelerini ele almakta olup, 1997-2020 arasındaki verilere dayalı olarak panel nedensellik analizi uygulanmıştır. İlk aşamada, Pesaran CD testi ile yatay kesit bağımlılığı incelenmiş ve ardından Pesaran CIPS testi ile serilerin durağanlığı test edilmiştir. Son olarak, Dumitrescu ve Hurlin nedensellik testi kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Bulgular, eğitim harcamalarından yapay zekâ patentlerine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğunu ortaya koymuştur. Ancak yapay zekâ patentleri ile ekonomik büyüme, Ar-Ge harcamaları, ticaret ve işsizlik arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi saptanmamıştır. Bu sonuçlar, eğitim yatırımlarının yapay zekâ teknolojilerinin gelişiminde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Bunun yanı sıra, yapay zekâ patentlerinin işsizlik ve ekonomik büyüme üzerindeki uzun dönemli etkilerinin netleşmesi, hükümetlerin ve özel sektörün bu alandaki eğitim ve Ar-Ge yatırımlarına olan bağlılığı ile şekillenecektir. Yapay zekâ teknolojilerinin sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkısı, uzun vadeli politika ve stratejik yatırımlarla daha belirgin hale gelecektir.

Anahtar kelimeler: Yapay zekâ, Dijitalleşme, Nedensellik Analizi

Jel Kodu: C01, C23, K12

The Relationship between Artificial Intelligence and Economic Variables: A Panel Causality Analysis on G7 Countries

Abstract

Advancements in artificial intelligence (AI) technologies and digitalization processes are driving fundamental transformations in the economic structures of nations. AI enhances efficiency by automating business processes, fosters the emergence of new job sectors, and induces structural changes across various industries. While often associated with robotic systems, AI has also transformed professional and personal life through virtual assistants and software applications, thanks to progress in information technology. These advancements accelerate sectoral digital transformation, optimize business processes, promote innovative business models, and provide a competitive edge in the global market. Consequently, AI plays a crucial role in reshaping economic dynamics. This study focuses on the G7 countries, members of the OECD, and applies a panel causality analysis based on data from 1997 to 2020. Initially, the Pesaran CD test was conducted to examine cross-sectional dependence, followed by the Pesaran CIPS test to assess the stationarity of the series. Finally, the Dumitrescu and Hurlin causality test was employed to evaluate the relationships between variables. The findings reveal a unidirectional causality from education expenditures to AI patents. However, no causality was detected between AI patents and economic growth, R&D expenditures, trade, or unemployment. These results highlight the crucial role of educational investments in AI development. Moreover, the long-term effects of AI patents on unemployment and economic growth will depend on the commitment of governments and the private sector to education and R&D investments in this field. The contribution of AI technologies to sustainable economic growth will become more evident through long-term policies and strategic investments.

Keywords: Artificial Intelligence, Digitalization, Causality Analysis

Jel Codes: C01, C23, K12

ATIF ÖNERİSİ (APA): Akbiyık, Z. H., ve Meçik, O. (2025), Yapay Zekâ ile Ekonomik Değişkenler Arasındaki İlişki: G7 Ülkeleri Üzerine Panel Nedensellik Analizi, *İzmir Yönetim Dergisi*, 6(1), 41-54. Doi: 10.24988/ijie.2025061XXX

¹ Bu çalışma Züleyha Hazel AKBIYIK'ın Prof. Dr. Oytun MEÇİK danışmanlığında yazdığı "Yapay Zekâ ile Ekonomik Değişkenler Arasındaki İlişki: G7 Ülkeleri Örneği" başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

² Bilim Uzmanı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Odunpazarı/Eskişehir, Türkiye, **EMAIL:** zuleyhaakbiyikk@gmail.com, **ORCID:** 0009-0005-9342-9993

³ Prof. Dr. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Odunpazarı/Eskişehir, Türkiye, **EMAIL:** oytunm@ogu.edu.tr, **ORCID:** 0000-0002-7409-6266

1. GİRİŞ

Yapay zekâ, insan zihnini taklit ederek düşünme, öğrenme, karar alma ve problem çözme gibi yeteneklere sahip olan bir teknolojidir. Dijitalleşmeyle birlikte yapay zekâ, ekonomik sistemlerde köklü değişimlere öncülük eden devrimsel bir güç hâline gelmiştir. Teknolojideki hızlı ilerlemelerle beraber, günümüzün en önemli ve en hızlı gelişen alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Üretim süreçlerinden işgücü piyasalarına kadar geniş bir alanda etkisini hissettirmektedir. Hem hızlı gelişimi hem de iş süreçlerine katkıları nedeniyle ekonomik hayatın önemli bir parçası olmayı sürdürmektedir. Otomasyon ve robotik teknolojileri, üretim süreçlerinde rutin ve zahmetli görevleri üstlenmektedir. Bu sayede insan emeğinin yerine makinelerin geçmesi, verimliliği artırarak maliyetleri düşürme potansiyeli sunmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin ülke ekonomileri üzerindeki etkisi, sanayi devriminden günümüze kadar literatürde sıkça tartışılan bir konudur. Sanayi devrimi, teknolojinin üretim süreçlerine entegre edilmesiyle ekonomik yapıyı dönüştürmüş, verimlilik artışı ve işgücü dinamiklerinde büyük değişikliklere yol açmıştır. Teknolojik gelişmeler, ekonomik büyümenin temel dinamiklerinden biri olup, üretim süreçlerini daha verimli hale getirerek girdilerin daha etkin kullanılmasını sağlar. Yeni ve geliştirilmiş teknolojiler, yalnızca üretim yöntemlerini dönüştürmekle kalmaz, aynı zamanda daha az kaynakla daha yüksek çıktılar elde edilmesine imkân tanır. Teknoloji, üretim faktörleri ve yöntemlerinde yarattığı farklılıklarla verimlilik artışına, dolayısıyla kârlılık ve rekabet gücünün yükselmesine katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte, teknolojik ilerlemeler yalnızca işletmelerin performansını değil, aynı zamanda ülkelerin kalkınma düzeylerini ve ekonomik yapılarının gelişimini de doğrudan etkilemektedir. Sanayi devrimi sürecinde teknolojiyi etkin kullanan

