



G20 YÜKSELEN EKONOMİLERİNDE DİJİTAL ALTYAPI VE MAKROEKONOMİK BELİRLEYİCİLER: DRISCOLL-KRAAY PANEL VERİ ANALİZİ (1995-2023)

Ferhat İSPIROĞLU¹, Selen UTLU KOÇDEMİR²

Öz

Bu çalışma, 1995-2023 dönemini kapsayan yıllık panel verisiyle G20 yükselen piyasa ekonomilerinde dijital altyapı ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi ampirik olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Değişkenler arasında gözlemlenen çoklu doğrusallık sorunu, mobil iletişim ve internet kullanım verilerinin Temel Bileşenler Analizi aracılığıyla tek bir dijital endekse dönüştürülmesiyle giderilmiştir. Tahmin sürecinde yatay kesit bağımlılığı, otokorelasyon ve değişen varyansa karşı dirençli standart hatalar üreten Driscoll-Kraay tahmincisi tercih edilmiştir. Bulgular, dijital altyapı endeksi ile iktisadi büyüme arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. Kontrol değişkenleri açısından değerlendirildiğinde, işgücüne katılım oranı ve ticari açıklığın büyümeyle pozitif yönlü bir ilişki sergilediği, enflasyonun ise büyümeyle ters yönlü bir ilişki içinde olduğu görülmektedir. Brüt sabit sermaye oluşumu istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki sergilememiştir. Driscoll-Kraay tahmincisi korelasyonel bir ilişkiyi tespit etmekte olup nedensellik çıkarımına doğrudan olanak tanımamaktadır. Politika çıkarımları açısından dijital altyapı yatırımlarının önceliklendirilmesi, fiyat istikrarını destekleyen para politikası çerçevesinin korunması ve ticari açıklığı güçlendiren politikaların sürdürülmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital Altyapı, Ekonomik Büyüme, G20, Yükselen Piyasa Ekonomileri
JEL Sınıflandırması: C23, O33, O41, O57

DIGITAL INFRASTRUCTURE AND MACROECONOMIC DETERMINANTS IN G20 EMERGING ECONOMIES: DRISCOLL-KRAAY PANEL DATA ANALYSIS (1995-2023)

Abstract

This study empirically examines the relationship between digital infrastructure and economic growth in G20 emerging market economies using annual panel data covering the period 1995–2023. The multicollinearity problem observed among variables was addressed by transforming mobile communication and internet usage data into a single digital index through Principal Component Analysis. The Driscoll-Kraay estimator, which produces standard errors robust to cross-sectional dependence, autocorrelation, and heteroscedasticity, was employed in the estimation process. The findings indicate the presence of a statistically significant and positive relationship between the digital infrastructure index and economic growth. Among the control variables, labor force participation rate and trade openness exhibit a positive association with growth, while inflation displays a negative relationship. Gross fixed capital formation did not yield a statistically significant association. The Driscoll-Kraay estimator identifies a correlational relationship and does not directly permit causal inference. From a policy perspective, prioritizing digital infrastructure investment, maintaining a monetary policy framework conducive to price stability, and sustaining policies that strengthen trade openness are recommended.

Keywords: Digital Infrastructure, Economic Growth, Emerging Market Economies, G20
JEL Classification: C23, O33, O41, O57

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi, Giresun, Türkiye,   

² Dr. Öğr. Görevlisi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye,   

Makalenin Geliş Tarihi/Received Date: 27.11.2025

Yayına Kabul Tarihi/Acceptance Date: 04.06.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Atıf/Cite: İspiroğlu, F. ve Koçdemir Utlu, S. (2026). G20 Yükselen Ekonomilerinde Dijital Altyapı ve Makroekonomik Belirleyiciler: Driscoll-Kraay Panel Veri Analizi (1995-2023). *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 52, 17-34. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.1831204>

1. Giriş

Bir ülke ekonomisinin belirli bir dönem içerisindeki üretim çıktıları, ekonomik gelişimini göstermekte ve bu gelişimi etkileyen farklı faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler çok çeşitli olmakla birlikte beşerî sermaye, doğal kaynaklar, fiziksel sermaye gibi faktörlerle birlikte gelişen teknolojik ilerlemelere paralel olarak bilgi ile iletişim teknolojilerinin (BİT) de önemi giderek bu kapsamda artmaktadır (Adeleye ve Eboagu, 2019: 32). BİT günümüzde eğlence, ticaret, eğitim, sağlık hizmetleri gibi birçok alanda ülkelerde/toplumlarda neredeyse tüm ekonomik faaliyetlerin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. 20. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren ekonomik sistemin hem ulusal hem de küresel boyutta rekabetçi olabilmek açısından BİT'e yatırım yapan endüstriler tarafından karakterize edildiğinin de söylenmesi mümkündür (Saba vd., 2024:14701). Telekomünikasyon altyapısı, dijital dönüşümün fiziksel omurgasını oluşturmaktadır. Mobil ağlar ve internet bağlantısı, BİT'nin ekonomiye entegrasyonunda belirleyici bir işlev üstlenmektedir. Bu çerçevede telekomünikasyon ile BİT arasındaki ilişki hem teknolojik hem de ekonomik açıdan bir süreklilik içermekte olup dijital altyapı yatırımlarının büyüme sürecindeki rolünü anlamlandırmada temel bir referans noktası sunabilmektedir.

Telekomünikasyon altyapısına yapılan yatırımlar birçok kritik sektörde olduğu gibi aynı zamanda ekonomik büyümenin de itici güçlerinden birisidir. Bilgi ve iletişim teknolojileri modern toplumu birçok açıdan etkileyen unsurları bünyesinde barındırmaktadır (Kurniawati, 2021:2). Yirminci yüzyılla birlikte internet kullanımı dijital dönüşüme yani teknolojik gelişmelere hız katmıştır. Ekonomi teorisi açısından bakıldığında da Solow (1956), Romer (1986) ve Freedman (1987) büyüme modellerinde teknolojik gelişmelerin ekonomik büyüme üzerindeki önemine değinilmektedir. Eğitim, sağlık ve yaşam standartları gibi insani gelişme anlamında seçenek yelpazesinin genişletilmesi sürecinde de önemli rol oynadığının söylenmesi mümkündür (Yakunina ve Bychkov, 2015:766). BİT kavramı genel bir ifade ile bünyesinde bilgisayarları, cep telefonlarını, ağ donanımlarını, yazılımları ve uydu sistemlerini vb. içeren genel bir terimdir. Bilginin üretimi, otomasyonu, depolanması dönüştürülmesi ve iletiminin gerçekleştirilmesi süreci de bu kavram içerisinde yer almaktadır. BİT'deki gelişmeler küresel ekonominin, iletişim kalıplarının ve iş ilişkilerinin de yeniden şekillenmesinde etkili olmuştur (Adeleye ve Eboagu, 2019: 32). BİT gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kalkınmasında potansiyel bir güç olarak kabul edilmektedir. Bu teknolojiler bilginin daha hızlı sıralanmasını ve bu hız sayesinde karar alma süreçlerini de iyileştirmektedir. Bu sayede ölçek ekonomisi, maliyet tasarrufu, artan verimlilik ve rekabet gücünün artması gibi ekonomik kazanımların da önünü açmaktadır. Sosyal-ekonomik açıdan bakıldığında da bu teknolojiler yaşam kalitesinin artırılmasının yanında imtiyazsız nüfus grupları için ekonomik fırsatlar yaratabilmektedir (Fong, 2009: 3707).

