

**DİJİTAL EKONOMİ VE FİNANSAL PİYASA
DERİNLİĞİNİN KARBON EMİSYONUNA ETKİSİ:
OECD ÜLKELERİNDE AMPİRİK BİR İNCELEME**

THE IMPACT OF DIGITAL ECONOMY AND FINANCIAL
MARKET DEPTH ON CARBON EMISSIONS: AN
EMPIRICAL STUDY IN OECD COUNTRIES

Nuran ÖZTÜRK OFLUOĞLU, Hilal OK ERGÜN, Betül ŞAHİN

20

DİJİTAL EKONOMİ VE FİNANSAL PİYASA DERİNLİĞİNİN KARBON EMİSYONUNA ETKİSİ: OECD ÜLKELERİNDE AMPİRİK BİR İNCELEME

THE IMPACT OF DIGITAL ECONOMY AND FINANCIAL MARKET DEPTH ON CARBON EMISSIONS: AN EMPIRICAL STUDY IN OECD COUNTRIES

Nuran ÖZTÜRK OFLUOĞLU¹ Hilal OK ERGÜN², Betül ŞAHİN³

Anahtar Kelimeler:

Dijital ekonomi,
Finansal derinlik,
Karbon emisyonu.

Keywords:

Digital economy,
Financial depth,
Carbon emissions.

ÖZ

Bu çalışmanın amacı dijital ekonomi ve finansal piyasaların karbon emisyonu üzerindeki etkisinin ampirik olarak araştırılmasıdır. Bu bağlamda, OECD ülkeleri kapsamında, 2010-2020 dönemi panel veri analizi kullanılarak incelenmiştir. Karbon emisyonlarının bağımlı, dijital ekonomi ve finansal piyasa göstergelerinin bağımsız değişken olduğu bir panel veri modeli geliştirilmiştir. Çalışmada dijital ekonomi göstergesi olarak internet kullanan bireylerin toplam nüfus içerisindeki payı, bilgi ve iletişim teknolojisi ürünlerinin toplam ihracat içerisindeki payı ve 100 kişi başına düşen sabit geniş bant aboneliği değişkenleri kullanılmıştır. Finansal piyasaların göstergesi olarak da finansal piyasa derinlik endeksi kullanılmıştır. Modelin tahmininden elde edilen ampirik bulgular doğrultusunda, dijital ekonomi ve finansal piyasa göstergelerinin karbon emisyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak ampirik analizden elde edilen bulgular OECD ülkelerinde, dijital ekonomi göstergeleri ve finansal piyasa derinliğindeki artışın karbon emisyonunun azalmasına katkı sağladığına işaret etmektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, dijital uygulamaların karbon emisyonları açısından da önemi göz önünde bulundurularak politikaların geliştirilmesi önerilmektedir.

ABSTRACT

The aim of the study is to empirically investigate the impact of the digital economy and financial markets on carbon emissions. In this context, the period 2010-2020 was analyzed in the context of OECD countries using a panel data analysis. A panel data model was developed with carbon emissions as the dependent variable and indicators of the digital economy and financial markets as independent variables. The study uses the share of Internet users in the total population, the share of information and communication technology products in total exports and the number of fixed broadband subscriptions per 100 people as indicators of the digital economy. The financial market depth index is used as an indicator for the financial markets. Empirical findings from the model estimation reveal a statistically significant and negative effect of digital economy and financial market indicators on carbon emissions. Thus, the results of the empirical analysis suggest that the increase in digital economy and financial market depth indicators contributes to the reduction of carbon emissions in OECD countries. Based on these findings, it is recommended to develop policies that consider the role of digital applications in reducing carbon emissions.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Trabzon Üniversitesi, Beşikdüzü Meslek Yüksekokulu, nozturk@trabzon.edu.tr, 0000-0003-3617-5139

² Dr. Öğr. Üyesi, Trabzon Üniversitesi, Beşikdüzü Meslek Yüksekokulu, hilalok@trabzon.edu.tr, 0000-0002-1454-3677

³ Öğr. Gör. Dr., Trabzon Üniversitesi, Beşikdüzü Meslek Yüksekokulu, betulturan@trabzon.edu.tr, 0000-0003-0882-594X

Alıntılanmak için/Cite as:
ÖZTÜRK OFLUOĞLU N.,
OK ERGÜN H., ŞAHİN B.
(2025) Dijital Ekonomi Ve
Finansal Piyasa Derinliğinin
Karbon Emisyonuna Etkisi:
Oecd Ülkelerinde Ampirik Bir
İnceleme, Çukurova Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Dergisi, 34 (1), 330-345

GİRİŞ

Küresel ısınma nedeniyle meydana gelen iklim değişikliği tüm ülkelerin gündeminde neredeyse ilk sıralarda yer almaktadır. İklim değişikliği karbon-temelli ekonomik büyümenin neticesinde ortaya çıkmıştır (Topçu, 2018). Dünya nüfusunun artması, teknolojiye yeni yenilikler, gelişen ve büyüyen endüstri enerji ihtiyacını hiç olmadığı kadar artırmıştır. Fosil yakıtların enerji ihtiyacını karşılamak amaçlı kullanımı başta karbondioksit olmak üzere çeşitli sera gazlarının atmosfere dağılmasına yol açmıştır. Atmosferde biriken bu zararlı gazlar, güneşten gelen radyasyonu yutarak dünya sıcaklığının artmasına ve küresel ısınmaya neden olmuştur (Doğanay & Coşkun; 2020, s. 21 Yarımka, 2021, Öztürk, 2013, Saraçoğlu, 2018). Bu nedenle, iklim değişikliği ile mücadelede sera gazı emisyonlarının azaltılması büyük önem taşımaktadır.

Gerek ulusal gerekse uluslararası düzeyde emisyon azaltımına ilişkin birçok girişim bulunmaktadır. Kyoto Protokolü ve Paris anlaşması gibi uluslararası düzeyde anlaşmalar karbon emisyonunun azaltılmasını hedefleyen protokoller arasındadır. Hem anlaşmalar nedeniyle hem de ülkelerin kendilerinde gördükleri zorunluluk dolayısıyla çeşitli iklim değişikliği politikaları uygulanmaktadır. Bu politikalar arasında Avrupa Birliği tarafından 2019 yılında uygulamaya konulan Avrupa Yeşil Mutabakatı gösterilebilir. Bu eylem planı ile AB 2050 yılına kadar kıtanın karbondan arındırılmasını amaçlamaktadır (European Comission, 2024).

Karbon emisyonunun azaltılması çalışmalarında günümüz dijital teknolojilerinin ne kadar etkili olduğu konusunda yapılan çalışmalar ise dikkat çekmektedir. Dijital teknolojilerin endüstriyel yapının iyileştirilmesi, enerji kullanımının azaltılması, işgücü piyasası etkinliğinin ve üretim faktörlerinin verimliliğinin artırılması gibi alanlarda veri sağlama yoluyla katkıda bulunduğu ifade edilmektedir (Suo ve diğerleri, 2024, Deng ve diğerleri, 2022, Zhao ve diğerleri, 2022). “Yeni Ekonomi” olarak da adlandırılan dijital ekonomi ve karbon emisyonu salınımı arasında genellikle ters U şeklinde ilişki olduğunu ifade eden çalışma sayısı ise oldukça fazladır (Wang ve diğerleri, 2024, Cheng ve diğerleri, 2023, Sun ve diğerleri, 2024, Li & Wang, 2022). Bu çalışmalarda belirli bir gelişmişlik

seviyesinden sonra dijital ekonominin karbon emisyonunun azaltılmasına katkı sağladığı ifade edilmektedir.

Diğer taraftan, karbon emisyonunu azaltması beklenen bir diğer değişken ise finansal gelişmedir. Finansal gelişme yenileme yatırımları, temiz üretim ve enerji yatırımlarına yol açarak karbon salınımının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Diğer taraftan teknolojik ve yeşil yatırımları arttırarak da karbon salınımını negatif yönde etkileyebilmektedir (Gao & He, 2024). Dolayısıyla düşük karbon salınlı bir ekonomi için karbon salınımını azaltan finansal aktivitelere ve bu aktiviteleri destekleyen bir karbon finansman sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Karbon finansmanı iklim değişikliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Karbon finansmanı ve karbon sermayesi arasındaki ilişki düşük karbonlu endüstrilerin gelişmesi için büyük önem arz etmektedir (Tian ve diğerleri, 2024).