ülkeler, bugün gelişmiş ekonomiler olarak öne çıkmakta; sosyal yaşamdan yönetim anlayışına kadar birçok alanda diğer ülkelere model oluşturmaktadır (Malatyali, 2016: 63). Gelişmiş ülkeler, yapay zekâ patentlerinde lider konumda olup, teknolojik ilerlemeleri sektörel olarak uygulayarak iş süreçlerinde rekabet avantajı elde etmeyi amaçlamaktadır. Yapay zekâ ve dijitalleşme sayesinde, yeni ürün ve hizmetler üreterek ekonomik büyümelerine katkı sağlamayı ve küresel ticarete rekabet avantajı elde etmeyi hedeflemektedirler. Dijital teknoloji çağında, teknolojiye dayalı ürünlerin üretimi, küresel pazarda rekabet avantajı elde etmek ve ekonomik büyümeyi sağlamak amacıyla büyük bir fırsat sunmaktadır. Yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesi, dil engellerini ortadan kaldırarak uluslararası ticarete önemli bir avantaj sağlamaktadır. Dil bariyerlerinin kalkması, firmaların farklı ülkelerdeki müşterileriyle daha verimli ve etkili iletişim kurmalarına olanak tanır (Irmak, 2023: 187). Bu sayede, yapay zekâ teknolojileri yalnızca üretim süreçlerini iyileştirmekle kalmaz, firmaların dış ticarete rekabet avantajı sağlayarak küresel pazarda güçlü bir konum elde etmelerine yardımcı olabilir.

Yapay zekâ temelli gelişmeler ve bilişim teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde sanal asistanlar, veri analitiği araçları ve akıllı yazılımlar iş dünyasında ve günlük yaşamda verimliliği artıran yenilikler sunmaktadır. Bu dönüşüm süreci, işgücü yapısında önemli değişimlere yol açmıştır. Otomasyonun yaygınlaşması, özellikle vasıfsız işgücü üzerinde baskı yaratmıştır. Ar-Ge yatırımları, yeni teknolojiler geliştirerek üretkenliği ve ekonomik büyümeyi artırmaktadır. Ancak bu gelişmeler, işgücünün makinelerle ikame edilmesine neden olarak işsizlik riskini de beraberinde getirebilir. (Autor vd., 2003; Agovino vd., 2018). Ancak dijitalleşmenin etkisiyle birlikte meslekler ve beceriler dönüşüme uğramakta, yeni istihdam alanları ortaya çıkmaktadır. Yapay zekâ teknolojilerinin işsizliği artıracağına yönelik endişelere karşın,

bu sürecin sanıldığı kadar olumsuz sonuçlar doğurmayacağını savunan görüşler de bulunmaktadır. Potansiyel iş kayıplarına dair öngörüler, çoğunlukla kullanılan yöntemlerin varsayımlarına dayanmaktadır ve otomasyonun sektörler üzerindeki etkisi ise heterojendir. Yapay zekâ ve otomasyon, belirli meslekleri tamamen ortadan kaldırmaktan ziyade, iş süreçlerini ve görevleri dönüştürebilmektedir. Ayrıca yapay zekânın gelişim hızı beklentilerin aksine yavaşlamakta, yaygınlaşma süreci ise öngörüldüğünden daha uzun zaman almaktadır (Gries & Naude, 2018: 3). Bu teknolojilerin sürdürülebilir şekilde gelişmesi, yüksek ücretli işgücüne olan talebe bağlıdır. Otomasyon yalnızca işgücü piyasasında dönüşüme neden olmakla kalmaz, aynı zamanda işsizliği azaltan yeni mekanizmalar geliştirerek istihdam yaratıcı bir etki de gösterir. Yapay zekâ destekli inovasyonlar, yeni mesleklerin ve iş alanlarının oluşmasını sağlarken, bu alanlardaki hızlı büyüme, işsizlik riskini de azaltabilmektedir (Nakamura & Zeira, 2018: 22-23).

Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve büyük veri gibi alanlardaki gelişmeler, yeni mesleklerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Bu teknolojiler, veri odaklı sektörler ve Ar-Ge çalışmaları aracılığıyla istihdam üzerinde artırıcı etkiler yaratabilmektedir. Bu süreçte, hükümetlerin teknoloji odaklı sektörleri desteklemesi, işgücünün dönüşümüne katkıda bulunarak istihdamın sürdürülebilirliğini sağlamada kritik bir rol oynamaktadır (Çelik, 2020: 288). Yapay zekâ ve dijitalleşmenin sunduğu fırsatları en iyi şekilde değerlendirmek, yeni ürün ve hizmetler geliştirmek ve ekonomik büyümeyi desteklemek için ülkelerin eğitim sistemlerini köklü biçimde dönüştürmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm, yapay zekâ alanında yetkin ve donanımlı bir işgücünün yetişmesini sağlayarak teknolojik ilerlemenin sürdürülebilirliğine katkı sunabilecektir. Hükümetler, eğitim sistemlerini yapay zekâ odaklı programlarla güçlendirmeyi ve bu alanda uzman işgücü yetiştirmeyi hedeflemektedir. Bu programlar; öğrencilere

büyük veri analizi, analitik yöntemler ve yapay zekâ uygulamaları konusunda yetkinlik kazandırmak üzere tasarlanmaktadır (İTÜ, 2024). Eğitim sistemlerinin yapay zekâ teknolojilerine uyumlu hale getirilmesi, nitelikli bireylerin yetişmesini sağlayarak teknoloji tabanlı Ar-Ge faaliyetlerini teşvik edebilir. Bu süreç, yenilikçi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini ve ticaretin artırılmasını destekleyerek ekonomik büyümeye katkıda bulunabilir. Ayrıca yapay zekâ ve dijital dönüşüm sayesinde ortaya çıkan yeni iş alanları, istihdamı artırarak işsizlik oranlarını azaltabilir.

Bu çalışmada, gelişmiş ekonomilerden G7 ülkelerinde yapay zekâ teknolojilerinin ekonomik değişkenler üzerindeki etkileri panel nedensellik analiziyle incelenmiştir. Yapay zekâ patentleri ile ekonomik büyüme, eğitim harcamaları, Ar-Ge harcamaları, ticaret ve işsizlik oranları arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Bu analiz, politika yapımcılar ve araştırmacılar için teknoloji tabanlı ekonomik gelişmelerin yönünü belirlemede yol gösterici bir katkı sunmayı amaçlamaktadır. Bulgular, gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyüme stratejilerini şekillendirmelerine yönelik öneriler geliştirmelerine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yapay zekâ teknolojilerine ilişkin literatür incelendiğinde, çalışmaların genellikle bu teknolojilerin işgücü piyasası ve ekonomik büyüme üzerindeki etkilerine odaklandığı görülmektedir. Literatürde kullanılan değişkenler, analiz edilen ülkeler, zaman aralıkları ve ekonometrik yöntemlerdeki farklılıklar, yapay zekâ teknolojilerine yönelik araştırmalara çeşitlilik kazandırmaktadır. Bu çalışmanın bulgularının da ele alınan değişkenler ve incelenen dönem açısından literatüre katkı sunacağı öngörülmektedir.