Teknolojide yaşanan gelişmelerin ekonomiler üzerine yaptığı değişimler BİT'nin ekonomi üzerindeki etkilerini önemli bir inceleme konusu haline getirmektedir (Cardona vd., 2013:109). Teknolojik göstergelerin ülke ekonomileri üzerindeki etkisi akademik çalışmalarda yoğun biçimde inceleme konusu olmaktadır. Dijital dönüşüm yeni sektörlerin ortaya çıkmasını ve verimlilik artışını tetikleyerek ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Son yapılan çalışmalar incelendiğinde de dijitalleşmenin uzun vadede ekonomik büyümeyi olumlu etkilediği görülmektedir (Jangid vd., 2024 :18) Dijital altyapı önemli sosyoekonomik avantajlar sunmaktadır. Kamu sektörü ve özel sektör için tasarruf ve verimlilik kazanımları sağlayabilir. Ekonomik kazanımların yanı sıra güvenilir bir altyapı kapsayıcılığı, hizmet dayanıklılığını, güvenliği ve kullanıcı memnuniyetini teşvik ederek verimli, ölçeklenebilir ve yenilikçi hizmetler için temel oluşturmaktadır (OECD, 2024). Digital altyapı, dijital ekonominin de merkezinde yer almaktadır (UNCTAD, 2022:9).

Bu bağlamda çalışma, dijitalleşmenin ekonomik büyümeyi önemli ve pozitif bir şekilde desteklediğini çok ülkeli panel verileriyle göstererek literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. Driscoll-Kraay yöntemiyle doğrulaması, yatay kesit bağımlılığı ve otokorelasyonu gidererek bulguların güvenilirliğini artırmaktadır. Ayrıca dijital altyapının büyüme dinamikleri üzerindeki net

ve genellenebilir etkisini vurgulayarak dijital dönüşüm politikalarının tasarımı için ampirik kanıt sağlamaktadır.

Bu çalışma sırasıyla, kavramsal çerçeve ve tanımların sunulduğu giriş, ardından konuyla ilgili önceki çalışmaların yer aldığı literatür özeti, ana değişkenler ve uygulanan analitik yaklaşımların bulunduğu veri seti ve yöntem bölümü ile son olarak sonuç kısmından oluşmaktadır.

2. Literatür Özeti

Roller ve Waverman (2001) çalışmalarında 21 OECD ülkesini 20 yıllık veriler ile inceleyerek telekomünikasyon altyapısının ekonomik büyümeyi nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Elde edilen bulgulara göre telekomünikasyon altyapısına yapılan yatırımlar ile üretim kapasitesi arasında pozitif bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Czernich vd., (2011) 1996-2007 dönemi için OECD ülkelerinde geniş bant internet altyapısının ekonomik büyümeyi ne yönde etkilediğini incelemişlerdir. Çalışmada genişbant internet altyapısında yaşanan 10 puanlık artışın kişi başı ekonomik büyümeyi 0,9 ila 1,5 puan aralığında artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kumar vd., (2015) Küçük Pasifik Adaları (SPIS) ülkelerinde GSYİH, nüfus, brüt sabit sermaye oluşumu, telefonla erişimi olan nüfus ve istihdam oranı verilerini de kullanarak telekomünikasyonun işçi başına çıktı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar, telekomünikasyonun işçi başına çıktıya kısa vadede %0,33 uzun vadede %0,43 oranında katkıda bulunduğunu göstermiştir. İşçi başına sermaye ve işçi başına çıktı arasında çift yönlü nedensellik, telekomünikasyondan işçi başına çıktı ve işçi başına sermaye değişkenine ise tek yönlü bir nedensellik bulunmaktadır. Çalışmadaki diğer sonuçlara göre ise sermaye stoku ve çıktı arasında çift yönlü nedensellik kaydedilmiştir. Telekomünikasyon sırasıyla çıktı ve sermaye verimliliğine neden olmaktadır.

Saidi vd., (2015) çalışmalarında BİT kullanımı, beşeri-fiziki sermaye ile GSYİH verilerini kullanarak 1975-2008 verileriyle Tunus'da BİT'nin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi araştırmıştır. Çalışma sonucunda GSYİH'nın büyüme oranı ile BİT kullanım endeksi arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca beşeri ve fiziki sermaye büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir.

Ward ve Zheng (2016), çalışmalarında 1991-2010 döneminde Çin için telekomünikasyon hizmetlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sabit ve mobil telefon aboneliklerinin ekonomik büyümeye katkısının ilk 10 yılda %2 civarında sonraki 10 yılda ise %0,5 oranında katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ghosh (2017), 15 MENA ülkesinde 2000-2014 yılları verilerini kullanarak yaptığı çalışmada genişbant yayılmacılığı politikalarının ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Özkan ve Çelik (2018), çalışmalarında Türkiye (1998-2015) için BİT kullanımının ekonomik büyüme üzerinde nasıl etkili olduğunu incelemişlerdir. Bu kapsamda çalışmada, sabit ve sabit hat kullanımı ile internet kullanımı verileri kullanılmıştır. Granger nedensellik testleri sonucunda elde edilen bulgular BİT kullanımının ekonomik büyümeyi olumlu şekilde etkilediğidir.

Alper (2018), 23 AB ülkesi ve Türkiye'de BİT'nin, ekonomik büyüme ve işsizlik üzerindeki etkilerini araştırmıştır. BİT'yi temsilen mobil telefon abonelerinin sayısının kullanıldığı çalışma sonucunda BİT'de yaşanan %1 düzeyindeki artışın ekonomik büyümeyi %0,08 oranında artırdığı görülmektedir.

Edquist vd., (2018) 2002-2014 dönemi için 135 ülke üzerinde yaptıkları çalışmada mobil genişbant yayılımının GSYİH üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkisinin olduğuna ve mobil genişbant kullanımında yaşanan %10'luk bir artışın GSYİH'yi %0,8 oranında artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Niebel (2018), 59 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde 1995-2010 dönemi için bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) büyüme üzerindeki etkisini ölçmeye çalışmıştır. Elde edilen bulgular BİT sermayesi ile GSYİH arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu göstermiştir.

David (2019), çalışmasında 46 Afrika ülkesinde telekomünikasyon altyapısı, kalkınma ve büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. Çalışma sonucu elde edilen bulgular analizde kullanılan üç değişkenin uzun vadede nedensellik ilişkisi içerisinde olduğunu göstermektedir.

Haini (2019), ASEAN üyesi ülkelerin beşerî sermaye gelişimi ile internet kullanıcı sayısındaki artışın ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda internet yayılımında meydana gelen artışın ekonomik büyümeyi %5 anlamlılık düzeyinde olumlu açıdan etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Myovella vd. (2019), Sahra Altı Afrika'sında (SSA) dijital işleyişin ekonomik büyümeye olan katkısını, OECD üyesi ülkelerle (2006-2016) karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Ticari açıklık, kamu harcamaları, brüt sabit sermaye oluşumu, nüfus artış hızı, mobil abonelikler ve genişbant internet aboneliklerinin kişi başı GSYİH olan etkisi çalışmada incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar dijitalleşmenin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Haftu (2019) çalışmasında 2006-2015 dönemi için 40 Sahra Altı Afrika ülkesi için mobil telefon ve internet kullanımının kişi başına düşen gelir üzerindeki etkisini araştırmıştır. Elde edilen bulgulara göre mobil telefon kullanımının kişi başına düşen GSYİH'yi önemli ölçüde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Mobil telefon kullanımındaki %10'luk bir artış kişi başına düşen GSYİH'yi %1,2 oranında etkilemektedir.

Vu vd., (2020) 1991-2018 yılları arasında yayınlanmış, ekonomik büyüme ve BİT arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaları inceledikleri bir literatür taraması yapmışlardır. Bu araştırma, coğrafi odak noktalarını ve BİT-büyüme bağlantı türlerini dikkate alarak, incelenen makalelerin dağılımı, araştırma stratejileri ve bulguları hakkında sağlam bir bilgi seti sunmaktadır.