Bu çalışmada dijital ekonomi ve finansal piyasa derinliğinin karbon emisyonu üzerindeki etkisi ampirik olarak araştırılmıştır. Çalışmanın giriş kısmından sonraki ikinci bölümde, dijital ekonomi kavramı teorik çerçevede incelenmiştir. Ayrıca dijital ekonominin karbon emisyonu ve finansal gelişme ile ilişkisine değinilmektedir. Üçüncü kısımda ise karbon emisyonunun dijital ekonomi ve finansal gelişme ile ilişkisini inceleyen literatür kısaca özetlenmiştir. Yöntemin açıklandığı dördüncü bölümde çalışmada kullanılan veri seti, model ve analiz ve bulgulara değinilmiştir. Beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler kısmı ile çalışma tamamlanmıştır.

DİJİTAL EKONOMİ KAVRAMI

1980’lerin başlarından itibaren uluslararası düzeyde meydana gelen ekonomik ve sosyal gelişmelerin günümüzdeki uygulamaları bazı ekonomistler tarafından “dijital ekonomi” veya “Yeni Ekonomi” ifadesiyle tanımlamaktadır (Karaçor ve diğerleri, 2020). Dijital ekonomi kavramı ilk kez Don Tapscott (1994) tarafından ortaya atılmıştır. Tapscott, “Ağ Bağlantılı Zeka Çağı” (Age of Networked Intelligent) adlı kitabında dijital teknolojinin bir çok alanda değişiklikler yaratacağını ifade etmiştir. Kavrama sadece makineler arası bağlantılar değil, iş dünyası bağlantıları, hükümet, seyahat, eğitim, yayın ve liderlik gibi alanlardaki bağlantılar da dahil edilmektedir (Tapscott, 2014). Tapscott (1996) dijital

ekonominin iki nesil ekonomik aktiviteyi kapsadığını, ilkinin bilgi ve çeşitli istatistiksel bilgilerin internet sitelerine yerleştirmekle, ikincisinin ise internetin mümkün kıldığı daha etkileşimli bir iletişimle ilgili olduğunu ifade etmektedir (Bukht & Heeks, 2018).

Dijital ekonomi Tapscott'tan bu yana birçok araştırmacı ve kurum tarafından tanımlanmıştır. Örneğin Avrupa Parlamentosu dijital ekonomiyi “neredeyse sonsuz ve sürekli artan sayıda düğümlerin olduğu, birbiriyle bağlantılı birkaç seviye ve katmanlardan oluşan karmaşık bir yapı” olarak tanımlamaktadır (European Parliament, 2015). Carlsson (2004) dijital ekonomiyi çok çeşitli yeni kombinasyonlara yol açan çok sayıda heterojen fikir ve aktör arasında yeni bir bağlantı biçimi olarak tanımlamaktadır. Bununla birlikte, dijital ekonomi kavramı 2016 yılındaki G20 zirvesine kadar net bir tanıma kavuşamamıştır (Pan ve diğerleri, 2022). Dijital ekonomi geniş bir ekonomik aktivite yelpazesi sunmaktadır. Buna göre dijital ekonomi üretimin temel faktörü olan dijital bilgi ve bilgi birikiminin kullanımını, önemli bir etkinlik alanı olarak modern bilgi ağlarını, verimlilik artışının ve ekonomideki yapısal optimizasyonun önemli bir itici gücü olarak bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkili kullanımını içermektedir (Ministry of Foreign Affairs of Japan, 2016). Türkiye’den bir tanım ise T.C. Kalkınma Bakanlığı (2018) tarafından yapılmıştır. T.C. Kalkınma Bakanlığı (2018)’na göre dijital ekonomi “dijital hesaplama teknolojilerine dayanan ekonomi” dir. Dijital ekonominin ana unsurları ise dijital ticaret, dijital finans, dijital pazarlama, veri ekonomisi, yapay zeka ve dijital iş modelleri olarak görülmektedir (Özbay ve Genç, 2023:607). Bu kavramların her biri ayrı bir inceleme alanını oluşturmaktadırlar.

Dijital ekonominin bir uzantısı olan akıllı üretim teknolojileri birçok ülkenin gündeminde ön sıralarda yer almaktadır (Zhang & Ji, 2019). Bulut teknolojisi, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri, mobil internet ve yapay zekâ vb. de dahil olmak üzere yeni bilgi teknolojilerinin gelişmesi ve uygulanmasıyla birlikte, çeşitli ülkeler bir sonraki sanayi devrimine hazırlanmak için farklı üretim stratejileri (örneğin endüstri 4.0, endüstriyel internet, made in China 2025, hizmet odaklı üretim ve bulut üretim vb.) önermişlerdir (Tao & Zang, 2017).

Dijital ekonominin bu denli dikkat çekmesi sağladığı faydalar dolayısıyladır. Bu çalışmada, oldukça geniş bir alana yayılan bu faydaların önemli birkaçına yer verilmiştir. Yeni bir ekonomik form olarak dijital ekonomi, altyapı, kaynak tahsisi ve yapısal optimizasyon yoluyla kentsel karbon verimliliğini arttırabilecek yeşil, yenilikçi ve paylaşımcı olma avantajlarına sahiptir (Zhao ve diğerleri, 2022). Diğer taraftan, işletmelerin ve tüketicilerin çevre ile ilgili verileri daha etkin bir şekilde izlemesine, yönetmesine, çevre bilincinin artmasına ve çevrenin korunmasına katkı sağlayabilmektedir. Örneğin dijital ekonomi, kamu hizmetlerine ve politika bilgilerine erişim sağlayarak vatandaşların çevre koruma faaliyetlerine katılımını teşvik edebilmektedir (Ruijter ve diğerleri, 2022). Aynı zamanda karbon emisyonunu azaltarak iklim değişikliği ile hedeflerin gerçekleştirilmesini sağlayabilmektedir.

Dijital ekonomi karbon emisyonu ilişkisi çeşitli kanallarla gerçekleşebilmektedir. İlk kanal dijital ekonominin endüstriyel yapı üzerindeki etkisi ile ortaya çıkmaktadır. Öncelikle dijital ekonomi, 5G internet, bulut bilişim ve üretim faktörleriyle birleştirilmiş akıllı cihazlar gibi dijital altyapılar aracılığıyla, düşük karbonlu kalkınmayı gerçekleştirmek üzere yürütülen hükümet politikalarını destekleyerek sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmaya yardımcı olabilmektedir. İkinci olarak, dijital teknoloji yardımıyla endüstriyel yapının rasyonelleştirilmesi yeşil ve düşük karbonlu kalkınmaya katkı sağlamaktadır (Zhang & Ji, 2019, Chen ve diğerleri, 2022, Bai ve diğerleri, 2023). Örneğin, emisyon ticaret sisteminin devreye girmesiyle birlikte firmalar yeni teknolojileri kullanarak temiz üretim, karbon tespiti ve depolama teknolojisi gibi yollarla hem çevre hem de ekonomi için kazanımlar sağlayabilmektedirler (Liu & Liu, 2023). Diğer taraftan dijital teknolojilerin tedarik zincirinde kullanımının hem ekonomik hem de çevresel anlamda katkı sağlayabileceği belirtilmektedir (Li ve diğerleri, 2020).

Dijital ekonominin bir diğer etkisi üretim faktörleri verimliliği boyutunda ele alınmaktadır. Toplam faktör verimliliği artışı karbon emisyonunun azaltılmasında önemli bir faktördür. Buna göre, piyasa talebi ve tüketici tercihlerine ilişkin bilgilere dayalı dijital ekonomi, arz ve talebi eşitleyerek sermaye ve emek faktörlerinin yeniden

dağılımını sağlayabilmekte ve böylece toplam faktör verimliliğini arttırabilmektedir (Suo ve diğerleri, 2024). Verimlilik artışı kaynak israfının önlenmesini ve böylece enerji tasarrufu ve emisyon azalışını sağlayabilmektedir.