Zeira (1998) üretim sürecinde ara mallar içeren bir teorik çerçeve sunmuştur. Çalışma, teknolojinin benimsenmesi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele alarak, standart ekonomik büyüme modellerinin sermaye

birikimi yoluyla teknoloji kullanımını teşvik ettiğini öne sürmektedir. Ancak çalışma, yeni teknolojinin her durumda çıktı artışı sağlamayabileceğini ve teknolojinin benimsenmesinin üretim sürecinde emeğin yerini alarak sermaye yoğunluğunu artırdığını vurgulamaktadır. Ülkeler arasındaki teknoloji seviyelerindeki farklılıkların genel çıktı ve verimlilik farklarına nasıl yol açtığını açıklamaktadır. Düşük ücretli ülkelerin genellikle düşük üretkenliğe sahip olma eğiliminde olduğunu ve bunun temel nedeninin sermaye yetersizliği olduğunu öne sürmektedir. Otomasyon, üretimde verimliliği artırırken, robotların yaygın kullanımı iş kayıplarına yol açarak ücretlerin düşmesine neden olmaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2012; Acemoğlu ve Restrepo, 2017; OECD, 2023). İmalat sektöründe otomasyonun ve özellikle robot kullanımının yaygınlaşması, gelişmekte olan ülkelerde istihdam oranlarının düşmesine neden olmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler, işgücü piyasalarının dönüşümünü destekleyecek ve ekonomik büyümeyi teşvik edecek makroekonomik politikalar geliştirmelidir (Aytun vd., 2023; Carbonero vd., 2020). Robotlar, insan işgücüne ihtiyaç duymadan üretim yapabilme kapasitesine sahiptir. İşverenler, robotik teknolojilerden verim alabilmek için sermaye yatırımı yaparak üretim süreçlerini otomatikleştirebilmektedir. Geleneksel üretim sektörlerinde sermaye yoğunluğu arttıkça, robot teknolojilerinin kullanımı yaygınlaşmakta ve insan emeğiyle daha entegre bir hale gelmektedir (Sachs vd., 2015).

Sierotowicz (2015) 1999-2013 yılları arasında 28 Avrupa Birliği ülkesinde Ar-Ge harcamaları ile patent faaliyetleri arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, işletme sektöründe patent faaliyetlerinin uzun vadede artması, yalnızca Ar-Ge harcamalarının büyüklüğüne değil, aynı zamanda bu faaliyetlerin etkin yönetimine bağlıdır. Ayrıca düşük vasıflı işgücünün istihdamının artırılması ve işsizlik riskinin azaltılması için nitelikli eğitim almalarının gerekli olduğunu vurgulamıştır.

Acemoğlu & Restrepo (2018) sermaye birikimi ve otomasyonun birleşimiyle, yeni görevlerin yaratılmasına olanak tanıyan bir model geliştirmiştir. Teknolojik değişim, uzun vadede ekonomik büyümeyi sürdürülebilir kılabilir. Otomasyon, özellikle düşük beceri gerektiren işleri ortadan kaldırırken, işgücünün yeni beceriler edinmesi için yeniden eğitilmesini zorunlu kılar. Politika yapıcılar, teknolojik değişimin işgücü üzerinde yaratabileceği olumsuz etkileri azaltmak amacıyla eğitim ve yeniden beceri kazandırma programlarına yatırım yapmalıdır. Otomasyonun sermaye yatırımlarını artırarak emek payını azalttığı bu süreç, aynı zamanda emeğin daha karmaşık ve yüksek beceri gerektiren görevlerde tamamlayıcı bir rol üstlenmesini sağlar.

Arntz vd. (2016) 21 OECD ülkesinde işgücü piyasasında otomasyonun etkilerini incelemek için iş temelli bir yaklaşım ve işlevsel görev dağılımı modeli kullanmıştır. Araştırma, otomasyonun özellikle rutin işleri azaltmakla birlikte, bu kayıpların işgücünün yeniden dağıtılmasıyla telafi edildiğini ve dolayısıyla işsizlik oranlarında belirgin bir artışa yol açmadığını ortaya koymuştur.

Brynjolfsson vd. (2018) yapay zekâ ve otomasyonun ekonomik etkilerini özellikle üretkenlik üzerine yaptığı incelemelerde, bu durumu “Modern Üretkenlik Paradoksu” olarak tanımlamaktadır. Araştırmaya göre, yeni teknolojilere uyum sağlama süreci ve üretkenliği artıran etkiler zaman alacaktır. Teknolojinin işgücü piyasasında yaratacağı değişim, işgücünün yeniden eğitilmesini ve iş modellerinin yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bessen (2019) ABD’nin tekstil, çelik ve otomotiv sektörlerinde otomasyonun etkilerini araştırmıştır. İşgücü üzerindeki etkileri incelemek için doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, otomasyonun kitlesel işsizlik yaratmayabileceği, ancak çalışanların yeni endüstrilere geçiş yaparken yeni beceriler ve mesleklerin oluşabileceğini belirtmiştir.

Maxim & Muro (2019) otomasyonun işgücü üzerindeki etkilerinin kısmi ikame ile sınırlı kaldığı ve işlerin kaybolmasından ziyade yapısal değişikliklere yol açtığı ifade etmiştir. Yapay zekâ, işçilerin verimliliğini artırarak yeni iş imkanları yaratma kapasitesine sahiptir. Bu teknoloji, uzun vadede işsizlik oranlarını yükseltmek yerine iş yapısını yeniden şekillendirecektir. Yapay zekâdaki ilerlemeler, küresel ekonomiyi hızlandırarak iş yaratımını destekleyecek, Ar-Ge ve inovasyon yatırımlarındaki artış ise yeni iş fırsatları ve daha verimli iş yapıları oluşturma potansiyelini beraberinde getirecektir.

Acemoğlu & Restrepo (2019) yapay zekâ ve otomasyonun belirli sektörlerde iş kayıplarına neden olabileceğini, ancak yeni iş alanlarının ortaya çıkmasıyla bu etkinin dengelenebileceğini belirtmektedir.

Schmidpeter & Ebmer (2021) otomasyonun işsizlikle ilişkisini ve işgücü eğitim programlarının bu süreçteki rolünü ele almaktadır. Otomasyon, iş bulma oranlarını düşürerek işsizliğin süresini uzatabilir. Ancak otomasyon riski altındaki bireylere kamu tarafından sağlanacak işgücü eğitimleri, iş bulma sürecini hızlandırabilir. Eğitimin geliştirilmesi ve programların en yeni teknolojik ilerlemelere göre uyarlanması, teknolojik işsizlikten etkilenen çalışanlara büyük faydalar sağlayabilir. Dijitalleşmeye adapte olabilen ve yeni şartlara uyum sağlayan işçiler, daha yüksek maaşlar ve daha sağlam iş güvenliğiyle karşılaşırken, bu becerilere sahip olmayan çalışanlar ise daha uzun işsizlik süreleri ve daha kötü iş eşleşmeleri ile karşılaşmaktadır.