Calderón ve Cantú (2021) çalışmalarında Sahra-altı Afrika ülkelerinde dijital altyapının ekonomik büyüme ve kaynakları üzerindeki etkisini tahmin etmişlerdir. GMM tahmin yöntemi kullanılan çalışma sonucunda mobil bağlantılarının faktör verimliliği artış kanalı yoluyla ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkiledi sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca internet kullanıcıları ise sermaye birikimi yoluyla ekonomik büyümeyi tetikleyici etki göstermektedir.

Ma ve Lin (2023) 2003-2019 dönemi için Çin'deki 271 şehir verilerini kullanarak dijital altyapının yeşil ekonomik kalkınma üzerindeki etkisini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre dijital altyapının test edilen şehirlerde yeşil ekonomik performansın gerçekleşmesini mümkün kılmaktadır.

Fu vd., (2023) çalışmalarında doğal kaynakların, bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) ve finansal küreselleşmenin G10 ekonomilerinin ekonomik büyümesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada BİT'nin uzun dönemde ekonomik büyüme üzerinde olumlu etki gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Khalid ve Elsadig (2024), çalışmalarında dijital teknoloji benimsenmesi ve küreselleşme inovasyonunun Asya Pasifik'te seçilmiş ülkelerde yeşil sürdürülebilir ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini, dijital teknoloji benimsenmesi (dijitalleşme ve dijitalleştirme), küreselleşme ve çevre kalitesini entegre ederek incelemiştir. Çalışma sonucu elde edilen bulgular, dijital teknoloji benimsenmesinin Asya Pasifik ülkelerinde ekonomik büyümeyi desteklediğini ortaya koymaktadır.

Vu vd. (2025) çalışmalarında Vietnam'da 2010 ve 2022 yılları arasında dijital dönüşümün ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmışlardır. GMM yöntemi kullanılan çalışmanın sonuçlarına göre BİT'in hem sermayenin hem de emeğin verimliliğini önemli ölçüde artırdığı ve eyalet düzeyinde ekonomik büyümenin hızlandırılmasına yol açmaktadır.

Wang vd., (2025) çalışmalarında Çin’de 2007-2021 tarihleri arasında genişbant internet yatırımlarının borsada işlem gören kurumsal şirketlerin verimliliğini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Elde edilen bulgular genişbant internete yapılan yatırım harcamalarının verimsiz yatırımların etkisini azaltarak kurumsal yatırım verimliliğini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.

3. Veri Seti ve Yöntem

Analizde kullanılan panel veri seti, 9 yükselen G20 ekonomisine (Arjantin, Brezilya, Çin, Güney Afrika, Hindistan, Meksika, Rusya, Suudi Arabistan ve Türkiye) ait 1995–2023 dönemi yıllık verilerini içermektedir. Tüm veriler Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri (World Development Indicators) veri tabanından temin edilmiştir. Ayrıca sabit genişbant aboneliği verisi (IT.NET.BBND.P2) Rusya ve Güney Afrika dahil birden fazla ülkede ancak 2002 yılından itibaren gözlemlenebilir olduğundan çalışmanın 1995’ten başlayan zaman kapsamıyla uyumsuz bulunmuş ve analize dahil edilmemiştir.

G20 içerisinde yükselen ekonomiler, 1995–2023 döneminde hem dijital altyapı yatırımlarını hızlandırmış hem de yüksek büyüme oranlarına tanık olmuşlardır. Bu çalışma, söz konusu 9 yükselen G20 ekonomisi için dijital altyapı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri ekonometrisi yöntemleriyle analiz etmektedir. Tablo 1’de analizle ilgili değişkenlerin tanımları verilmektedir. Bağımlı değişken, ekonomik büyüme göstergesi olarak GSYİH büyümesi (GDP) kullanılmıştır. Dijital altyapı göstergeleri olarak mobil iletişim yaygınlığı (MOBILE) ve internet kullanımı (INTERNET) ele alınmıştır. Modelde ayrıca brüt sabit sermaye oluşumu (GFCF), işgücüne katılım oranı (LFPR), enflasyon oranı (INF) ve dışa açıklık oranı (TO) kontrol değişkenleri olarak dahil edilmiştir. Brüt sabit sermaye oluşumu (GFCF) fiziksel sermaye birikimi ve yatırım kanalını, işgücüne katılım oranı (LFPR) emek arzı ve insan sermayesi katkısını, enflasyon oranı (INF) fiyat istikrarı ve satın alma gücü kanalını, dışa açıklık oranı (TO) ise ticaret yoluyla teknoloji transferi ve kaynak dağılımı verimliliğini temsil etmektedir. Çalışmanın temel amacı, dijital altyapı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ampirik olarak test ederek bu ilişkinin boyutunu ortaya koymaktır.

Tablo 1: Değişkenlere Ait Tanımlamalar

Değişkenler	Açıklama	Beklenen İlişki
Gdp	GSYİH büyüme oranı	+, -
LnMobile	Mobil iletişim yaygınlığı (100 kişi başına)	+, -
LnInternet	İnternet kullanan bireyler (nüfusun %’si)	+, -
LnGfcf	Brüt sabit sermaye oluşumu	+
LnLfpr	İşgücüne katılım oranı, (15-64 yaş toplam nüfusun %’si)	+
Inf	Enflasyon, (yıllık %)	+, -
To	Ticari açıklık (Mal ve hizmet ihracatı + ithalatı/GSYİH) *100	+

Dijital altyapı göstergeleri ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla kurulan ekonometrik model eşitlik (1)’de sunulmuştur.

$$GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln MOBILE_{it} + \beta_2 \ln INTERNET_{it} + \gamma Z_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Burada i indisi ülkeleri, t indisi ise zamanı ifade etmektedir. Bağımlı değişken olarak kullanılan GDP_{it} , ekonomik büyüme göstergesi olan GSYİH’nin logaritmik değeridir. Çalışmanın ana bağımsız değişkenleri olan $\ln MOBILE_{it}$ ve $\ln INTERNET_{it}$, sırasıyla mobil iletişim yaygınlığını ve internet kullanım düzeylerini temsil etmektedir.

Modelde yer alan Z_{it} ise kontrol değişkenlerini içeren vektördür. Bu vektör; brüt sabit sermaye oluşumu (GFCF), işgücüne katılım oranı (LFPR), enflasyon oranı (INF) ve dışa açıklık oranını (TO) kapsamaktadır. Denklemdaki gözlemlenemeyen ülke sabit etkilerini, ise hata terimini göstermektedir. μ_i , her bir ülke için zamandan bağımsız olan ve gözlemlenemeyen bireysel etkiyi temsil ederken ϵ_{it} ise modelin hata terimidir ve modelde açıklanamayan varyasyonu veya gözlemlenemeyen diğer faktörleri temsil etmektedir. Modelde kullanılan değişkenler arasında brüt sabit sermaye oluşumu (GFCF), işgücüne katılım oranı (LFPR), mobil iletişim yaygınlığı (MOBILE) ve internet kullanımı (INTERNET) değişkenlerine doğal logaritmik dönüşüm uygulanmıştır. Bu

dönüşüm; söz konusu değişkenlerin çarpık dağılımını normalleştirmek, değişkenler arasındaki ölçek farklılıklarını gidermek ve katsayıların elastikiyet olarak yorumlanmasına olanak tanımak amacıyla tercih edilmiştir. Enflasyon (INF) ve ticari açıklık (TO) oran değişkenleri olduğundan logaritmik dönüşüm uygulanmamıştır

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler ve Normallik Test Sonuçları

Değişkenler	Mean	Std.dev	Min	Max	Skew	Kurt	J-B	Prob	Obs
Gdp	4.206	3.710	-7.799	14.230	0.004	0.188	9.12**	0.011	261
Lnmobile	17.466	2.465	8.904	21.316	0.000	0.006	33.09*	0.000	261
Lninternet	2.315	2.268	-5.477	4.605	0.000	0.005	44.81*	0.000	261
Lngfcf	3.136	0.308	2.443	3.795	0.121	0.000	13.23**	0.001	261
Lnlfpr	4.017	0.162	3.702	4.342	0.376	0.000	39.91*	0.000	261
Inf	12.169	19.418	-2.093	197.41	0.000	0.000	213.28*	0.000	261
To	47.405	14.549	15.635	96.102	0.003	0.048	11.07**	0.004	261

Tablo 2’de örnekleme dahil edilen ülkeler ve değişkenler için tanımlayıcı istatistikler ve normallik test sonuçları sunulmaktadır. Bu istatistikler, verilerin dağılımı hakkında genel bir fikir vermektedir.