Dijital ekonominin ulaşım-seyahat ve hükümet karar alma mekanizmalarında kullanılması gibi sosyoekonomik faaliyetlerde uygulanması, doğrudan veya dolaylı olarak enerji tüketim yoğunluğunu azaltabilmekte ve böylece karbon verimliliğini artırabilmektedir. Örneğin internet teknolojisi ile birlikte birçok geleneksel hizmet işletmesi, enerji tüketimini büyük ölçüde azaltan, enerji verimliliğini arttıran ağ hizmetlerine geçiş yapmıştır (Deng ve diğerleri, 2022). Dijital ekonominin hızlandırılmış faktör akışlarıyla enerji tüketim yoğunluğunu azaltabileceği, enerji tüketim yapısını iyileştirebileceği ve sonuçta kentsel karbon verimliliğini artırabileceği öne sürülmektedir (Zhao ve diğerleri, 2022).

LİTERATÜR TARAMASI

Dijital ekonomi ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, karbon emisyonu ve dijital ekonomi ilişkisinin sıklıkla ele alındığı görülmektedir. Finansal gelişme ile karbon emisyonu ilişkisi de analiz edilen diğer başlıklar arasında yer almaktadır. Diğer taraftan ekonomik büyüme ile çevresel bozulma arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu belirten Çevresel Kuznet Eğrisi Hipotezinin dijital ekonomi karbon emisyonu ilişkisini açıklamada kullanıldığı da görülmektedir. Bu hipoteze göre dijital ekonomide meydana gelen değişimler karbon emisyonunu önce arttırmakta ancak belirli bir eşik değerden sonra azaltmaktadır. Mekansal analiz ve girdi çıktı analizlerinin daha çok tercih edildiği çalışmalarla ilgili literatür aşağıda kısaca özetlenmektedir.

Dijital ekonominin gelişmesi ile birlikte karbon emisyonun azalacağı bulgusunu elde eden çalışmalar geniş bir literatür oluşturmaktadır. Lin & Zhou (2021)'e göre internetin gelişmesiyle birlikte endüstriyel yapı iyileşmekte, teknoloji yayılımı teşvik edilmekte ve böylece enerji ve karbon emisyon performansı iyileşmektedir. Yerel hükümet müdahalesi internetin bu etkisini zayıflatmakta, piyasa odaklı gelişme ise olumlu katkı sağlamaktadır. Wang ve diğerleri (2021), dijital teknolojiye yeniliklerin ulusal karbon emisyon yoğunluğu üzerinde doğrudan ve dolaylı

etkilerinin tespit edildiğini ancak bu etkilerin heterojen olduğunu belirtmektedirler. Araştırmada elde edilen bir diğer sonuç dijital teknolojideki yenilikler ve teknoloji yayılımının birleşik etkisinin karbon emisyon yoğunluğunu azaltmasıdır. Yine çalışmada doğrudan yabancı sermaye yatırımları ile karbon emisyonu yoğunluğu arasındaki negatif ilişki tespit edilmiştir.

Chen ve diğerleri (2022) dijital ekonominin hem doğrudan hem de endüstriyel yapının rasyonelleştirilmesine katkı sağlama yoluyla dolaylı olarak karbon emisyonunun azalmasına yardımcı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Li & Wang (2022) yaptıkları çalışmada dijital ekonomiyi internet ve dijital finansal gelişme ile ölçerek dijital ekonomi ve karbon emisyonu ilişkisinin ters U şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bilgi iletişim teknolojisi penetrasyonunun bölgesel karbon emisyonuna önemli düzeyde katkı sağladığını belirten bir diğer çalışma ise Jin & Yu (2022)'ye aittir. Wang ve diğerleri (2022), internet ekonomisinde meydana gelen %1'lik artışın karbon emisyon verimliliğini %0.141 arttırdığını ve internet ekonomisinin beşerî sermaye, temiz teknoloji yenilikleri, kömür dışı enerji kullanımını arttırarak karbon emisyon verimliliğini dolaylı olarak etkilediğini belirtmişlerdir. Zang ve diğerleri (2022) ve Dong ve diğerleri (2022) dijital ekonominin karbon emisyon performansı arttırdığını diğer bir deyişle karbon emisyonunu azalttığı bulgusunu elde etmişlerdir. Ayrıca, Dong ve diğerleri (2022)'ne göre ekonomik büyüme, finansal kalkınma ve endüstriyel yapının iyileştirmesi dijital ekonomi ve karbon emisyonları arasında aracı rol oynamaktadır. Zhu ve diğerleri (2022) ise dijital ekonominin karbon emisyonunu, inovasyon etkisi ve endüstriyel yapının iyileştirilmesi yardımıyla da engellediği sonucuna ulaşmışlardır. Wu ve Yang (2022), özellikle gelişmekte olan ülkeler için önem arz eden endüstriyel yapı iyileşmesi, ekonomik kalkınma ve işgücü verimliliği artışlarında önemli bir faktör olan istihdam yapısının dijital ekonomi ile olan ilişkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre dijital ekonomi Çin'in istihdam yapısı üzerinde oldukça etkilidir. Buna göre, gelişmenin ilk aşamalarında dijital ekonomi sanayi sektöründe, yüksek teknolojili endüstri ve yüksek beceri gerektiren işlerin istihdamında düşüşler yaşanmasına neden olmaktadır. Ancak ilerleyen safhalarda ilgili alanlarda istihdam

artmakta ve endüstri yapısı olumlu yönde iyileşmektedir.

Yu ve diğerleri (2022)'ye göre dijital ekonomi, karbon salınımını engellemektedir ve dijital ekonominin gelişmişlik düzeyi, karbon emisyonları üzerinde heterojen bir etkiye sahiptir. Ayrıca çalışmada ekonomik kalkınma, finansal gelişme, enerji yapısı ve endüstriyel gelişmenin karbon emisyonunu arttırdığı saptanmıştır. Liu ve diğerleri (2022), mekânsal analiz yöntemini kullandıkları çalışmada dijital teknolojiye meydana gelen gelişmelerin karbon azalımını "yayılma etkisi" yoluyla olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak yazarlara göre, bu etki bilgi iletim maliyetindeki artışlar ve yerel ekonomiyi koruma önlemleri dolayısıyla coğrafi sınırlara sahiptir. Hükümet müdahaleleri ise dijital teknolojilerdeki gelişmenin, karbon emisyonu üzerindeki negatif etkisini azaltmaktadır.

Ren ve diğerleri (2021), internetin gelişimi ile enerji kullanımı arasında negatif bir ilişki tespit etmişlerdir. Çalışmada internet kullanımının enerji tüketimini arttırmasına rağmen enerji tüketim yapısında ve yoğunluğunda pozitif yönde gelişmeler sağladığı ifade edilmektedir. Zhang ve diğerleri (2022) ise dijital ekonominin enerji verimliliğini arttırarak karbon salınımı azaltma etkisinin her zaman geçerli olmadığını saptamışlardır. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre nüfus artışı, kömüre dayalı enerji tüketimi yapısı ve endüstriyel yapı karbon emisyonlarını önemli ölçüde arttırmaktadır. Bai ve diğerleri (2023) ise dijital ekonomi karbon emisyonu ilişkisinin endüstri yapısına göre değiştiğini ifade etmektedirler.

