

Türkiye’de Dijitalleşme ve Bölgesel Kalkınma Sürecinde Ailenin Ekonomik Rolü

Damla Özekan*

Öz

Bu çalışma, dijitalleşmenin Türkiye’de bölgesel ekonomik kalkınma üzerindeki etkisini ve bu etkinin hanehalkı temelli beşerî sermaye birikimiyle güçlenip güçlenmediğini analiz etmektedir. Dijitalleşme ve ekonomik büyüme literatüründe yapılan çalışmalar genellikle altyapı yatırımları, işletmelerin verimlilik düzeyleri ve işgücü piyasasına ilişkin göstergeler gibi makroekonomik değişkenler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Buna karşılık bu çalışma, Türkiye ekonomisinin dijital dönüşüm sürecini analiz ederken aileyi pasif bir yapı olarak değil, ekonomik karar alma ve uyum mekanizmalarında etkili olan aktif bir ekonomik özne olarak konumlandırmakta ve tartışmayı bu doğrultuda genişletmeyi amaçlamaktadır. Analizde, Türkiye’nin İBBS Düzey-1 bölgeleri için 2014–2024 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak panel veri yöntemi uygulanmıştır. Bulgular, dijitalleşmenin bölgesel gelir düzeyini artırdığını ve bu etkinin beşerî sermaye seviyesi yükseldikçe güçlendiğini göstermektedir. Sonuçlar, dijital altyapı yatırımlarının aile odaklı beşerî sermaye politikalarıyla birlikte ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

JEL Kodları: D13, R11, O33, F63

Anahtar Kelimeler: Aile Ekonomisi, Dijitalleşme, Bölgesel Kalkınma, Beşerî Sermaye, Panel Veri Analizi

* Yeditepe Üniversitesi, damla.ozekan@yeditepe.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9952-129X>

The Economic Role of the Family in Digitalization and Regional Development Processes in Türkiye

Abstract

This study analyzes the impact of digitalization on regional economic development in Türkiye and examines whether this effect is amplified by household-based human capital accumulation. In the literature on digitalization and economic growth, the studies are generally limited to the analysis of macroeconomic factors such as infrastructure investments, productivity levels of firms, and labor market indicators. In this study, the digitalization process of the Turkish economy is examined, placing the family not as a passive structure, but as an active economic agent that affects the mechanisms of economic decision-making, thereby aiming to expand the discussion on this issue. Panel data analysis is conducted using annual data for Türkiye's NUTS Level-1 regions over the 2014–2024 period. The findings reveal that digitalization has a positive and statistically significant effect on regional income levels, and that its economic returns increase with higher levels of human capital. These results suggest that regional development policies should combine digital infrastructure investments with family-oriented human capital strategies.

JEL Codes: D13, R11, O33, F63

Keywords: Family Economics, Digitalization, Regional Development, Human Capital, Panel Data Analysis

Extended Summary

This study investigates the role of the family in the economic functioning of digitalization and regional development in Türkiye, focusing on whether household-level digitalization contributes positively to regional economic performance through human capital formation. While the literature on digitalization and economic growth has largely emphasized macroeconomic factors such as infrastructure investments, enterprise productivity, and labor market outcomes, this study extends the discussion by examining the family as an active economic actor in the digital transformation of the Turkish economy. The central premise is that digitalization reshapes the economic role of the family by facilitating technological adaptation, expanding access to digital markets, and strengthening human capital accumulation, thereby influencing regional development outcomes.

The main research question addressed is whether digitalization in Türkiye is associated with higher regional income levels and whether the economic returns to digitalization depend on the level of human capital in a region. Unlike much of the existing literature that focuses on national aggregates or firm-level outcomes, this study adopts a regional and household-centered perspective. By integrating insights from household economics, endogenous growth theory, and digital economy literature, the study contributes to regional development research by highlighting the microeconomic foundations of digital transformation.

The empirical analysis is based on annual panel data for Türkiye's NUTS Level-1 regions over the period 2014–2024. Regional economic development is proxied by real GDP per capita. Household internet access rates and e-commerce usage rates are employed as the primary indicators of digitalization, capturing both the availability of digital infrastructure and the extent to which households actively utilize digital technologies. Human capital is measured by the share of the population with higher education qualifications, while employment rates are included as a control variable to account for regional labor market conditions. In addition, a pandemic dummy variable is incorporated to capture the potential effects of the COVID-19 shock on regional economic performance.

To address unobserved regional heterogeneity and time-specific effects, the study employs panel data econometric techniques. Based on Hausman test results, a Fixed Effects (FE) model is selected as the appropriate estimation strategy. Driscoll–Kraay robust standard errors are used to correct for cross-sectional dependence, heteroskedasticity, and autocorrelation, ensuring reliable coefficient estimates. To examine whether human capital amplifies the growth effects of digitalization, interaction terms between digitalization indicators and the human capital variable are included in the model. This specification allows the analysis to capture both the direct impact of digitalization on regional economic performance and its conditional impact through human capital accumulation.

The empirical findings provide several important insights. First, household internet access rates are found to have a positive and statistically significant effect on regional GDP per capita, indicating that digital connectivity constitutes a fundamental prerequisite for regional economic growth. Second, e-commerce usage rates exhibit a stronger positive impact on income levels, suggesting that the commercialization of digital access plays a critical role in transforming digital infrastructure into tangible economic gains. These results support the argument that digitalization contributes to regional development not only by facilitating access to information but also by expanding market participation and economic activity at the household level.