Değişkenlerin dağılım özelliklerini değerlendirmek amacıyla uygulanan Jarque-Bera (J-B) normallik testi sonuçları, tüm değişkenler için normal dağılım hipotezinin reddedildiğini göstermektedir.

Regresyon modelinizdeki bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusallık (multicollinearity) olup olmadığını değerlendirmek için kullanılan Varyans Büyütme Faktörü (Variance Inflation Factor- VIF) testinin sonuçları tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 3: VIF Varyans Büyütme Faktör Testi Sonuçları

Değişkenler	Lnmobile	Lninternet	Lngfcf	Lnlfpr	Inf	To
VIF	5.98	5.41	1.48	1.36	1.12	1.24
1/VIF	0.167	0.184	0.674	0.734	0.893	0.803
Mean VIF			2.77			

Modeldeki LNMOBILE ve LNINTERNET değişkenlerinin VIF değerleri, yaygın kabul gören 10 eşliğinin altında olmakla birlikte, bazı araştırmacılar tarafından O’Brien (2007) ve Hair vd., (2011) 5’in üzerindeki değerlerin bile dikkatle incelenmesi gerektiğini belirtilmektedir. Bu nedenle iki değişken arasında yapılan korelasyon testi tablo 4’te gösterilmektedir.

Tablo 4: Lnmobile ve Lnternet Değişkenleri Arasındaki Korelasyon

Değişken Çifti	Pearson p	p-değeri
Lnmobile – Lnternet	0,815***	0,000

İki değişken arasında yapılan korelasyon testi istatistiksel olarak yüksek ve anlamlı bir pozitif ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bu güçlü korelasyon, teknolojik altyapı gelişimlerinin birbiriyile yakından ilişkili olduğunu ve dijitalleşmenin farklı boyutlarının benzer bir eğilim içerisinde olduğunu göstermektedir. İki değişken aynı yapısal boyutu (dijital erişim) temsil ettiğinden, ayrı ayrı katıldıklarında marjinal etkileri belirsizleşmektedir. Dijital erişim değişkenleri arasındaki 0,81’lik korelasyon¹, açıklanan değişken varyansının %66 sının ortak olduğunu göstermektedir.

Bu sorunu gidermek ve dijital erişim düzeyini daha kapsamlı ve doğru bir şekilde temsil etmek amacıyla, bu iki gösterge tek bir bileşik değişken altında birleştirilmiştir. Çalışmada dijital altyapı düzeyini tek bir endeksle ifade etmek amacıyla Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis, PCA) uygulanmıştır.

¹ $r^2=0,81462=0,6636 \times 100=66\%$.

PCA, yüksek korelasyona sahip değişkenleri lineer kombinasyonlarla daha az sayıda bileşene indirgeyerek veri boyutunu azaltan bir yöntemdir (Betancur, 2020: 7). Bu analizde, orijinal değişkenlerin toplam varyansının en büyük kısmını açıklayan birinci temel bileşen PC1 kullanılmıştır. PC1, LNMObILE ve LNIternET değişkenlerinin standartlaştırılmış (ortalaması 0, varyansı 1 yapılmış) değerlerinin ağırlıklı ortalaması olarak oluşturulmuştur. Elde edilen birinci bileşen skoru Digital_index modelde dijital altyapı göstergesi olarak kullanılmıştır.

Tablo 5: PCA Sonuçları

Bileşen	Özdeğer	Açıklanan Varyans (%)
PC1 (Digital_index)	1,815	90,73
PC1 Yüğü	Lnmobile	0,707
	Lninternet	0,707

Tablo 5'te yer alan PCA sonuçları ilk bileşenin toplam varyansın %90,7'sini açıkladığını göstermektedir. Eşit yükler (0,707) Lnmobile ve Lninترنت'in dijital altyapıya benzer katkıda bulunduğunu ortaya koyar. İşaret terslenerek türetilen Digital_index, daha yüksek değerlerin daha gelişmiş dijital altyapıyı temsil etmesini sağlamaktadır.

LnMOBILE ve LnINTERNET değişkenleri arasındaki yüksek korelasyon çoklu doğrusallık sorununa yol açtığından, bu iki değişken PCA yöntemiyle tek bir bileşene (Digital_index) dönüştürülmüştür. Bu doğrultuda tahmin edilen nihai ekonometrik model eşitlik (2)'de sunulmuştur

$$\ln G DP_{it} = \beta_0 + \beta_1 Digital_index_{it} + \beta_2 \ln GFCF_{it} + \beta_3 \ln LFPR_{it} + \beta_4 INF_{it} + \beta_5 TO_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

Burada $\ln G DP_{it}$ ekonomik büyüme oranının logaritmasını; $Digital_index_{it}$ PCA ile elde edilen dijital altyapı endeksini; $\ln GFCF_{it}$ brüt sabit sermaye oluşumunun logaritmasını, $\ln LFPR_{it}$ işgücüne katılım oranının logaritmasını; INF_{it} enflasyon oranını; TO_{it} ticari açıklık oranını; μ_i gözlemlenemeyen ülke sabit etkilerini; ϵ_{it} ise hata terimini göstermektedir.

Modelde yer alan Lnmobile ve Lninترنت değişkenleri arasındaki yüksek korelasyondan kaynaklanan potansiyel çoklu doğrusallık sorununu gidermek amacıyla PCA ile oluşturulan Digital_index değişkeni modele dahil edildikten sonra, çoklu doğrusallığın incelenmesi amacıyla VIF testi tekrarlanmıştır.

Tablo 6'da görüldüğü gibi tüm değişkenlerin VIF değerleri 1.03 ile 1.14 arasında değişmekte ve ortalama VIF değeri de 1.10 olmaktadır. Bu değerler, çoklu doğrusallık için yaygın kabul gören 5 veya 10 gibi eşik değerlerinin çok altındadır. Dolayısıyla, model tahminlerinin çoklu doğrusallık açısından güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 6: Digital_index Sonrası Varyans Büyütme Faktör Testi Sonuçları

Değişkenler	Digital_Index	LNGFCF	LNLFPR	INF	TO
VIF	1.14	1.03	1.14	1.12	1.09
1/VIF	0.875	0.969	0.880	0.896	0.921
Mean VIF	1.10				

Panel veride yatay kesit bağımlılığını test etmek amacıyla Pesaran'ın çapraz bağımlılık (CD) testi ve Bias-adjusted LM testi uygulanmıştır. Bulgular Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7: Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Test	İstatistik	p-değeri
LM	99.08	0.0000
LM adj	17.42	0.0000
LM CD	7.105	0.0000

Tablo 7'deki sonuçlara göre, her üç testte de p-değerleri 0.05'ten çok daha düşük olup, H_0 hipotezi reddedilmektedir. Bu, panelde yer alan birimler arasında hata terimleri açısından anlamlı

bir yatay kesit bağımlılığı olduğunu göstermektedir. Geleneksel birim kök testleri veya birinci nesil panel birim kök testleri, yatay kesit bağımlılığı durumunda yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. CIPS testi, bu yatay kesit bağımlılığı doğrudan modele dâhil ederek daha güvenilir sonuçlar üretmektedir (Pesaran, 2007: 267).