Bai ve diğerleri (2023)'e göre dijital ekonomi, yerel endüstriyel dönüşümü sağlama ve iyileştirme yoluyla karbon emisyonunu azaltmakta ancak mekansal transfere neden olarak komşu karbon emisyonunu arttırmaktadır. Çalışmada, transferin nedeni dijital ekonominin yerel endüstriyel dönüşüm ve iyileşmeyi teşvik etmesi ve bu nedenle geri kalmış ve kirlitici endüstrilerin komşu bölgelere taşınmasına yol açması gösterilmiştir. Cheng ve diğerleri (2023) dijital ekonominin karbon emisyon yoğunluğu üzerinde doğrusal olmayan ters U şeklinde bir mekânsal yayılma etkisine sahip olduğunu belirtmektedirler. Ayrıca araştırmacılara göre endüstriyel yapının optimizasyonu teknolojik ve bilimsel yeniliklerin gelişimini etkileyerek hem

doğrudan hem de dolaylı olarak karbon emisyon yoğunluğunun azaltımına katkı sağlamaktadır. Yine Chang ve diğerleri (2023), dijital ekonominin karbon emisyon yoğunluğunu önemli ölçüde azalttığını ve dijital ekonominin karbon emisyonu üzerindeki etkisinin mekânsal yayılma etkisine sahip olduğu belirtilmektedir. Chen ve diğerleri (2023), dijital ekonominin karbon emisyon yoğunluğunun azaltılmasında önemli olduğunu ancak dijital ekonominin gelişmişlik seviyesinin bölgeler arasında farklılık gösterdiğini ifade etmektedirler. Yazarlara göre, heterojenliğin ortaya çıkmasında dijital ekonominin alt göstergesi olan enerji tüketimi ve politik destek etkilidir. Yine heterojenlik göstermekle birlikte devlet desteklerinin dijital ekonomi karbon emisyonu arasındaki ilişkiye pozitif katkı sağladığını belirtmişlerdir. Çalışmadan elde edilen en önemli bulgu ise bilim ve teknolojiye meydana gelen farklı yenilik türlerinin, dijital ekonomi ve karbon emisyonu ilişkisine farklı yansıdığıdır. Buna göre karbon azaltımı için yeşil ekonomiyi ve dijital ekonomiyi destekleyen daha fazla bilimsel gelişmeye ihtiyaç vardır. Lyu ve diğerleri (2023) yaptıkları çalışmada 2011-2019 yılları arasında Çin'in 251 eyaletine ait verileri çeşitli regresyon analizleri ile test etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre dijital ekonomi, enerji verimliliğini artırarak karbon emisyonunun azaltılmasına katkı sağlamakta ve endüstriyel yapının iyileştirilmesi dijital ekonominin karbon verimliliğini artırıcı etkisini güçlendirmektedir. Wang ve diğerleri (2023), girdi-çıktı analizini kullanarak yaptıkları çalışmada özellikle endüstriyel dijitalleşme sektörünün ekonomide karbon emisyonunu en fazla ileten sektör olduğunu ve bu sektörlerin üretim, aracı ve talep taraflarında büyük karbon emisyonlarına sahip olduklarını belirtmektedirler. Wang & Li (2023) ise dijital ekonominin karbon emisyonunu azaltıcı etkisi olduğu ancak endüstri ve kent-kır gibi faktörlere bağlı olarak heterojenlik gösterdiği bulgusuna ulaşılmıştır. Hu (2023), dijital ekonominin çevresel kirliliği azaltıcı etkisinin ülkenin doğusunda; karbon emisyonunu azaltıcı etkisinin ise ülkenin batısında geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çalışmada ayrıca ekonomik kalkınma, nüfus, yenilik, hükümet müdahalesi, finansal kalkınma, dışa açıklık, bilgi düzeyi, serbest piyasa düzeyi ve beşerî sermaye düzeyi değişkenlerinin çevresel kirlilik ve karbon emisyonunu azaltıcı yönde etkili olduğu sonucunu elde etmiştir.

Wang ve diğerleri (2024), doğal kaynak rantı eşik değişkeni olduğunda dijital ekonomi ve karbon emisyonu arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yolsuzlukla mücadele düzenlemelerinin eşik değişken olarak alınması durumunda ise çift eşik etkisinin ortaya çıktığını, yolsuzlukla mücadele düzenlemelerindeki artışın dijital ekonominin karbon emisyonu üzerindeki etkisini güçlendirdiğini sonraki aşamalarda ise zayıflattığını ortaya koymuşlardır. Jiang ve diğerleri (2024), dijital ekonomi, tüketim artışı ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, kentsel ve kırsal alanda farklılık göstermekle birlikte, dijital ekonomide meydana gelen %1'lik artış karbon emisyonunu %0.082–0.092 aralığında değişen oranlarda azaltmaktadır. Tian ve diğerleri (2024), karbon ticareti piyasasını baz alarak yaptıkları çalışmada, dijital ekonominin gelişmişlik seviyesindeki bir artışın karbon emisyonunu 0,417 birim azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Yu ve diğerleri (2024), dijital ekonominin kentsel karbon emisyonunu azaltmada önemli bir etkiye sahip olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Sun ve diğerleri (2024)'ne göre dijital ekonomideki gelişme ile karbon emisyonu ve enerji tüketimini arasında ters U şeklinde bir ilişki vardır. Buna göre dijital ekonomideki hızlı gelişme ilk başta karbon emisyonu ve enerji tüketimini arttırmakta ancak daha sonra azaltmaktadır. Bu durum dijital ekonominin belirli bir gelişmişlik seviyesinden sonra çevre korunmasına katkı sağlayabileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Yine Song ve diğerleri (2024) çalışmalarında, dijital ekonomi ile karbon emisyon verimliliği arasında U şeklinde doğrusal olmayan ve heterojen bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre teknolojik yenilik belirli bir eşikten sonra dijital ekonomi ve karbon emisyonu arasında aracılık etkisi yaratmaktadır.

Dijital ekonomi karbon emisyonu ilişkisinin araştırıldığı çalışmalarda finansal değişkenlerin de yer aldığı tespit edilmiştir. Ma ve diğerleri (2022) yaptıkları çalışmada, dijital ekonomi, Ar-Ge yatırımları ve teknolojik yeniliklerde meydana gelen artışın karbondioksit emisyonunu azalttığı ancak ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin çevresel olmayan yatırımlar nedeniyle karbon emisyonunu arttırdığı bulgularına ulaşılmışlardır. Wang, (2022)'ne göre dijital ekonomideki gelişmeler karbon emisyonlarının azaltılmasında etkili olmaktadır. Ancak finansal gelişme ile karbon emisyonu arasındaki ilişki Çin'in geçiş döneminde termal enerjiye büyük ölçüde

bağlı olması ve finansal kredilerde meydana gelen artışın endüstriyel girişimleri arttırarak karbon emisyonunu arttırması nedenleriyle pozitifdir. Yi ve diğerleri (2022) yaptıkları çalışmada, bölgesel heterojenlik göstermekle birlikte dijital ekonomideki gelişmenin, karbon emisyonlarının azalmasında hem doğrudan hem de dolaylı etkiye sahip olduğunu saptamışlardır. Doğrudan yabancı sermaye yatırımları ile karbon emisyonu arasındaki ilişki ise negatif olduğu sonucuna varmışlardır. Gao & He (2024) yaptıkları çalışmada, dijital ekonominin karbon emisyonunu önemli ölçüde engellediğini vurgulamışlardır. Ayrıca, kaynak tabanlı şehirlerde dönüşümün sağlanması, düşük karbonlu teknolojiler ve alternatif endüstrilerin gelişiminin desteklenmesi için finansal gelişmenin önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Dijital ekonomi ile endüstriyel karbon emisyonu verimliliği arasında N şeklinde bir ilişki tespit eden Li ve diğerleri (2024), yeşil teknoloji yeniliğinin eşik değişken olarak denkleme dahil edilmesi durumunda ilişkinin ters U şekline dönüştüğü belirtilmektedirler.