Dağlı (2022) 2005-2017 yılları arasındaki verilerle yapay zekâ patentleri, Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayıları ve bilimsel yayın sayıları arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla dinamik bir model kurmuş ve S-GMM yöntemiyle incelemiştir. Araştırma, yapay zekâ patentleri ile ekonomik büyüme arasında istatistiksel bir ilişki bulamazken, Ar-Ge harcamaları, bilimsel yayın sayıları ve araştırmacı sayıları ile yapay zekâ teknolojilerinin arasında pozitif bir ilişki

olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, farklı ülkeler ve zaman dilimlerinin kullanılmasıyla nedensellik ilişkilerinin değişebileceğini ve literatüre farklı bir katkı sağlanabileceğini göstermiştir.

Gonzales (2023) 1970-2019 dönemi verileriyle sabit etkiler modeli ve genelleştirilmiş momentler yöntemini kullanarak, yapay zekâ inovasyon düzeyi ile uzun vadeli ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırma, yapay zekâ patentlerinin uzun vadeli ekonomik büyüme üzerinde olumlu ve anlamlı bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Naude (2024) yapay zekânın inovasyonu hızlandırarak yeni fikirlerin keşfini otomatikleştirebileceğini, ancak bu gelişmenin ekonomik büyüme üzerinde büyük bir etki yaratma potansiyelinin sınırlı olduğunu belirtmektedir. Yapay zekânın ekonomik büyüme üzerinde büyük bir patlama yaratmasından ziyade ekonomik büyümede duraklamaya sebep olabileceğini belirtmiştir. Ekonomik büyümenin sürdürülebilirliği, yapay zekânın fikir üretim fonksiyonu ve araştırma üretkenliği gibi faktörlere bağlıdır. Bu unsurların daha derinlemesine incelenmesi, yapay zekânın ekonomik faaliyetleri dengeleyici bir düzenleyici olarak işlev görebileceğini göstermektedir.

Yapay zekâ teknolojileri ile dış ticaret arasındaki ilişki, genellikle politika önerileri ve literatür taramalarıyla ele alınmıştır. Bu nedenle, analize ticaret değişkeni dahil edilmiştir. Makridakis (2017) yenilikçi ürün ve hizmetlerin küresel ticaretini yapan, risk alabilen ve interneti etkin kullanan girişimcilerin rekabet avantajı elde edeceğini savunmaktadır. Yapay zekâ teknolojilerinin sunduğu fırsatlar sayesinde, yeni ürün ve hizmetlerin üretimi geliştirilebilir ve bu da artan işsizlik ve servet eşitsizliklerine karşı avantajlar sağlayabilir. Meltzer (2018) yapay zekâdaki ilerlemelerin uluslararası ticaret üzerinde devrim niteliğinde bir etki yapacağını belirtmektedir. Bu etkiler, küresel veri akışlarına dayanır ve ticaret kuralları, veri akışlarının serbestliğini sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Sınır ötesi veri akışlarını teşvik etmek ve hükümetlerin açık veri

politikalarını benimsemesi gerektiğini vurgulamaktadır. Achar (2019) yapay zekâ teknolojileri ile dış ticaret arasındaki bağlantıyı inceleyerek, yapay zekâdan faydalanmak isteyen politika yapımcılar için temel ticaret politikalarını sunan bir çerçeve oluşturmuştur.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada, G7 ülkelerine ait yapay zekâ patentleri, ekonomik büyüme, eğitim harcamaları, Ar-Ge harcamaları, ticaret ve işsizlik oranlarına ilişkin 1997-2020 dönemi verileri kullanılmıştır. Söz konusu değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi, panel veri yapısına uygun olarak Dumitrescu ve Hurlin nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Yapay zekâ teknolojilerini en iyi temsil eden veri seti, bu alandaki patentlerdir. OECD veri tabanında yapay zekâ patentlerine ilişkin en güncel verinin 2020 yılına ait olması nedeniyle analiz dönemi bu çerçevede belirlenmiştir. Nedensellik analizinin ilk aşamasında, panel veri setinde birimler arasında ortak şoklara veya benzer yapısal dinamiklere bağlı olarak ortaya çıkabilecek yatay kesit bağımlılığı test edilmiştir. Bu amaçla, Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD (Cross-Sectional Dependence) testi uygulanmıştır. Bulgular, panel birimleri arasında anlamlı düzeyde yatay kesit bağımlılığı bulunduğunu göstermiştir. Buna bağlı olarak, birim kök testlerinde yatay kesit bağımlılığını dikkate alabilen ikinci nesil birim kök testlerine başvurulmuştur. Bu kapsamda, Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS (Cross-sectionally Augmented IPS) testi kullanılarak tüm değişkenlerin durağanlık düzeyleri analiz edilmiştir. Çalışmada bağımlı değişken olarak kullanılan yapay zekâ patentlerinin durağanlık testi sonuçları, serinin düzeyde durağan olduğunu göstermektedir. Analizde yer alan diğer değişkenlerin durağanlık seviyeleri ise farklılık arz etmektedir. Panel veri analizlerinde, bazı değişkenler düzeyde durağan iken bazıları birinci fark alındığında durağan hale gelmekte ve bu durumda ARDL sınır testi ile uzun dönemli ilişki analiz edilebilmektedir. Ancak ARDL sınır testi yönteminin uzun dönemli ilişkileri sağlıklı şekilde inceleyebilmesi için

bağımlı değişkenin genellikle birinci fark düzeyinde durağan olması gerekmektedir. Mevcut çalışmada bağımlı değişkenin düzeyde durağan olması nedeniyle, ARDL modeli ile yapılan uzun dönem tahminleri istatistiksel açıdan anlamlı sonuç vermemiştir. Bu durum, uzun dönem eşbütünleşme ilişkisinin test edilmesini ve yorumlanmasını sınırlandırmıştır. Bu nedenle, regresyon modeli kurulmamıştır ve değişkenler arasındaki kısa dönemli dinamik ilişkileri ortaya koymak amacıyla nedensellik analizine öncelik verilmiştir.

Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin ayrıntılı bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Değişkenlerin Açıklamaları

Değişkenler	Tanım	Kaynak
AIP	IP5 Patent Ailesi: Yapay Zekâ ile İlgili Teknolojiler	OECD
GDP	Ekonomik Büyüme Oranı	IMF
EDU	Düzeltilmiş Tasarruf: Eğitim Harcamaları (GSYİH'nin %'si)	Word Bank (Dünya Bankası)
RD	Araştırma ve Geliştirme Harcamaları (GSYİH'nin %'si)	Word Bank (Dünya Bankası)
TRD	Ticaret (GSYİH'nin %'si)	Word Bank (Dünya Bankası)
UNEP	İşsizlik Oranları	IMF

4. BULGULAR

Analizin ilk aşamasında, değişkenler arasındaki korelasyonu test etmek amacıyla gerçekleştirilen Pesaran (2004) CD testi, Tablo 2’de gösterilmiştir. Pesaran (2004) CD test sonuçlarına göre, olasılık değerlerinin 0,05’ten küçük olması değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığının mevcut olduğunu göstermektedir. Yatay kesit bağımlılığının varlığı, G7 ülkelerinin benzer ekonomik yapı ve politik dinamiklere sahip olmaları nedeniyle ortak şoklara benzer tepkiler verdiklerini ya da aralarında güçlü karşılıklı etkileşimlerin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, ülkeler arasındaki ekonomik entegrasyonun ve karşılıklı bağımlılığın analizlerde dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir. Bu nedenle, yatay kesit bağımlılığı göz önünde bulundurularak analize devam edilmiştir.

Tablo 2: Pesaran CD Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Değişkenler	İstatistik	Olasılık
AIP	5,97	0,000***
GDP	18,21	0,000***
EDU	3,77	0,000***
RD	9,70	0,000***
TRD	9,32	0,000***
UNEP	4,51	0,000***

Tablo 3’te veri setindeki değişkenlerin durağanlık düzeylerini belirlemek amacıyla, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Pesaran (2007) CIPS birim kök testi uygulanmıştır. Gecikme uzunluğu, modelin tutarlılığını artırmak amacıyla Akaike Bilgi Kriteri (AIC) doğrultusunda maksimum 2 olarak belirlenmiştir. Test sonuçlarına göre, GDP ve AIP değişkenlerinin hem sabitli hem de sabit ve trendli modellerde düzeyde durağan oldukları tespit edilmiştir. EDU değişkeni düzeyde

durağan değildir, modele trend eklendiğinde düzeyde durağanlaşmıştır. RD ve TRD değişkenleri sabit ve sabitli trendli modellerde düzeyde durağandır. UNEP değişkeni ise yalnızca trend içeren modelde düzeyde durağandır. Tüm değişkenlerin birinci farkları alındığında birim kökten arındıkları tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, değişkenlerin farklı bütünleşme düzeylerine sahip olmaları nedeniyle seriler arasındaki nedensellik ilişkilerini test edebilmek amacıyla Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi tercih edilmiştir.

Tablo 3: Pesaran CIPS Test Sonuçları

Değişkenler	T-İst. I (0)	T- İst. I (1)
AIP (Sabit)	-4,02971***	-5,14851***
GDP (Sabit)	-3,04503***	-3,77078***
EDU(Sabit)	-2,66078	-5,00418***
RD (Sabit)	-1,53081	-3,34329***
TRD (Sabit)	-1,49464	-3,17056***
UNEP (Sabit)	-1,62011	-3,01513**
AIP (Sabitli ve Trendli)	-5,17676***	-5,00889***
GDP (Sabitli ve Trendli)	-3,44149***	-4,02260***
EDU (Sabitli ve Trendli)	-3,58193***	-4,46154***
RD (Sabitli ve Trendli)	-2,58347	-3,21358***
TRD (Sabitli ve Trendli)	-1,47208	-3,46682***
UNEP (Sabitli ve Trendli)	-2,89173***	-2,91936**

Not: Pesaran CIPS birim kök testinde kritik değerler sabitte %1 -2,57, %5 -2,33, %10 -2,21,

sabit ve trendlide %1 -3,1, %5 -2,86, %10 -2,73. ***, **, * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini gösterir.

Tablo 4'te değişkenler arasındaki nedenselliğin varlığı ve yönünü belirlemeyi amaçlayan nedensellik analizi sonuçları sunulmaktadır. Çalışmada, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini ortaya koymak amacıyla Dumitrescu ve Hurlin tarafından geliştirilen panel Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Bu yöntem, panel veri yapısında var olan heterojenliği dikkate alarak hem bireysel birimlerde hem de tüm panel genelinde nedensellik etkilerini güvenilir biçimde analiz etmeye olanak sağlamaktadır. Z-Bar istatistik değeri değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin pozitif veya negatif olduğunu, olasılık değeri ise sonuçların istatistiksel olarak anlamlılığını test etmektedir (Dumitrescu & Hurlin, 2012). Analiz sonucunda, yapay zekâ patentlerinden ekonomik büyüme (GDP), Ar-Ge harcamaları (RD), ticaret (TRD), işsizlik oranları (UNEP) ve eğitim harcamalarına (EDU) doğru herhangi bir istatistiksel olarak anlamlı nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir ($p > 0,10$). Bulgular, yapay zekâ alanındaki patentleşmenin kısa vadede söz konusu makroekonomik değişkenler üzerinde belirleyici bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir.

Analizde kullanılan diğer değişkenler arasındaki ilişkiye bakıldığında; ekonomik büyümeden (GDP) eğitim harcamalarına ($Z\text{-bar} = 6,20521$; $p < 0,001$) ve Ar-Ge harcamalarına ($Z\text{-bar} = 3,27854$; $p = 0,0010$) doğru %1 anlam düzeyinde güçlü ve anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Ekonomik büyümeden analizde kullanılan diğer değişkenlere doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, ticaret değişkeninden ekonomik büyümeye doğru %5 anlam düzeyinde ($Z\text{-bar} = 2,04643$; $p = 0,0407$), orta düzeyde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. İşsizlik oranlarından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü %1 anlam düzeyinde ($Z\text{-bar} = 3,22440$; $p = 0,0013$) güçlü bir nedensellik ilişkisi mevcuttur. Eğitim

harcamalarından (EDU), yapay zekâ patentlerine (AIP) doğru %1 ($Z\text{-Bar} = 2,60376$; $p = 0,0092$) anlam düzeyinde ve pozitif güçlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Eğitim harcamalarından ticarete doğru %5 anlam düzeyinde ($Z\text{-bar} = 1,99961$; $p = 0,0455$), orta düzeyde bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Ar-Ge harcamalarından, eğitim harcamalarına doğru %10 anlam düzeyinde, sınırda ($Z\text{-bar} = 1,66300$; $p = 0,0963$) nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Bununla birlikte, işsizlik oranlarından, eğitim harcamaları ($Z\text{-bar} = 3,20528$; $p = 0,0013$), Ar-Ge harcamaları ($Z\text{-bar} = 3,70472$; $p = 0,0002$) ve ticarete doğru ($Z\text{-bar} = 3,43012$; $p = 0,0006$) %1 anlam düzeyinde pozitif ve anlamlı bir nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Ticaretten ise Ar-Ge harcamalarına doğru tek yönlü pozitif ve güçlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır ($Z\text{-bar} = 7,49165$; $p = 7,e-14$).