Paneldeki değişkenlerin birim kök özelliklerini incelemek amacıyla kullanılan CIPS (Cross-Sectionally Im-Pesaran-Shin) testi için sıfır hipotez (H_0), serilerin birim kök içerdiğini (yani durağan olmadığını) varsayarken, alternatif hipotez (H_1) ise serilerin birim kök içermediğini (yani durağan olduğunu) öne sürmektedir. Tablo 8’de birim kök testi sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 8: Birim Kök Test Sonuçları

Düzey (Seviye) Değerleri			Birinci Farklar		
Değişken	t-bar	p-değeri	Değişken	t-bar	p-değeri
Gdp	-3.065*	0.000	Δ Gdp	-4.139***	0.000
Digital_index	-1.880	0.355	Δ Digital_index	-3.560***	0.000
LIngfcf	-1.708	0.564	Δ LIngfcf	-3.482***	0.000
Lnlfp	-0.948	0.994	Δ Lnlfp	-2.727**	0.001
Inflation	-3.117*	0.000	Δ Inflation	-4.127***	0.000
To	-1.505	0.785	Δ To	-3.416***	0.000

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Panelin geneli için kritik değerler Pesaran (2007) çalışmasından alınmıştır. Panel istatistiği CIPS kritik değeri -2.210(%10), -2.330(%5), -2.570(%1) alınmıştır.

Gdp ve Inflation seviyede durağan ($I(0)$); diğer tüm seriler $I(1)$ olmakla birlikte birinci farkları $I(0)$ olmaktadır. Büyüme ve enflasyon şoklara hızla uyum gösterirken (durağan), dijital altyapı, yatırım, işgücüne katılım ve ticari açıklıkta ortak küresel trend etkilerinin hâkim olduğu ifade edilebilmektedir.

Bağımlı değişkenin düzeyde durağan olduğu durumlarda, değişkenler arası uzun dönemli ilişkiyi test eden eşbütünleşme analizlerine gerek kalmamaktadır. Bu tür durumlarda, ilişkiler doğrudan regresyon analizleriyle incelenebilmektedir. Fakat panel veri setlerinde yatay kesit bağımlılığı, geleneksel tahmin yöntemlerinin standart hatalarını yanıltıcı hâle getirerek istatistiksel sonuçların güvenilirliğini azaltabilmektedir (Hoechle, 2007: 282).

Panel veri analizlerinde hangi tahmincinin kullanılacağına karar verilmeden önce model seçiminde sabit etkiler (FE) mi yoksa rassal etkiler (RE) yaklaşımının mı daha uygun olduğuna karar verebilmek için, Hausman (1978) testi uygulanmıştır. Bu test, tahmin ediciler arasındaki sistematik farkları değerlendirerek uygun modelin belirlenmesini sağlamaktadır ve sonuçlar Tablo 9’da gösterilmektedir.

Tablo 9: Hausman Test Sonucu

Hausman istatistiği	p-değeri
15.35	0.0090

Hausman testi sonuçları, FE ve RE modelleri arasındaki katsayı farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, FE modelinin RE modeline göre daha tutarlı tahminler verdiğine işaret etmektedir. Dolayısıyla, panel veri analizinde FE modelinin tercih edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, ülkeler arası gözlemlenmeyen heterojenliğin modele sabit etkiler yoluyla dâhil edilmesinin analizin güvenilirliği açısından önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 10: Heteroskedasite ve Otokorelasyon Testi Sonuçları

	Heteroskedasite	Otokorelasyon
	Wald Test	Baltagi-Wu-LBI
Gdp modeli	129.67 (0.0000)	1.153

FE modeli kapsamında uygulanan Modified Wald testi sonuçları, panelde heteroskedastisitenin varlığını ortaya koymaktadır. Bu durum, standart hata tahminlerinin güvenilirliğini olumsuz etkileyebileceğinden, heteroskedastisiteye karşı dayanıklı tahmin yöntemlerinin tercih edilmesi

gerekmektedir. Tablo 10'da heteroskedasite ve otokorelasyon testi sonuçları yer almaktadır. Ayrıca, Baltagi-Wu LBI testi sonucunun 2'den küçük olması, panelde otokorelasyon sorununun da mevcut olduğunu göstermektedir. Bu tespitler doğrultusunda hem heteroskedastisiteye hem de otokorelasyona dayanıklı standart hatalar sağlayan Driscoll-Kraay (1998) tahmincisinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Driscoll ve Kraay (1998) tarafından geliştirilen tahminci, yatay kesit bağımlılığına karşı sağlam bir çözüm sunmaktadır. Söz konusu yöntem, hata terimleri arasında heteroskedastisite ve otokorelasyon bulunsa bile güvenilir standart hatalar üretebilmektedir. Ayrıca, hata yapısı hakkında belirli bir varsayım gerektirmeden geniş bir yatay kesit bağımlılığı formunu dikkate alabilir (Driscoll ve Kraay, 1998: 556). Böylece, uygun tahminci aracılığıyla daha güvenilir ve geçerli istatistiksel sonuçlara ulaşmak mümkün olmaktadır. Tablo 11'de test sonuçları yer almaktadır.

Tablo 11: Driscoll-Kraay Standart Hatalarıyla Sabit Etkiler Regresyon Sonuçları

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistiği	P-değeri
Digital_index	0.351**	0.1676	3.29	0.003
Llngcf	-0.190	1.2831	-0.15	0.883
Lnlfpr	0.082**	4.0384	2.00	0.043
Inf	-0.040**	0.0117	-3.47	0.002
To	0.127*	0.0201	6.33	0.000
cons	-33.205	16.1882	-2.05	0.062

Panel veri modeli kapsamında, klasik heteroskedastisite, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı gözetilerek Driscoll-Kraay tahmincisi ile yapılan analiz, Digital_index'in Gdp üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunduğunu ortaya koymaktadır. Dijitalleşme_index'i 1 birim arttığında Gdp 0,351 birim artmaktadır. Bu durum, dijitalleşmenin ekonomik faaliyetleri destekleyici yönde rol oynadığını ve üretim süreçlerine katkı sağladığını göstermektedir.

LnLFPR katsayısı pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. İşgücüne katılım oranındaki artışın ekonomik büyümeyle tutarlı bir ilişki içinde olması, emek arzının büyüme sürecindeki rolüne ilişkin neo-klasik öngörülerle örtüştüğü şeklinde yorumlanabilir.

LnGFCF değişkeni ise GDP ile istatistiki olarak anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir. Sermaye yatırımları ile büyüme arasındaki ilişkinin kısa dönemde istatistiksel anlamsızlık gösterebileceği, Grozdić vd.'ye (2020) göre yatırımların büyümeye dönüşümünde belirli bir olgunlaşma sürecinin gerekli olmasından kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Pasara ve Garidzirai (2020) benzer bulguyu farklı bir örneklemede raporlamış ve gecikme etkisinin ülke koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini belirtmiştir. Öte yandan Rusya ve Suudi Arabistan gibi emtia ihracatçısı ekonomilerde sermaye birikiminin büyüme üzerindeki etkisinin standart kanallar dışında işleyebileceği, bu konuda Topcu vd. (2020) ve Samargandi vd. (2014) tarafından da ifade edilmektedir.