Çalışmada, ayrıca doğrudan yabancı sermaye yatırımlarıyla endüstriyel karbon emisyonu arasındaki ilişkinin negatif olduğu saptanmıştır. Mngumi ve diğerleri (2024), BRICS ülkeleri için yaptıkları çalışmada, finansal gelişme teknolojik yenilik ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları ile karbon emisyonu arasında uzun dönemli negatif ilişki tespit etmişlerdir. Dijital ekonominin bölge içi ve bölgeler arası karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştıran Xie ve diğerleri (2024), dijital ekonomi ile karbon emisyonu arasında ters U şeklinde bir ilişki tespit ederken hem dijital ekonomi hem de karbon emisyonlarının mekansal yayılma etkisine sahip olduğunu saptamışlardır. Doğrudan yabancı sermaye yatırımları ile karbon emisyonu arasında ise pozitif bir ilişkinin varlığı saptanmıştır. Zhou ve diğerleri (2022), Çin için 2002-2017 yılları arasında girdi çıktı analiz tekniğini kullandıkları çalışmada 2002-2007 yılları arasında dijital ekonominin karbon emisyonunu arttırdığı ancak 2007-2017 yılları arasında sektörel karbon verimliliği, dijital üretim ve uygulama yapısındaki iyileşmeler nedeniyle emisyonun azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Literatürde yer alan çalışmalara göre, dijital ekonomi ve karbon emisyonu ilişkisi hem doğrudan hem de dolaylı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda genel itibarıyla, dijital ekonomi ve karbon emisyonu

ilişkisinin ters U şeklinde olduğu bulgusunun yoğunlukta olduğu görülmektedir. Ayrıca, finansal gelişmenin ise karbon emisyonu üzerindeki etkisinin negatif olduğuna ilişkin bulgular mevcuttur. Çalışmaların genel itibarıyla, Çin üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu çalışmada dijital ekonomi ve finansal gelişmenin karbon emisyonu üzerindeki etkisi panel veri analizi ile OECD ülkeleri bağlamında incelenmesi dolayısıyla literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

YÖNTEM

Bu çalışmada, 2010-2020 döneminde dijital ekonomi ve finansal derinliğin karbon emisyonu üzerindeki etkisi panel veri analizi kullanılarak araştırılmıştır. Çalışmada 35 OECD ülkesi ele alınmıştır. Bu bağlamda, çalışmanın bu bölümünde veri seti, model, analiz ve bulgulara yer verilmiştir.

1. Veri Seti

Çalışmada yer alan değişkenlere ait detaylar Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo1’de çalışmada kullanılan değişkenlerin sembolü, birim ve veri kaynağına ilişkin ayrıntılar yer almaktadır. Ayrıca çalışmada kullanılan değişkenlere ait referans kaynaklara da yer verilmiştir. Çalışmada verileri kullanılan OECD ülkeleri şunlardır: Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Şili, Kolombiya, Kosta Rika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Japonya, Kore, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık’ tır.

Çalışmada kullanılan değişkenler ve kaynakları şu şekilde özetlenebilir: ICT değişkeni Dünya Bankası’nın Dünya Kalkınma Göstergeleri veri tabanından elde edilmiş ve bilgi ve iletişim teknolojisi ürünleri ihracatının toplam mal ihracatına oranını; bilgisayar ve çevre birimleri, iletişim ekipmanları, tüketici elektroniği ekipmanları, elektronik bileşenler ve diğer bilgi ve teknoloji mallarını (çeşitli) içermektedir. Aynı veritabanından elde edilen ve CO₂ ile ifade edilen karbon emisyonları değişkeni ise fosil yakıtların yakılması ve çimento üretiminden

Tablo 1. Değişkenlere Ait Detaylar

Değişken sembolü	Değişken adı	Birim	Veri kaynağı	Referans kaynağı
CO ₂	Karbon emisyonları	kg	Dünya Bankası	Patel ve Mehta (2023), Bai vd.(2023)
INT	İnternet kullanan bireylerin toplam nüfusa oranı	%	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği	Jin ve Yu (2022), Dong vd.(2022), Jiang vd.(2024), Gomes vd.(2022)
ICT	Bilgi ve iletişim teknolojisi ürünleri ihracatının toplam mal ihracatına oranı	%	Dünya Bankası	Dong vd.(2022)
FIXED	100 kişi başına sabit geniş bant aboneliği	Toplam	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği	Jin ve Yu (2022), Dong vd.(2022), Gomes vd.(2022)
FPDE	Finansal piyasalar derinlik endeksi	Endeks	Uluslararası Para Fonu	Patel ve Mehta (2023)
FOREIGN	Doğrudan yabancı sermaye yatırımlar	Dolar	Dünya Bankası	Mngumi vd.(2024), Jin ve Yu (2022)
GDP	Kişi başına GSYİH	Dolar	Dünya Bankası	Patel ve Mehta (2023), Jin ve Yu (2022), Dong vd.(2022), Bai vd.(2023), Gomes vd.(2022)

kaynaklanan; katı, sıvı ve gaz yakıtların tüketimi ve gaz yakma sırasında üretilen karbondioksit emisyon verilerini içermektedir. Benzer biçimde FOREIGN değişkeni ülkelerin doğrudan yabancı sermaye yatırımlarını, GDP ise ülkedeki kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasıla tutarını ifade etmektedir.

Uluslararası Para Fonu'nun Finansal Gelişme Endeks veritabanından elde edilen ve FPDE sembolüyle ifade edilen finansal derinlik endeksi değişkeni; bankaların özel sektöre verdiği kredilerin GSYH'ye oranını, emeklilik fonu varlıklarının GSYH'ye oranını, yatırım fonu varlıklarının GSYH'ye oranını ve sigorta primlerinin, hayat ve hayat dışı sigortaların GSYH'ye oranını içeren verilerden oluşmaktadır.

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'nin Bilgi İşlem Teknolojileri Göstergeleri veritabanından elde edilen ve INT sembolüyle ifade edilen değişken; ülkenin toplam nüfusu içerisinde internet kullanabilen bireylerin payını göstermektedir. Aynı veritabanında yer alan FIXED değişkeni; mobil hücresel ağlar üzerinden internet erişimi hariç olmak üzere; kablo modem, DSL, ebe/binalara fiber, diğer sabit (kablolu) geniş bant abonelikleri, uydu geniş bant ve karasal sabit kablosuz geniş bant, konut ve kuruluşu ait 100 kişi başına düşen sabit aboneliklerini içermektedir.

2.Model

Çalışmada, dijital ekonomi göstergeleri ve finansal piyasalar derinliğinin karbon emisyonuna etkisini araştırmak üzere geliştirilen model şu şekildedir:

$$CO_{2it} = \alpha_{it} + \beta_1 INT_{it} + \beta_2 ICT_{it} + \beta_3 FIXED_{it} + \beta_4 FPDE_{it} + \beta_5 FOREIGN_{it} + \beta_6 GDP_{it} + u_{it} \quad (1)$$

(1) numaralı modelde karbon emisyonlarını gösteren CO_2 değişkeni bağımlı; dijital ekonomi göstergesi olarak INT, ICT ve FIXED; finansal piyasalarının derinliği için ise FPDE bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Modelde yer alan α , sabit parametreyi, β_1 , β_2 , β_3 , β_4 , β_5 , ve β_6 eğim parametrelerini, u ise hata terimi ifade etmektedir. Alt indis olarak yer alan i birimleri (ülkeleri) t ise zaman (yılları) ifade etmektedir. Modelde yer alan FOREIGN ve GDP değişkenleri ise kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır. Ayrıca GDP değişkeni doğal logaritması alınarak analize dahil edilmiş ve $\ln GDP$ sembolüyle gösterilmiştir. Dolayısıyla modelin gösterimi şu şekilde yeniden revize edilmiştir:

$$CO_{2it} = \alpha_{it} + \beta_1 INT_{it} + \beta_2 ICT_{it} + \beta_3 FIXED_{it} + \beta_4 FPDE_{it} + \beta_5 FOREIGN_{it} + \beta_6 \ln GDP_{it} + u_{it} \quad (1.1)$$

ARAŞTIRMA BULGULARI

Analizin ilk aşamasında, değişkenlere ilişkin tanıttıcı istatistikler incelenmiş ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2 incelendiğinde değişkenlere ait gözlem sayısının farklılaştığı görülmektedir. Bu bağlamda değişkenlere ait farklı gözlem sayılarının olması çalışmanın veri setinin dengesiz panel veri setinden oluştuğunu göstermektedir.