Tablo 4: Nedensellik Analiz Sonuçları

Değişkenler	Z-bar ist.	Olasılık
GDP → AIP	-1,53126	0,1257
AIP → GDP	-1,07464	0,2825
EDU → AIP	2,60376	0,0092***
AIP → EDU	-0,45624	0,6482
RD → AIP	-1,04207	0,2974
AIP → RD	-0,69060	0,4898
TRD → AIP	-1,07761	0,2812
AIP → TRD	0,01788	0,9857
UNEP → AIP	0,35331	0,7239
AIP → UNEP	0,65946	0,5096
EDU → GDP	0,97731	0,3284
GDP → EDU	6,20521	5,e-10***

RD →GDP	1,46634	0,1426
GDP →RD	3,27854	0,0010***
TRD →GDP	2,04643	0,0407**
GDP →TRD	0,60468	0,5454
UNEP →GDP	3,22440	0,0013***
GDP →UNEP	-0,27400	0,7841
RD →EDU	1,66300	0,0963*
EDU →RD	1,24577	0,2128
TRD →EDU	0,96228	0,3359
EDU →TRD	1,99961	0,0455**
UNEP →EDU	3,20528	0,0013***
EDU →UNEP	-0,67615	0,4989
TRD →RD	7,49165	7,e-14***
RD →TRD	0,76303	0,4454
UNEP →RD	3,70472	0,0002***
RD →UNEP	-0,10613	0,9155
UNEP →TRD	3,43012	0,0006***
TRD →UNEP	-0,22571	0,8214

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam düzeylerinde değişkenler arasındaki nedenselliği gösterir.

Nedensellik analizi sonucunda, yapay zekâ patentleri ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir. Bu sonuç, ekonomik büyümenin yapay zekâ patent üretimi üzerinde doğrudan belirleyici bir etkisinin olmadığını ve benzer şekilde, yapay

zekâ alanındaki patent faaliyetlerinin kısa dönemde ekonomik büyümeyi anlamlı şekilde etkilemediğini göstermektedir. Yapay zekâ teknolojileri, ekonomik büyümeyi desteklemek yerine durgunluğa da yol açabilir. Dolayısıyla yapay zekâ teknolojilerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin netleşmesi için gerekli etken zamandır (Naude, 2024).

Eğitim harcamalarından yapay zekâ patentlerine doğru istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif güçlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu sonuç, eğitim alanına yapılan yatırımların kısa dönemde yapay zekâ teknolojilerinde yenilik ve patent üretimini anlamlı ölçüde tetiklediğini göstermektedir. Eğitim harcamalarındaki artışın, bilgi ve yeteneklerin gelişmesini sağlayarak yapay zekâ alanındaki inovasyon kapasitesini artırdığı söylenebilir. Eğitim, tecrübesiz ve beceri eksikliği olan bireyleri, gerekli yetkinlikleri kazandırarak değerli bir beşerî sermayeye dönüştürür. Bu nedenle, hükümetler eğitim harcamalarına milli gelirlerinin önemli bir kısmını ayırarak ekonomik büyümelerini desteklemeyi amaçlamaktadır (Koçak, 2016). Okullarda yapay zekâ teknolojilerine yönelik kurslar açılarak öğrenciler bu alanda yetiştirilmeye başlanmıştır. Yükseköğretim kurumlarında ise yapay zekâ alanında yeni bölümler kurulmuştur. Yapay zekâ teknolojilerin yönelik kurslara olan talep yalnızca öğrencilerin değil, aynı zamanda işletmeler, hükümetler ve üniversitelerin de yapay zekâ hazırlık çalışmalarına odaklandığını göstermektedir. Üretken yapay zekâ girişimlerinin en önemli yatırım önceliği olduğu ve yapay zekâ yetenek havuzundaki hızlı büyümeyle birlikte, çalışanların yapay zekâ eğitimlerine yapılan yatırımların arttığı ifade edilmiştir (Maggioncalda, 2024). Eğitim harcamalarındaki bu artışın, yapay zekâ teknolojilerine yönelik patent alımlarını da etkileyebileceği öngörülebilir.

Nedensellik analizi sonuçları, Ar-Ge harcamaları, ticaret ve işsizlik oranlarının yapay zekâ patentleri üzerinde kısa dönemde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Buna karşın, ticaret ve işsizlik oranlarının Ar-Ge harcamalarını etkilediği yönünde, %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir nedensellik ilişkisi gözlemlenmiştir. Yapay zekâ patentlerine yönelik kısa vadeli etkilerin sınırlı kalması, bu yeniliklerin ortaya çıkış sürecinin sadece finansal yatırımlarla değil, aynı zamanda sektörel yapılar, politika ortamı ve teknoloji ekosistemindeki karmaşık etkileşimlerle şekillenebileceğine işaret etmektedir. Ar-Ge çalışmaları ağırlıklı olarak özel sektör tarafından yürütülmekte olup, kamu destekleri bu yatırımları tamamlayıcı bir unsur olarak ele alınmalı ve ulusal yatırım stratejilerine entegre edilmelidir. Yapay zekânın üretkenlik üzerindeki etkisi belirsizliğini korusa da uzun vadede üretkenlik artışını teşvik ederek, inovasyonu hızlandırabilecek bir potansiyele sahip olduğunu söyleyebiliriz. Son yıllarda yapay zekâ teknolojilerini kullanan işletmelerin sayısında artış gözlemlenmiştir; ancak bu teknolojileri benimseyen firmaların büyük bir kısmı büyük ölçekli şirketlerdir. Bu şirketler, yapay zekâyı rekabet avantajlarını koruma stratejilerinin merkezine yerleştirmektedir. Yapay zekânın üretkenlik üzerindeki etkisinin doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için yalnızca sektör lideri firmalar arasında nasıl yayıldığına ve işgücü piyasasına etkisine değil, aynı zamanda işgücünün nasıl geliştirildiğine odaklanılması gerekmektedir. Bu doğrultuda, hükümetlerin yatırım ortamını güçlendiren, beceri gelişimini destekleyen, inovasyonu teşvik eden ve istihdamı artıran daha kapsamlı politikalar oluşturması önem arz etmektedir (OECD, 2024).