INF katsayısı negatif ve istatistiki olarak anlamlı bir ilişki görülmektedir. Enflasyonun yatırım ortamı üzerinde yarattığı belirsizliğin büyüme sürecini olumsuz etkileyebileceği bu bulguyla tutarlıdır.

TO değişkeni için pozitif ve anlamlı bir katsayı tahmin edilmiş ve ticari açıklığın teknoloji transferi ve ölçek ekonomisi kanalıyla büyümeyi desteklediği ileri sürülebilir. Literatür bu ilişki konusunda görece uzlaşma içinde olmakla birlikte, büyüklük ve yön bakımından ülkeye özgü farklılıkların göz ardı edilmemesi gerektiği vurgulanabilir.

Genel olarak elde edilen bulgular, dijital altyapının ekonomik performans üzerinde yapıcı bir rol oynadığını ve bu ilişkinin, diğer makroekonomik belirleyiciler kontrol altına alındığında da geçerliliğini koruduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, dijitalleşmenin desteklenmesi, işgücü piyasasının etkinleştirilmesi, fiyat istikrarının sağlanması ve dışa açıklığın sürdürülmesi gibi politikaların, sürdürülebilir büyüme hedefi açısından önem taşıdığı değerlendirilmektedir.

4. Sonuç

Günümüzde dijital dönüşümün hızı ve kapsamı hem özel hem kamu kurumlarını biçimlendirmektedir. G20 bünyesindeki yükselen piyasa ekonomileri bu dönüşümden paylarını giderek daha fazla almaktadır. Arjantin, Brezilya, Çin, Güney Afrika, Hindistan, Meksika, Rusya, Suudi Arabistan ve Türkiye'yi kapsayan bu ülke grubunda dijital altyapının geliştirilmesi ve üretkenlik artışı, finansal kapsayıcılık ve küresel değer zincirlerine entegrasyon açısından stratejik bir işlev üstlenmektedir. Calderón ve Cantú (2021) ile Ma ve Lin (2023), dijital altyapının genişlemesinin özellikle gelişmekte olan ülkelerde büyümenin kalitesini artıran temel unsurlardan biri haline geldiğini vurgulamaktadır. Bu çerçevede G20 yükselen piyasa ekonomilerinde dijital altyapı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi hem akademik yazın hem de politika yapımcılar açısından güncelliğini korumaktadır.

Regresyon analizi sonuçları, dijital altyapı endeksi ile ekonomik büyüme arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. Bu bulgu, Röller ve Waverman (2001), Czernich vd. (2011) ve Niebel (2018) başta olmak üzere pek çok çalışmayla örtüşmektedir. Calderón ve Cantú (2021) ile Vu vd. (2025) de benzer sonuçlara ulaşmıştır. Dünya Bankası araştırmaları, internet erişim oranındaki yüzde onluk bir artışın gelişmekte olan ülkelerin büyüme hızına yaklaşık 1,3 puanlık ek katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır (Reiter, 2017). Katz ve Koutroumpis'e (2013) göre dijital altyapı yatırımları, üretkenliği artırmanın yanı sıra yenilikçilik kapasitesini de güçlendirmektedir.

Kontrol değişkenleri açısından değerlendirildiğinde, işgücüne katılım oranı ile ekonomik büyüme arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki gözlemlenmektedir ve emek piyasasının genişlemesiyle birlikte üretim kapasitesinin artabileceği ileri sürülebilir (Bloom ve Canning, 2004; Jorgenson ve Vu, 2005). Ticari açıklık da büyümeyle pozitif yönde ilişkili bulunmuştur. Edwards'a (1998) göre dış ticaret, kaynakların daha etkin dağılımını sağlamakta ve bu konuda Tahir ve Ali (2014) ile Ozturk ve Radouai (2020) da benzer bulgular ortaya koymaktadır. Enflasyon oranı ise negatif ve anlamlı çıkmıştır. Yüksek enflasyonun yatırım kararlarını ve satın alma gücünü olumsuz etkileyerek büyümeyi frenleyebileceği, Ayyoub vd. (2011), Tien (2021) ve Azam ile Khan (2022) tarafından da belgelenmiştir. Brüt sabit sermaye oluşumu istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki sergilememiştir. Grozdić vd. (2020) ve Topcu vd. (2020), yatırım olgunlaşma gecikmesinin ve kaynak-yoğun ekonomilerin heterojen yapısının bu sonucu açıklayabileceğini vurgulamaktadır.

Driscoll-Kraay yöntemiyle gerçekleştirilen bu analiz, dijital altyapı ile ekonomik büyüme arasında olumlu ve anlamlı bir ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Kullanılan tahminci korelasyonel bir ilişkiyi tespit etmekte olup nedensellik çıkarımına doğrudan olarak tanınamamaktadır. Bu aynı zamanda çalışmanın temel kısıtlarından birini oluşturmaktadır. Dijital altyapı ile büyüme arasında ters nedensellik ihtimali, diğer bir ifadeyle büyüyen ekonomilerin daha fazla dijital yatırım yapıyor olması, göz ardı edilemeyecek bir kısıt olarak değerlendirilmelidir. Gelecek çalışmaların araçsal değişken yaklaşımları veya sistem-GMM gibi yöntemlerle bu sorunu ele alması önerilmektedir. Ayrıca dijital altyapının büyümeyle ilişkisinin hangi kanal üzerinden işlediği (verimlilik, teknoloji difüzyonu veya işgücü verimliliği gibi) toplam faktör verimliliği (TFP) gibi aracı değişkenler modele dahil edilmediğinden sınamamıştır. Bu durum çalışmanın bir diğer temel kısıtını oluşturmakta olup gelecek araştırmalara yön vermesi beklenmektedir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda çeşitli politika çıkarımlarına ulaşmak mümkündür. Digital_index katsayısının pozitif ve anlamlı olması, mobil ağ kapsamının genişletilmesi, geniş bant erişiminin yaygınlaştırılması ve kamu-özel ortaklıklarıyla altyapı yatırımlarının hızlandırılmasının büyüme açısından öncelikli alanlar olduğuna işaret edebilir. Ayrıca kırsal-kentsel dijital uçurumun kapatılması bu süreçte belirleyici bir rol üstlenebilir. INF katsayısının negatif çıkması, para politikası bağımsızlığının ve enflasyon hedeflemesi çerçevesinin kurumsal güvence altına alınmasının önemini ortaya koymakta ve mali disiplinin sürdürülmesi bu bağlamda politika önceliği olarak değerlendirilebilir. TO katsayısının pozitif ve anlamlı olması, bölgesel ticaret anlaşmalarının genişletilmesi ve ihracata dayalı sektörlerin desteklenmesi yoluyla teknoloji transferinden ve ölçek ekonomisinden daha fazla yararlanılabileceğine işaret etmektedir. Son olarak LFPR katsayısının

pozitif çıkması, kadın istihdamını artırmaya yönelik düzenlemeler, mesleki eğitim programları ve esnek çalışma modellerinin büyüme sürecine anlamlı katkı sunabileceğini düşündürmektedir.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Bu araştırmanın hazırlanmasında herhangi bir dış destek alınmamıştır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı: Bu araştırmanın hazırlanmasına tüm yazarlar eşit oranda katkı sağlamış olup her yazarın katkı oranı %50'dir.

Çatışma Beyanı: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan eder.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı: Bu araştırmanın her aşamasında "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi"nde belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmanın yazım sürecinde etik kurallarına uygun alıntı yapılmış ve kaynakça oluşturulmuştur. Çalışma intihal denetimine tabi tutulmuştur.

Etik Kurul İzni: Çalışma Etik Kurul izni almayı gerektirmemektedir.