Tablo 2. Tanıtıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum
CO ₂	381	0.18	0.08	0.06	0.64
INT	384	79.56	14.24	31.05	99.53
ICT	384	384	5.59	0.07	28.89
SABIT	384	29.65	9.34	5.89	47.49
FPDE	384	0.53	0.31	0.02	0.99
FOREIGN	385	3.21e ⁺⁰⁹	4.09e ⁺¹⁰	-2.92e ⁺¹¹	2.18e ⁺¹¹
lnGDP	385	10.33	0.69	8.58	11.72

Analizin ikinci aşamasında modelde birim zaman etkileri en çok olabilirlik (LR) testi ile sınanmış ve bulgular Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. LR Testleri Bulguları

Test numarası	Temel hipotez	LR test istatistiği
1	$H_0: \sigma_\mu = \sigma_\lambda = 0$	718.00*
2	$H_0 = \sigma_\mu = 0$	623.53*
3	$H_0 = \sigma_\lambda = 0$	30.99*

Not: *,%1 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 3 incelendiğinde, modelde birim ve zaman etkilerini sınamak üzere 3 farklı LR testinin yapıldığı görülmektedir. Tablo 3'de 1 ile ifade edilen ilk teste, modeldeki birim ve zaman etkileri birlikte sınanmış ve bulgular modelde birim ya da zaman etkisinin varlığına işaret etmiştir. Yalnızca birim etkileri sınamak üzere yapılan 2 numaralı testten elde edilen bulgular ise, modelde birim etkinin varlığını göstermiştir. Yalnızca zaman etkinin sınanıldığı 3 numaralı testin bulgularına göre de modelde zaman etkisi vardır. Sonuç olarak LR testinden elde edilen bulgular doğrultusunda çalışmanın modelinde, birim ve zaman etkisinin varlığı saptanmıştır.

Analizin üçüncü aşamasında, modelde çoklu doğrusal bağlantı problemini incelemek üzere, değişkenlerin varyans artış faktör değerleri incelenmiştir. Değişkenlere ilişkin varyans artış faktörü değerleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Varyans Artış Faktörü (VIF)

Değişken	VIF	1/VIF
INT	3.71	0.269
ICT	1.13	0.884
FIXED	4.24	0.235
FPDE	2.15	0.465
FOREIGN	1.05	0.950
lnGDP	3.80	0.263
Ortalama VIF	2.68	

Tablo 4'te yer alan değişkenlere ait VIF değerlerinin 5'in altında olduğu ve dolayısıyla ortalama VIF değerinin de modelde çoklu doğrusal bağlantı olmadığını gösteren 5 değerinin altında olduğu görülmektedir. Sonuç itibariyle elde edilen VIF değerlerine göre, modelde çoklu doğrusal bağlantı olmadığı tespit edilmiştir.

Analizin dördüncü aşamasında çalışmada geliştirilen panel veri modelinin otokorelasyon, heteroskedastisite ve birimler arası korelasyon varsayımları sınanmış ve bulgular Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5'te Değiştirilmiş Wald testi bulguları, Durbin-Watson, Baltagi-Wu LBI değerleri ile Pesaran ve Frees testlerinin bulguları yer almaktadır. Buna göre Değiştirilmiş Wald testinin olasılık değerleri bulgularına göre modelde heteroskedastisite problemi vardır. Durbin-Watson ve Baltagi-Wu LBI değerleri ise modelde otokorelasyonun

Tablo 5. Varsayım Test Bulguları

Varsayım	Testin adı	Bulgular
Heteroskedastisite	Değiştirilmiş Wald Test	chi2 (35) = 25515.42 (0.000)
Otokorelasyon	Durbin-Watson	0.348
	Baltagi-Wu LBI	0.837
Birimlerarası korelasyon	Pesaran test	2.399 (0.016)
	Frees test	0.05 α =0.4923 {7.082}

Not: Parantez içi olasılık değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 6. Driscoll-Kraay Standart Hatalar Tahminci Bulguları (Sabit Etkiler Yaklaşımıyla)

Değişkenler	Katsayı	Standart hatalar	t	P> t
INT	-0.001	0.001	-2.92	0.015
ICT	-0.001	0.000	-3.23	0.009
FIXED	-0.009	0.000	-19.92	0.000
FPDE	-0.064	0.012	-5.20	0.000
FOREIGN	-3.74e ⁻¹⁴	1.27e ⁻¹⁴	-2.96	0.014
lnGDP	-0.119	0.024	-4.92	0.001
Sabit Terim	1.760	0.254	6.92	0.000
Gözlem Sayısı	377	F(6, 10) 840.37	Prob > F	0.000
R ² =	0.582			
Hausman Testi	chi2(5) 68.07	Prob>chi2 =	0.0000	

varlığına işaret etmektedir. Pesaran ve Frees testiden elde edilen bulgulara göre de modelde birimler arası korelasyon sorunu vardır. Genel itibariyle yapılan testlerden elde edilen bulgulara göre modelde heteroskedastisite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyonun varlığı saptanmıştır.

Varsayım testlerinden elde edilen bulgular doğrultusunda modelin tahmininde heteroskedastisite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyona dirençli Driscoll-Kraay standart hatalar tahmincisinin kullanımının uygunluğuna karar verilmiştir. Ayrıca modelin tahmin yöntemine karar vermek amacıyla Hausman testi yapılmıştır. Modelin Driscoll-Kraay standart hatalar tahmincisi ve Hausman testi bulguları Tablo 6’da sunulmaktadır.

Tablo 6’da yer alan Hausman testi bulgularına göre, modelin tahmininde sabit etkiler yaklaşımının kullanımı uygundur. Bu doğrultuda model sabit etkiler yaklaşımıyla Driscoll-Kraay standart hatalar tahmincisi kullanılarak tahmin edilmiştir. Tahminciden elde edilen bulgulara göre, modelde yer alan bağımsız değişkenlerin tümünün bağımlı değişken üzerindeki etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı ve negatiftir. Modelin açıklayıcılık düzeyini gösteren R² değeri ise yaklaşık %58 olarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama gücünün uygun düzeyde olduğu ifade edilebilir. Modelin anlamlılığını gösteren F testinden elde edilen bulgular da, modelin %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Bağımsız değişkenler açısından ise; INT, ICT, FIXED ve FPDE değişkenlerindeki artışın

CO₂’yi azalttığı tespit edilmiştir. Kontrol değişkenleri olan FOREIGN ve lnGDP ise CO₂’yi istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilemektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, dijital ekonomi göstergeleri ve finansal piyasa derinliğinin karbon emisyonu üzerindeki etkisi ampirik olarak araştırılmıştır. Çalışmada OECD ülkeleri incelenmiş olup, 2010-2020 dönemi ele alınmıştır. Panel veri analizinin kullanıldığı çalışmada, karbon emisyonun bağımlı, dijital ekonomi göstergeleri ve finansal piyasa derinliği göstergelerinin bağımsız değişken olduğu bir panel veri modeli geliştirilmiştir. Dijital ekonomi göstergesi olarak internet kullanılan bireylerin oranı, bilgi ve iletişim teknolojisi ürünleri ihracatı oranı ve 100 kişi başına sabit geniş bant aboneliği verileri kullanılmıştır. Finansal piyasaların derinliğine ilişkin ise finansal piyasalar derinlik endeksi verileri kullanılmıştır. Ayrıca doğrudan yabancı yatırımlar ve kişi başına GSYİH ise modelde kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır. Çalışmanın verileri Dünya Bankası, Uluslararası Para Fonu ve Uluslararası Telekomünikasyon Birliği’nden elde edilmiştir. Modelin varsayım testleri sonucunda sabit etkiler yaklaşımıyla Driscoll-Kraay standart hatalar tahmincisi kullanılarak model tahmin edilmiştir. Modelin tahmini sonucunda, internet kullanılan bireylerin oranının artışının karbon emisyonunu istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bilgi ve iletişim teknolojisi ürünleri ihracatı oranı ve 100 kişi

başına sabit geniş bant aboneliği artışının da karbon emisyonunu istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkilediği saptanmıştır. Bu doğrultuda elde edilen bulgulara göre, dijital ekonomi göstergelerinde meydana gelen bir artışın karbon emisyonunu azalttığı diğer bir ifadeyle olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca finansal piyasaların derinliği endeksindeki artışın da karbon emisyonunu istatistiksel olarak anlamlı olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bu bağlamda finansal piyasalardaki derinliğin artışının karbon emisyonunu azalmasına katkı sunduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın ampirik analizinden elde edilen bulgular kapsamında, OECD ülkelerinde 2010-2020 döneminde dijital ekonomi göstergelerindeki ve finansal piyasaların derinliğindeki artışların karbon emisyonunu azalttığı ifade edilebilir. Bu bulgu, dijital uygulamaların hayatın her alanına entegre edilmesinin, karbon emisyonlarına katkı sunabileceğine işaret etmektedir. Bu doğrultuda, dijital alt yapıların güçlendirilmesi, dijital teknoloji kullanımının teşvik edilerek endüstriyel dönüşümün sağlanması, yapay zeka uygulamalarının geliştirilmesi ve yeşil teknolojilere yapılan yatırımların artırılması gibi amaçlara yönelik politikaların geliştirilmesi önemli bir husustur.