Yapay zekâ teknolojilerinin ilerlemesi, yeni ürün ve hizmetlerin ortaya çıkmasını sağlarken, mevcut ürünlerin iyileştirilmesi için de Ar-Ge

yatırımlarını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, politika yapıcılar Ar-Ge harcamalarını artırarak teknolojik ilerlemeyi hızlandırabilir, teknoloji transferini teşvik etmek amacıyla doğrudan yabancı yatırımları destekleyebilir ve üniversiteler ile özel sektörün teknoloji odaklı projelerini teşvik etmek için vergi indirimleri veya muafiyetler sunabilir (Altıntaş ve Mercan, 2015: 372).

Yapay zekâ teknolojilerinin ülke ekonomileri üzerindeki etkisi zaman içinde daha belirgin hale gelecektir. Yeni teknolojilerin, özellikle yapay zekânın, ekonomiye etkili bir şekilde entegrasyonu zaman almaktadır. Sermaye birikimi sağlanıp, gerekli yeteneklere sahip kişiler iş süreçlerine dahil olduğunda, yapay zekâ yatırımlarının etkili olabilmesi için tamamlayıcı faktör zamandır (Meltzer, 2018).

Yapay zekâ teknolojilerinin tüm potansiyelinden yararlanabilmek için kapsamlı ve bütüncül bir politika yaklaşımı benimsenmelidir. Öncelikle, pazar rekabetinin artırılması ve yapay zekâ teknolojilerine erişimin yaygınlaştırılması sağlanarak inovasyon teşvikleri korunmalıdır. Ayrıca yapay zekâya yönelik güven eksikliği ve ön yargılar da göz önünde bulundurularak, bu sorunları gidermeye yönelik uygun politikalar oluşturulmalıdır. İşsizlik açısından bakıldığında, yapay zekâ teknolojilerinin işten çıkarmalara, işlerin yeniden dağıtılmasına ve eşitsizliğe yol açma riski uzun vadede ortaya çıkabilir. Bu nedenle eğitim, mesleki beceri gelişimi ve yeniden dağıtım mekanizmalarını içeren politikalar hayata geçirilerek, yapay zekâya yönelik ulusal ve uluslararası yönetim çerçeveleri oluşturulmalıdır (Filippucci vd., 2024).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekâ teknolojileri, insan zekâsını model olarak geliştirilen ve belirli algoritmalar çerçevesinde çalışan sistemlerden oluşur. Bu sistemler, kendilerine aktarılan verileri işleyerek, prompt olarak girilen komutlar doğrultusunda analiz yapar, karar alır ve çözüm üretebilir. Yapay zekâ sistemlerinin temel kaynağı insanlar tarafından sisteme girilen

verilerdir; bu veriler veri uzmanları tarafından toplanır, işlenir ve güvenliği yine siber güvenlik uzmanları sayesinde insan kontrolünde sağlanır. Bu nedenle, yapay zekâ teknolojilerinin doğruluğu, güvenilirliği ve etik kullanımı, insan faktörüne bağlıdır. Bu bağlamda, işgücü piyasasında yaratacağı etkiler göz önünde bulundurulduğunda bireyler dijital becerilere sahip olmalı ve teknolojiye uyum sağlamalıdır.

Çalışmada gerçekleştirilen nedensellik analizi sonucunda, yalnızca eğitim harcamalarından yapay zekâ patentlerine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ancak yapay zekâ patentleri ile ekonomik büyüme, Ar-Ge harcamaları, ticaret ve işsizlik oranları arasında doğrudan bir nedensellik ilişkisi belirlenememiştir. Yapay zekâ patentlerine ilişkin veri setinin zamanla genişlemesi, gelecekte yapılacak analizlerde farklı sonuçlar ortaya çıkarabilir. Uzun vadede, yapay zekâ teknolojilerinin ekonomik etkilerinin daha belirgin hale gelmesi beklenmektedir. Bu doğrultuda, yapay zekâ teknolojilerinin ekonomik büyümeye katkı sağlaması ve küresel rekabet gücünü artırması için Ar-Ge faaliyetlerine yapılan yatırımlar artırılmalıdır. Şirketler, yapay zekâ tabanlı ürün ve hizmetler geliştirerek bu alanlarda patent alabilir ve küresel pazarda rekabet avantajı elde edebilirler. Yapay zekâ temelli teknolojilerin ihracatı, ekonomik büyümeye katkı sağlayabilir.

Yapay zekâ teknolojilerinin sürdürülebilir gelişimi ve ekonomik katkısının maksimize edilebilmesi için eğitim sistemlerinin yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Eğitim, yapay zekâ patent çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Nitelikli eğitim programları sayesinde yerel yazılımlar geliştirilebilir ve veri güvenliği etkin bir şekilde sağlanabilir. Yapay zekâ alanında yerli yazılımların üretilmesi hem uluslararası rekabette avantaj sağlayacak hem de siber güvenliği güçlendirebilecektir.

Teknolojiye uyum sağlayabilen, analitik düşünme becerisine sahip, sürekli öğrenen ve dijital yetkinlikleri gelişmiş bireyler, işgücü piyasasında daha avantajlı konuma

gelmektedir. Vasıfsız işgücünün ise bu dönüşüme adapte olabilmesi için dijital okuryazarlık ve teknik becerilere odaklanan eğitim programlarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Erken yaşlardan itibaren öğrencilere yapay zekâ ve dijital beceriler kazandıracak bir müfredat oluşturulmalıdır. Bu müfredatta temel kodlama, algoritma mantığı ve veri bilimi gibi konulara yer verilmelidir.

Meslek liselerinde yapay zekâ ve veri bilimi odaklı bölümler açılarak teknik eğitim güçlendirilmelidir. Üniversitelerde ise bu alanlara yönelik uzmanlık programlarının sayısı artırılmalı, nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesine öncelik verilmelidir. Ayrıca belirlenen pilot bölgelerde gerçekleştirilecek projelerle yapay zekâ eğitiminin etkinliği test edilmeli, işgücünün dönüşümüne katkı sağlayacak sürekli eğitim programları hayata geçirilmelidir.