Yapay Zekâ Araçlarının Kullanımı: Yazarlar bu araştırmanın hazırlanması sürecinde herhangi bir yapay zekâ aracı kullanmamıştır.

*

Statement of Support and Appreciation: This research did not receive any external support.

Declaration of Researcher's Contribution Rate All authors contributed equally to the preparation of this study, with each author's contribution share being 50%.

Conflict Declaration: The authors declare no conflict of interest.

Research and Publication Ethics Statement: All rules specified in the "Higher Education Institutions Scientific Directive" were followed at every stage of this research. None of the actions specified under the heading "Actions Contrary to Scientific Research and Publication Ethics" of the directive have been carried out. During the writing process of this study, citations were made in accordance with ethical rules, and a bibliography was created. The work has been checked for plagiarism.

Ethics Committee Permission: This study does not require ethics committee permission.

Use of Artificial Intelligence Tools: The authors did not use any artificial intelligence tools during the preparation of this study.

**

Dergimizde yayımlanan çalışmaların telif hakları yazarlarda olup, CC-BY 4.0 lisansı ile açık erişim olarak yayımlanmaktadır.

Authors retain the copyright of the works published in our journal, which are published as open access under the CC-BY 4.0 license.



Kaynakça

- Adeleye, N., ve Eboagu, C. (2019). Evaluation of ICT Development and Economic Growth. *Netnomics*, 20(1), 31–53. <https://doi.org/10.1007/s11066-019-09131-6>
- Alper, F. Ö. (2018). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Ekonomik Büyüme ve İşsizlik Üzerine Etkisi: Seçilmiş AB ülkeleri ve Türkiye örneği. *Yasama Dergisi*, 36, 45–65.
- Ayyoub, M., Chaudhry, I. S., ve Farooq, F. (2011). Does Inflation Affect Economic Growth? The Case of Pakistan. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 31(1), 51–64.
- Azam, M., ve Khan, S. (2022). Threshold Effects in the Relationship Between Inflation and Economic Growth: Further Empirical Evidence from the Developed and Developing World. *International Journal Of Finance & Economics*, 27(4), 4224–4243. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2326>
- Baltagi, B. H., ve Wu, P. X. (1999). Unequally Spaced Panel Data Regressions with AR(1) Disturbances. *Econometric Theory*, 15(6), 814–823.
- Bera, A. K., ve Jarque, C. M. (1981). Efficient Tests for Normality, Homoscedasticity and Serial Independence of Regression Residuals: Monte Carlo Evidence. *Economics Letters*, 7(4), 313–318.
- Betancur, S. B., Gastmans, D., Vásquez, K. V., Santarosa, L. V., Santos, V. D., ve Kirchheim, R. E. (2020). Hydrological Responses in Equatorial Watersheds Indicated by Principal Components Analysis (PCA)–Study Case in Atrato River Basin (Colombia). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos Brazilian Journal of Water Resources*, 25, e45.
- Bloom, D. E., ve Canning, D. (2004). Global Demographic Change: Dimensions and Economic Significance. *NBER Working Paper*, No: 10817.
- Calderón, C., ve Cantú, C. (2021). The Impact of Digital Infrastructure on African Development (Vol. 9853). World Bank.
- Cardona, M., Kretschmer, T., ve Strobel, T. (2013). ICT and Productivity: Conclusions from the Empirical Literature. *Information Economics and Policy*, 25(3), 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2012.12.002>
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., ve Woessmann, L. (2011). Broadband Infrastructure and Economic Growth. *The Economic Journal*, 121(552), 505–532.
- David, O. O. (2019). Nexus Between Telecommunication Infrastructures, Economic Growth and Development in Africa: Panel Vector Autoregression (PVAR) Analysis. *Telecommunications Policy*, 43(8), <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.03.005>
- Driscoll, J. C., ve Kraay, A. C. (1998). Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data. *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549–560.
- Edquist, H., Goodridge, P., Haskel, J., Li, X., ve Lindquist, E. (2018). How Important are Mobile Broadband Networks for the Global Economic Development? *Information Economics and Policy*, 45, 16–29.
- Edwards, S. (1998). Openness, Productivity and Growth: What Do We Really Know?, *The Economic Journal*, 108(447), 383–398. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00293>
- Fong, M. W. L. (2009). *Technology Leapfrogging for Developing Countries*. In: Encyclopedia of Information Science and Technology. Khosrow-Pour, Mehdi, Ed. Information Science Reference, Hershey, Pa, USA, 3707-3713.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers.

- Fu, Z., Yu, W., Ali, A., Hishan, S. S., Muda, I., ve Khudoykulov, K. (2023). Influence of Natural Resources, ICT, and Financial Globalization on Economic Growth: Evidence from G10 Countries. *Resources Policy*, 81, 103254. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103254>
- Grozdić, V., Marić, B., Radišić, M., Šebestová, J., ve Lis, M. (2020). Capital investments and manufacturing firms' performance: Panel-data analysis. *Sustainability*, 12(4), 1689. ScienceDirect <https://doi.org/10.3390/su12041689>
- Ghosh, S. (2017). Broadband Penetration and Economic Growth: Do Policies Matter?, *Telematics and Informatics*, 34(5), 676–693.
- Haftu, G. G. (2019). Information Communications Technology and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: A Panel Data Approach. *Telecommunications Policy*, 43(1), 88–99.
- Haini, H. (2019). Internet Penetration, Human Capital and Economic Growth in the ASEAN Economies: Evidence from A Translog Production Function. *Applied Economics Letters*, 26(17), 1424–1428. <https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1597250>
- Hair, J. F., Ringle, C. M., ve Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139–151.
- Hausman, J. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251–1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Hoechle, D. (2007). Robust Standard Errors for Panel Regressions with Cross-Sectional Dependence. *The Stata Journal*, 7(3), 281–312. <https://doi.org/10.1177/1536867X07007003>
- Jangid, H., Bal, D. P., ve Debata, B. (2024). Digitalisation and Economic Growth in G-20 Countries: A Panel Ardl Analysis. *Journal Of Technology Management & Innovation*, 19(4), 18–31. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242024000400018>
- Jorgenson, D. W., ve Vu, K. M. (2005). Information Technology and the World Economy. *Scandinavian Journal of Economics*, 107(4), 631–650.
- Katz, R., ve Koutroumpis, P. (2013). Measuring Digitization: A Growth and Welfare Multiplier. *Technovation*, 33(10–11), 314–319.
- Khalid, E. E., ve Ahmed, E. M. (2024). Digital Technology Adoption and Globalization Innovation Implications on Asian Pacific Green Sustainable Economic Growth. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(1), 100221. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100221>
- Kumar, R. R., Kumar, R. D., ve Patel, A. (2015). Accounting for Telecommunications Contribution to Economic Growth: A study of Small Pacific Island States. *Telecommunications Policy*, 39(3–4), 284–295.
- Kurniawati, M. A. (2021). Analysis of the Impact of Information Communication Technology on Economic Growth: Empirical Evidence from Asian Countries. *Journal of Asian Business and Economic Studies*, 29(1), 2–18.
- Ma, R., ve Lin, B. (2023). Digital Infrastructure Construction Drives Green Economic Transformation: Evidence from Chinese Cities. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1–10.
- Myovella, G., Karacuka, M., ve Haucap, J. (2019). Digitalization and Economic Growth: A Comparative Analysis of Sub-Saharan Africa and OECD Economies. *Telecommunications Policy*, 43(2), 101856. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101856>