Diğer taraftan, karbon salınımını azaltmak amacıyla uygulamaya konulan politikaların dijital ekonomi politikaları ile uyumlaştırılması daha etkili stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca ülkelerin ekonomik büyüme performanlarının iyileştirilmesinde belirleyici rolü olan finansal piyasaların derinlik düzeyindeki artışların da karbon emisyonlarına olumlu katkı sunabileceği bulgusundan hareketle, finansal piyasaların gelişimini sağlamak amacıyla finansal piyasa araçlarının çeşitlendirilmesi ve bu araçların dijital uygulamalarla desteklenmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte ekonomik büyüme başta olmak üzere ekonomik faaliyetlerin sağlıklı bir biçimde sürdürülebilmesine ve çevre dostu üretim teknolojilerinin finanse edilmesine katkısı olan finansal piyasaların derinliği hususunun karbon emisyonları açısından etkisi de dikkate alınması politika yapıcılar ve karar vericiler açısından değerlendirilmesi gereken bir unsurdur.

Gelecekteki çalışmalarda dijital ekonominin farklı

göstergeleri ile farklı ülke grupları ve farklı dönemler karbon emisyonları açısından ele alınabilir. Ayrıca finansal piyasaların karbon emisyonları açısından etkisinin değerlendirilmesinde farklı finansal piyasa göstergelerinin incelenmesi mümkündür.

Çalışmanın bulguları Gao ve He (2024), Mngumi ve diğerleri (2024), Patel ve Mehta (2023) çalışmasını desteklemekle birlikte yöntem ve incelenen ülkeler açısından bu çalışmadan farklılaşmaktadırlar.

KAYNAKLAR

- Bai, T, Qi, Y., Li, Z. ve Xu, D. (2023, 15 Ekim). Digital economy, industrial transformation and upgrading, and spatial transfer of carbon emissions: The paths for low-carbon transformation of Chinese cities. *Journal of Environmental Management*, 344, 118528, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118528>.
- Bai, L, Gou, T., Xu, W., Liu, Y., Kuang, M. ve Jiang, L. (2023). Effects of digital economy on carbon emission intensity in Chinese cities: A life-cycle theory and the application of non-linear spatial panel smooth transition threshold model. *Energy Policy*, 183, 113792. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113792>
- Bukht, R. ve Heeks, R. (2017, 7 Ağustos). Defining, conceptualising and measuring the digital economy. *Development Informatics Working Paper*, 68, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3431732>
- Carlsson, B. (2004, Eylül). The digital economy: What is new and what is not? *Structural Change and Economic Dynamics*, 15, 245-264. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2004.02.001>
- Chang, H, Ding, Q., Zhao, W., Hou, N. ve Liu, W. (2023). The digital economy, industrial structure upgrading, and carbon emission intensity — empirical evidence from China's provinces, *Energy Strategy Reviews*, 50, 101218. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101218>
- Chen, S., Ding, D. Şi, G. ve Chen, G. (2022). Digital economy, industrial structure, and carbon emissions: An empirical study based on a provincial panel data set from China, *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 20 (4), 316-323. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.11.002>
- Chen, L, Lu, Y., Meng, Y. ve Zhao, W. (2023). Research on the nexus between the digital economy and carbon emissions- evidence at China's province level. *Journal of Cleaner Production*, 413,137484. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137484>
- Cheng, Zhang, Y., Wang, J. ve Jiang, J. (2023). The impact of urban digital economy on China's carbon intensity: Spatial spillover and mediating effect. *Resources, Conservation & Recycling*, 189, 106762. <https://doi.org/10.1016/j.rescon-rec.2022.106762>
- Deng, H., Bai, G., Shen, Z. ve Xia, L. (2022). Digital economy and its spatial effect on green productivity gains in manufacturing: Evidence from China, *Journal of Cleaner Production*, 378, 134539. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134539>
- Delices, P. (2010). Rewiew: The digital economy, *Journal of International Affairs*, 64 (1), 225-226. <https://www.jstor.org/stable/i24385178>
- Dong, F. Hu, M. Y., Gao, Y. J. Y. J. Liu, Zhu, J. ve Pan, Y.L. (2022). How does digital economy affect carbon emissions? Evidence from global 60 countries. *Science of The Total Environment*, 852, 158401. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158401>
- Doğanay, H. ve Coşkun O. (2020). *Enerji kaynakları*. 5. Baskı, Pegem Akademi Yayıncılık.
- European Comission (2024). The European Green Deal, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (Erişim Tarihi:10.07.2024).
- European Parliament. (2015). Challenges for competition policy in a digitalised economy, *European Parliament*, Brussels. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542235/IPOL_STU\(2015\)542235_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542235/IPOL_STU(2015)542235_EN.pdf). Erişim Tarihi: 28.05.2024.
- Gao, F. ve He, Z. (2024). Digital economy, land resource misallocation and urban carbon emissions in Chinese resource-based cities, *Resources Policy*, 91, 104914. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104914>
- Gomes, S., Lopes, J. M., ve Ferreira, L. (2022). The impact of the digital economy on economic growth: The case of OECD countries. *Revista de Administração Mackenzie*, 23 (6), 1–31. <https://doi.org/doi:10.1590/1678-6971/eRAMD220029.en>
- Hu, J. (2023, 1 Temmuz). Synergistic effect of pollution reduction and carbon emission mitigation in the digital economy, *Journal of Environmental Management*, 337, 117755. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117755>
- Jiang, H., Elahi, E., Gao, M., Huang, Y. ve Liu, X. (2024). Digital economy to encourage sustainable consumption and reduce carbon emissions, *Journal of Cleaner Production*, 443, 140867. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140867>
- Jin, X. ve Yu, W.H. (2022, Haziran). Information and communication technology and carbon emissions in China: the rebound effect of energy intensive industry. *Sustainable Production Consumption*, 32, 731–742. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.06.004>
- Karaçor, Z.; Güvenek, B. ve Karadoğan, E. (2020). Ekonominin değişen maskesi: dijital ekonomi. *Journal Of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 6(34), 2140-2149. <http://dx.doi.org/10.31589/JOSHAS.458>