Yapay zekâ alanındaki beyin göçünü önlemek ve yerel inovasyonu desteklemek için yerli mühendisler ve bilim insanlarına cazip çalışma koşulları sunulmalıdır. Bu kapsamda, sadece maaş artışlarıyla sınırlı kalmayıp, kariyer gelişim fırsatları, araştırma fonları, modern laboratuvar ve altyapı desteği gibi uzun vadeli teşvikler sunulmalıdır. Ayrıca yapay zekâ alanında uzmanlaşan öğrenciler ve araştırmacılar, gelişmiş ülkelerdeki teknolojik ilerlemeleri yerinde gözlemleyebilmelidir. Bu doğrultuda, yurtdışı eğitim ve staj programları desteklenmeli; elde ettikleri bilgi ve deneyimi yerel ekosisteme aktarmaları teşvik edilmelidir. Hükümetler, yapay zekâ alanında faaliyet gösteren şirketler ve araştırma kuruluşları için vergi indirimleri ve teşvikler sağlayarak bu alandaki yatırımları artırabilir. Bu durumda, yapay zekânın etkin kullanımı, ekonomik verimliliği artırarak farklı sektörlerde inovasyonu teşvik edebilir.

Gelişmekte olan ülkeler, yapay zekâ teknolojilerinin sunduğu fırsatlardan en iyi şekilde yararlanabilmek için kurumsal yapılarını ve hukuki düzenlemelerini yeniden düzenlemelidir. Bunun yanı sıra, yapay zekâ teknolojilerine yönelik kapsamlı politikalar

geliştirmeleri önemlidir. Ayrıca dijital dönüşümün temel taşı olan güçlü bir telekomünikasyon altyapısı kurulmalıdır. Yüksek hızlı internet erişimi de yaygınlaştırılmalıdır. Böylece hem bireyler hem

de işletmeler yapay zekâ destekli sistemlere daha hızlı adapte olabilir, bu da ekonomik büyüme ve teknolojik gelişimi destekleyebilmektedir.

KAYNAKÇA

Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2017). Robots and jobs: evidence from us labor markets. National Bureau of Economic Research, 1-90.

Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2018). The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. American Economic Review, 1488-1542.

Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2019). The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labor demand. IZA Institute of Labor Economics, 1-16.

Achar, S. (2019). Early consequences regarding the impact of artificial intelligence on international trade. American Journal of Trade and Policy, 6(3), 119-126.
<https://doi.org/10.18034/ajtp.v6i3.634>

Agovino, M., Aldieri, L., Garofalo, A., & Vinci, C. P. (2018). R&D spillovers and employment: Evidence from European patent data. Empirica, 45(2), 247-260.

Altıntaş, D. D., & Mercan, D. D. (2015). AR-GE harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: OECD ülkeleri üzerine yatay kesit bağımlılığı altında panel eşbütünleşme analizi. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 70(2), 345-376.

Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>

Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. The Quarterly Journal of Economics, 1279-1332.

Aytun, U., Kılıçaslan, Y., Meçik, O., & Yapıcı, Ü. (2023). Robots, employment and wages: Evidence from Turkish labor markets. ERF 29th Annual Conference, 1-26. Cairo, Egypt: Economic Research Forum.

Bessen, J. E. (2019). Automation and jobs: When technology boosts employment. Boston University School of Law, Law and Economics Research Paper No. 17-09, 1-45.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2012). The second machine age. London: W.W. Norton & Company.

Brynjolfsson, E., Hui, X., & Liu, M. (2018). Does machine translation affect international trade? Evidence from a large digital platform. National Bureau of Economic Research, 1-12.
<http://www.nber.org/papers/w24917>

Carbonero, F., Ernst, E., & Weber, E. (2020). Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade. Institute for Employment Research, 1-34.

Çelik, S. (2020). Büyük veri çağında yeni meslekler. Middle East International Conference on Contemporary Scientific Studies-IV, 286-301. Beirut: Lebanon

Dağlı, İ. (2022). Yapay zekâ teknolojilerinde etkili faktörler üzerine bir model denemesi: En başarılı ülkelerle panel veri analizi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 368-386.

Dumitrescu, E.I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling* 29, 1450-1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>

Filippucci, F., Gal, P., Jona-Lasinio, C., Leandro, A., & Nicoletti, G. (2024). Artificial Intelligence: Promises and perils for productivity and broad-based economic growth. *Enoscope*. <https://oecdecoscope.blog/2024/04/16/artificial-intelligence-promises-and-perils-for-productivity-and-broad-based-economic-growth/>

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

Gries, T., ve Naudé, W. (2018). Artificial intelligence, jobs, inequality and productivity: Does aggregate demand matter? IZA – Institute of Labor Economics, 1-36.

Irmak, E. (2023). Uluslararası ticarete dijitalleşme: E-ticaret kapsamında e-ihracat. *The Journal of Social Science*, 7(14), 180-200. <https://doi.org/10.30520/tjsosci.1357354>

İTÜ. (2024). İTÜ Program Bilgi Paketi. Büyük Veri ve İş Analitiği Tezsiz Yüksek Lisans İkinci Öğretim Programı. https://www.ttyc.itu.edu.tr/ProgramHakkinda.php?Program=VIA_IA_YL

Koçak, A. (2016). Eğitim harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkileri: Türkiye ve G8 ülkeleri üzerine bir uygulama. Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Yüksek Lisans Programı, Yüksek Lisans Tezi.

Maggioncalda, J. (2024). Global skills report. ABD: Coursera.

Makridakis, P. S. (2017). The forthcoming artificial intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46-60.

Malatyali, Ö. (2016). Teknoloji Transferinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği 1989 - 2014. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13 (3), s. 62 - 73.

Maxim, R., & Muro, M. (2019). Automation and AI will disrupt the American labor force. Here's how we can protect workers. Brookings. <https://www.brookings.edu/articles/automation-and-ai-will-disrupt-the-american-labor-force-heres-how-we-can-protect-workers/>

Meltzer, J. P. (2018). The impact of artificial intelligence on international trade. Brookings Institution, 1-9.

Nakamura, H., & Zeira, J. (2018). Automation and unemployment: Help is on the way. SSRN-id3202622.pdf, 1-31.

Naude, W. (2024). Will artificial intelligence cause an economic growth explosion? OECD. AI Policy Observatory. <https://oecd.ai/en/work/will-artificial-intelligence-cause-an-economic-growth-explosion>

OECD (2023). The Organisation for Economic Co-operation and Development.

OECD. (2024). OECD Economic Outlook Volume 2024 Issue 1: An unfolding recovery. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/69a0c310-en>

Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. IZA Discussion Paper No. 1240.

Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Economics*, 22, 265-312.

Sachs, J. D., Benzell, S. G., & Lagarda, G. (2015). Robots: Curse or blessing? A basic framework. *National Bureau of Economic Research*, 1-27.

Schmidpeter, B., & Ebmer, R. W. (2021). Automation, unemployment, and the role of labor market training. *European Economic Review*, 1-25.

Sierotowicz, T. (2015). Patent activity as an effect of the research and development of the business enterprise sectors. *Journal of International Studies*, 8(2), 101-113. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2015/8-2/9>

Zeira, J. (1998). Workers, machines and economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 1091-117.