- Niebel, T. (2018). ICT and Economic Growth: Comparing Developing, Emerging and Developed Countries. *World Development*, 104, 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.11.007>
- O'Brien, R. M. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Quality & Quantity*, 41(5), 673–690. <https://doi.org/10.1007/s11135-006-9018-6>
- OECD. (2024). Digital Public Infrastructure for Digital Governments. <https://doi.org/10.1787/ff525dc8-en>
- Ozturk, O., ve Radouai, N. (2020). Does Trade Openness Contribute to Economic Growth and Development of Morocco?, *Economics, Business and Organization Research*, 2(3), 443–453.
- Özkan, G. S., ve Çelik, H. (2018). Bilgi İletişim Teknolojileri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye İçin Bir Uygulama. *Journal of International Trade and Economic Researches*, 2(1), 1–15.
- Pasara, M. T., ve Garidzirai, R. (2020). Causality Effects Among Gross Capital Formation, Unemployment and Economic Growth in South Africa. *Economies*, 8(2), 26. Wiley Online Library <https://doi.org/10.3390/economies8020026>
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312.
- Reiter, J. (2017). 4 Ways Government Can Develop Digital Infrastructure. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/stories/2017/09/governments-develop-digital-infrastructure-vodafone/>
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Röller, L. H., ve Waverman, L. (2001). Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach. *American Economic Review*, 91(4), 909–923.
- Saba, C. S., Ngepah, N., ve Odhiambo, N. M. (2024). Information and Communication Technology (ICT), Growth and Development in Developing Regions: Evidence from A Comparative Analysis and A New Approach. *Journal of The Knowledge Economy*, 15, 14700–14748. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01571-8>
- Samargandi, N., Fidrmuc, J., ve Ghosh, S. (2014). Financial Development and Economic Growth in an Oil-Rich Economy: The Case of Saudi Arabia. *Economic Modelling*, 43, 267–278. Du <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.07.042>
- Saidi, K., Hassen, L. B., ve Hammami, M. S. (2015). Econometric Analysis of the Relationship Between ICT and Economic Growth in Tunisia. *Journal of the Knowledge Economy*, 6(4), 1191–1206.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Tahir, M., ve Ali, H. N. B. H. O. (2014). Trade Openness and Economic Growth: A Review of the Literature. *Asian Social Science*, 10(9), 137–147. <https://doi.org/10.5539/ass.v10n9p137>
- Topcu, E., Altinoz, B., ve Aslan, A. (2020). Global Evidence from the Link between Economic Growth, Natural Resources, Energy Consumption, and Gross Capital Formation. *Resources Policy*, 66, 101622. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101622>
- Tien, N. H. (2021). Relationship Between Inflation and Economic Growth in Vietnam. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14), 5134–5139.

- Unctad. (2022). Digital Economy Report: Pacific Edition 2022. United Nations. <https://unctad.org/publication/digital-economy-report-pacific-edition-2022>
- Vu, H. Q., Tram, N. H. M., ve Tung, L. T. (2025). Digital Transformation and Economic Growth: Empirical Evidence from Vietnam. *Post-Communist Economies*, 2025(7), 1–23. DOI:10.1080/14631377.2025.2511511
- Vu, K., Hanafizadeh, P., ve Bohlin, E. (2020). ICT as a Driver of Economic Growth: A Survey of the Literature and Directions for Future Research. *Telecommunications Policy*, 44(2), 101922.
- Wang, Z., Peng, D., Kong, Q., ve Tan, F. (2025). Digital Infrastructure and Economic Growth: Evidence from Corporate Investment Efficiency. *International Review of Economics & Finance*, Elsevier, Vol. 98(C).
- Ward, M. R., ve Zheng, S. (2016). Mobile Telecommunications Service and Economic Growth: Evidence from China. *Telecommunications Policy*, 40(2), 89–101.
- World Bank. World development indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Yakunina, R. P., ve Bychkov, G. A. (2015). Correlation Analysis of the Components of the Human Development Index Across Countries. *Procedia Economics and Finance*, 24, 766–771.

DIGITAL INFRASTRUCTURE AND MACROECONOMIC DETERMINANTS IN G20 EMERGING ECONOMIES: DRISCOLL-KRAAY PANEL DATA ANALYSIS (1995-2023)

Extended Abstract

Aim: With advancing technological developments, countries have begun to adopt a more agile approach to data collection, smart device usage, and the flexibility of digital infrastructure. Digital infrastructure has become an indispensable element that directly affects the functioning of societies and the quality of life. The economic value created by the digital ecosystem formed by the internet, mobile applications, and digital services enables countries to adopt innovative technologies and support economic growth. This study examines the impact of mobile communication and internet usage on economic growth, specifically in emerging market economies within the G20 between 1995 and 2023, while taking into account control variables such as labor force participation, trade openness, inflation, and capital formation. Analyses conducted using the Driscoll-Kraay method show that digital transformation is a significant driving force supporting growth.

Method(s): The panel data set used in the methodology contains annual data for nine developing G20 economies from 1995 to 2023. The study examines the relationship between digital infrastructure and economic growth within the framework of panel data econometrics. Gross Domestic Product (GDP) growth is used as the dependent variable, while mobile communication penetration and internet usage are highlighted as indicators of digital infrastructure. Additionally, other factors that may affect growth, such as Gross Fixed Capital Formation (GFCF), labor force participation rate, inflation, and openness ratio, are also included in the model. The main objective of the study is to empirically test how and to what extent digital infrastructure determines economic growth and to reveal the scope of this relationship.

Findings: The findings generally show that digital infrastructure plays a constructive role in economic performance and that this effect remains valid even when other macroeconomic determinants are controlled for. In this context, policies supporting digitalization, such as revitalizing the labor market, ensuring price stability, and maintaining openness to the outside world, are highlighted as critical for sustainable growth targets. In particular, expanding broadband access, improving mobile connectivity quality, and strengthening data infrastructure capacity directly contribute to productivity growth and the scaling up of innovative activities. In this context, the impact of policy tools such as financing digital infrastructure investments and establishing smart regulatory frameworks also comes to the fore.

Conclusion: The results of the study preferred the Driscoll-Kraay estimator to account for issues such as heteroscedasticity, autocorrelation, and cross-sectional dependence. This robust estimation method enhances the reliability of the inference by producing reliable standard errors under different dependence structures. The regression results highlight several key findings. First, there is a positive and statistically significant relationship between the Digital Index and GDP growth, indicating that digital infrastructure strengthens economic performance by increasing productivity and reducing costs. This finding is consistent with the extensive literature suggesting that digitalization supports growth through mechanisms such as cost reduction, productivity improvements, and the dissemination of knowledge and innovation.

Secondly, it is concluded that among the control variables, labor force participation positively affects growth and that the mobilization of human capital plays a central role. This indicates that the contribution of key human resources in skill-based production processes strengthens growth. Thirdly, trade openness was found to be positively related to growth, reflecting how international integration facilitates market expansion, technology transfer, and increased competitiveness. On the other hand, inflation was found to significantly suppress growth. This means that monetary pressures and price volatility disrupt investment and consumption decisions. Gross fixed capital

formation, however, did not show a statistically significant effect. This finding suggests that the amount of investment may not be sufficient on its own to support growth; investment must be complemented by quality improvements, efficient allocation, and institutional reforms.

These findings have important policy implications. First, the positive role of digital infrastructure highlights the need for continuous investment in broadband expansion, mobile connectivity, and data infrastructure. Public-private partnerships, financial incentives, and appropriate regulatory frameworks that encourage competition and innovation in the IT sector are of vital importance. Furthermore, developing policies to ensure the workforce adapts to the digital economy through education and skills development programs will make growth sustainable. Finally, it can be concluded that combating inflation and maintaining price stability supports growth by guiding investment and consumption decisions in a stable environment. These findings clearly reveal the dynamics of digital transformation that fuel growth and suggest the development of strategies that place digital infrastructure investments at the center of a sustainable development goal.