- Li, Z. ve Wang, J. (2022). The dynamic impact of digital economy on carbon emission reduction: Evidence city-level empirical data in China. *Journal of Cleaner Production*, 351, 131570, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131570>
- Li, C., ve Zhou, W. (2024). Can digital economy development contribute to urban carbon emission reduction? - Empirical evidence from China. *Journal of Environmental Management*, 357, 120680. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120680>
- Li, Y., Dai J. ve Cui, L. (2020). The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model, *International Journal of Production Economics*, 229, 10777. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107777>
- Li, Z., Chen, X., Ye, Y., Wang, F., Liao, K., ve Wang, C. (2024). The impact of digital economy on industrial carbon emission efficiency at the city level in China: Gravity movement trajectories and driving mechanisms, *Environmental Technology & Innovation*, 33, 103511. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103511>
- Lin, B. ve Zhou, Y. (2021, Ekim). Does the Internet development affect energy and carbon emission performance? *Sustainable Production and Consumption*, 28, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.016>
- Liu, J. ve Liu, X. (2023, Ağustos-Eylül). Effects of carbon emission trading schemes on green technological innovation by industrial enterprises: Evidence from a quasi-natural experiment in China, *Journal of Innovation & Knowledge*, 8, 100410. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100410>
- Liu, J., Yu, Q., Chen, Y. ve Liu, J. (2022). The impact of digital technology development on carbon emissions: A spatial effect analysis for China, *Resources, Conservation & Recycling*, 185, 106445. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106445>
- Lyu, K., Yang, S. Zheng, K., ve Zhang, Y. (2023). How does the digital economy affect carbon emission efficiency? evidence from energy consumption and industrial value chain, *Energies*, 16, 761. <https://doi.org/10.3390/en16020761>
- Ma, Q., Tariq, M., Mahmood, H. ve Khan, Z. (2022). The nexus between digital economy and carbon dioxide emissions in China: the moderating role of investments in research and development. *Technology in Society*, 68, 101910. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101910>
- Ministry of Foreign Affairs of Japan (2016). G20 digital economy development and cooperation initiative (Final), <https://www.mofa.go.jp/files/000185874.pdf>, Erişim Tarihi: 10.06.2024.
- Mngumi, F. Huang, L. Xiuli, G. ve Ayub, B. (2024). Financial efficiency and CO₂ emission in BRICS. Dose digital economy development matter? *Heliyon*, e24321. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24321>
- Öztürk, H. (2013). Yenilenebilir enerji kaynakları. Birsen Yayınevi.
- Pan W. Xie, T., Wang, Z. ve Ma, L. (2022). Digital economy: An innovation driver for total factor productivity. *Journal of Business Research*, 139, 303-311. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.09.061>
- Patel, N. ve Mehta, D. (2023, Kasım). The asymmetry effect of industrialization, financial development and globalization on CO₂ emissions in India, *International Journal of Thermofluids*, 100397. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100397>
- Ren, S., Hao, Y., Xu, L., Wu, H., ve Ba, N. (2021). Digitalization and energy: How does internet development affect China's energy consumption? *Energy Economics*, 98, 105220. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105220>
- Ruijter, E., Porumbescu, G., Porter, R. ve Piotrowski, S. (2022). Social equity in the data era: A systematic literature review of data driven public services research, *Public Administration Review*, 83 (2), 316-332. <https://doi.org/10.1111/puar.13585>
- Saraçoğlu N. (2018). Küresel iklim değişimi biyoenerji enerji ormancılığı ve yenilenebilir enerji kaynakları. 2. Baskı, Efil Yayınevi.
- Song, C., Liu, Q., Song, J. ve Ma, W. (2024). Impact path of digital economy on carbon emission efficiency: Mediating effect based on technological innovation. *Journal of Environmental Management*, 358, 120940. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120940>
- Sun, T. Di, K. ve Shi, Q. (2024). Digital economy and carbon emission: The coupling effects of the economy in Qinghai region of China, *Heliyon*, 10, e26451. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26451>
- Sou, X., Zhang, L., Guo, R., Lin, H., Yu, M. ve Du, X. (2024). The inverted U-shaped association between digital economy and corporate total factor productivity: A knowledge-based perspective, *Technological Forecasting and Social Change*, 203, 123364. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123364>
- Tao, F. ve Zhang, M. (2017, 25 Eylül). Digital twin shop-floor: A new shop-floor paradigm towards smart manufacturing,

IEEE Access, 5, 20418-20427. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2756069>

- Tapscott D. (2014). The digital economy anniversary edition: Rethinking promise and peril in the age of networked intelligence, *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, 19(3),1-6. https://innovation.cc/wp-content/uploads/2014_19_3_7_doughty_tapscott_bk-rev_network.pdf
- Tian, H., Zhao, T., Wu, X., ve Wang, P. (2024). The impact of digital economy development on carbon emissions-based on the perspective of carbon trading market, *Journal of Cleaner Production*, 434,140126. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140126>
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2018). On birinci kalkınma planı, 2019-2023. Sanayide Dijitalleşme Çalışma Grubu Raporu. Ankara. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Makine-Calisma-Grubu-Raporu.pdf>
- Topçu, F. H. (2018). Düşük karbon ekonomisine geçme(me): İklim değişikliği ve enerji Politikaları bağlamında bir bakış, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 2018 Özel Sayısı, 115-154. <https://doi.org/10.25294/auuibfd.463396>
- Özbay, R.D. ve Yılmaz Genç, S. (2023). Dijital ekonomi: Sistematik bir literatür araştırması. *Journal of Economies and Policy*, 8(2), 606-618.
- Wang, L., Chen, Y., Ramsey, T. S. ve Hewings, G. JD. (2021), Will researching digital technology really empower green development? *Technology in Society*, 66, 101638. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101638>
- Wang, J., Dong, K., Sha, Y. ve Yan, C. (2022). Envisaging the carbon emissions efficiency of digitalization: The case of the internet economy for China. *Technological Forecasting & Social Change*, 184, 121965. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121965>
- Wang, J., Luo, X. ve Zhu, J. (2022). Does the digital economy contribute to carbon emissions reduction? A city-level spatial analysis in China, *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 20, 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.06.001>
- Wang Q., Sun, J., Pata, U. K., Li, R., ve Kartal, M. T. (2024). Digital economy and carbon dioxide emissions: Examining the role of threshold variables, *Geoscience Frontiers*, 14, 101644. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101644>
- Wang, X. ve Li, J. (2023, Ağustos). Impacts of digital economy agglomeration on carbon emission: A two-tier stochastic frontier and spatial decomposition analysis of China, *Sustainable Cities and Society*, 95, 104624. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104624>

[g/10.1016/j.scs.2023.104624](https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104624)

- Wang, W., He, Y., Lei, Y., Gao, W. Li, Y., Lan, H., Zhuang, S. ve Höök, M. (2022), Digital economy sectors are key CO₂ transmission centers in the economic system, *Journal of Cleaner Production*, 407, 136873. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136873>
- Wu, B. ve Yang, W. (2022, Ekim). Empirical test of the impact of the digital economy on China's employment structure, *Finance Research Letters*, 49,103047. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103047>
- Xie, B., Liu, R. ve Dwivedi, R. (2024). Digital economy, structural deviation, and regional carbon emissions, *Journal of Cleaner Production*, 434,139890. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139890>
- Yarımkaya, D., (2021). Alternatif enerji kaynakları, Nobel Yayını.
- Yi, M., Liu,Y., Sheng, M.S., ve Wen,L. (2022). Effects of digital economy on carbon emission reduction: New evidence from China, *Energy Policy*,171, 113271. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113271>
- Yu, Z., Liu, S. ve Li, S. (2024). Research on the spatial effect of digital economy development on urban carbon reduction, *Journal of Environmental Management*, 357, 120764. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120764>
- Yu, Z., Liu, S. ve Zhu, Z. (2022). Has the digital economy reduced carbon emissions?: Analysis based on panel data of 278 cities in China. *Int. J. Environmental Resource and Public Health*, 19, 11814. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811814>
- Zang, W., Liu, X., Wang ve D. Zhou,J. (2022). Digital economy and carbon emission performance: Evidence at China's city level, *Energy Policy*, 165, 112927. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112927>
- Zhang, L., Mu, R. Zhan, Y., Yu,J., Liu, L., Yu, Y. ve Zhang, J. (2022). Digital economy, energy efficiency, and carbon emissions: Evidence from provincial panel data in China. *Science of the Total Environment*, 852, 158403. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158403>
- Zhang, C., ve Ji, W. (2019). Digital twin-driven carbon emission prediction and low-carbon control of intelligent manufacturing job-shop. *Procedia CIRP*, 83, 624–629. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.095>
- Zhao, X., Dong, Y. ve Gong, X. (2022). The digital economy and carbon productivity: Evidence at China's city level, *Sustainability*, 14 (17), 10642. <https://doi.org/10.3390/su141710642>

[Zhou, X.](#), Zhou, D., Zhao, Z. ve Wang, Q. (2022). A framework to analyze carbon impacts of digital economy: The case of China, *Sustainable Production and Consumption*, 31, 357-369. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.03.002>

Zhu, Z., Liu, B., Yu, Z. ve Cao, J. (2022). Effects of the digital economy on carbon emissions: Evidence from China. *Int. J., Environmental Resource and Public Health*, 19, 9450. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159450>.

Yazar Katkı Oranı

Araştırmacılar, bu çalışmanın tümüne eşit katkıda bulunmuştur. Ayrıca araştırmacılar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.