The most critical finding emerges from the interaction analysis. The results show that the economic returns to digitalization are significantly higher in regions with greater human capital. The positive and statistically significant interaction between internet access and education indicates that investments in digital infrastructure generate higher growth dividends in regions with more educated populations. In contrast, education alone does not exert a strong direct effect on regional income levels, suggesting that human capital becomes economically productive primarily when combined with digital technologies. This finding highlights the complementary relationship between digitalization and human capital in the growth process.

Compared with existing studies, this research contributes to the literature in two keyways. First, it provides a clear conceptual foundation for understanding digitalization as a household-centered process rather than solely a macroeconomic or firm-level phenomenon. Second, it empirically demonstrates the multiplier role of human capital in shaping the regional growth effects of digitalization. The findings imply that regional development policies should move beyond infrastructure-focused approaches and adopt integrated strategies that simultaneously promote digital access and human capital development at the household level. By emphasizing the household as a key transmission channel through which digitalization affects regional economic performance, the study offers both conceptual and empirical contributions to the literature on the digital economy and regional development.

1. Giriş

Küresel ekonomik büyüme dinamikleri, son yirmi yılda dijital dönüşümün ve Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin (BİT) yayılımıyla köklü bir değişime uğramıştır. Dijitalleşme, ulusal sınırları aşarak yeni bir iktisadi değer yaratma potansiyeli sunarken, bu etkinin bölgesel düzeydeki yansımaları, kalkınma politikalarının temel tartışma konularından biri haline gelmiştir. Geleneksel kalkınma modelleri genellikle sermaye ve işgücü gibi makro faktörlere odaklanırken, dijital çağda bilginin emildiği ve ekonomik faaliyete dönüştürüldüğü en küçük ve en kritik birim olan ailenin rolü genellikle göz ardı edilmektedir.

Bu çalışma, modern iktisadi dinamiklerin merkezine yerleşen aile biriminin, dijitalleşme sürecindeki konumunu ve bölgesel kalkınma üzerindeki etkisini analiz etme özgün amacını taşımaktadır. Dijital dönüşüm, hanhalklarını pasif bir tüketim birimi olmaktan çıkararak, bilgiye erişim, dijital beceri yatırımı ve e-ticaret yoluyla bölgesel büyüme sürecinin aktif bir öznesi haline getirmektedir. Aile, artık sadece ekonomik kararların alındığı bir birim değil; aynı zamanda üyelerinin teknolojik adaptasyon kapasitesini ve dijital beşerî sermayesini artıran, kritik bir üretim ve yatırım merkezidir. Bu bağlamda, bir bölgenin dijitalleşmeye karşı gösterdiği ekonomik direnç ve büyüme performansı, o bölgedeki hanhalklarının teknolojik adaptasyon yeteneğiyle doğrudan ilişkilidir.

Bu temel bakış açısıyla, mevcut çalışma Türkiye'nin İBBS Düzey-1 (12 bölge) seviyesindeki 2014-2024 dönemine ait panel verileri kullanarak, aile bazında dijitalleşme düzeyindeki artışın bölgesel ekonomik büyüme üzerindeki etkisini istihdam oranı ve beşerî sermaye gibi makroekonomik değişkenleri kontrol ederek ampirik olarak incelemektedir. Analiz, hanhalklarının geniş bant internet erişimi ve e-ticaret kullanım oranları gibi somut göstergeler ile kişi başına düşen GSYH arasındaki ilişkiye odaklanmıştır. Modelde yer alan internet erişimi ve e-ticaret kullanımı gibi değişkenler, tek tek hanhalklarının mikro kararlarını doğrudan gözlemleyen göstergeler değil; ilgili bölgedeki hanhalkı/birey davranışlarının toplulaştırılmış (aggregate) yansımalarıdır. Dolayısıyla bulgular, "aile davranışlarının bölgesel ölçekte gözlemlenebilir sonuçları" üzerinden yorumlanmalı; nedensel mikro-mekanizmalar ise bu çalışmanın kapsamı dışında, tamamlayıcı mikro veri analizleriyle derinleştirilebilecek bir alan olarak görülmelidir.

Çalışmanın en önemli katkısı, bölgesel kalkınma literatüründeki boşluğu doldurarak dijitalleşme tartışmasını mikro-düzeyde aile eksenine taşıması ve bulgularını sağlamlık kontrollü panel veri ekonometrisi ile sunmasıdır. Elde edilen sonuçlar, bölgesel kalkınma politikaları için somut öneriler sunarak, dijital uçurumun kapatılması ve beşerî sermaye yatırımlarının aile düzeyinde hedeflenmesi gerektiği yönünde güçlü kanıtlar sağlamayı amaçlamaktadır.

2. Literatür ve Kuramsal Çerçeve

2.1. Hanehalkı Üretim Teorisi ve Beşerî Sermaye

Ailenin bölgesel kalkınma sürecindeki rolü, neoklasik iktisat yazınında genellikle işgücü arzı üzerinden dolaylı olarak ele alınmıştır. İktisadi düşünce tarihinde hanehalkı, geleneksel olarak fayda maksimizasyonu yapan pasif bir tüketici birimi olarak görülmüştür. Ancak Becker (1965), geliştirdiği Hanehalkı Üretim Teorisiyle hanehalkını; piyasadan alınan malları, hane içindeki zaman ve teknoloji ile birleştirerek "nihai metalar" üreten küçük bir fabrikaya benzetmiştir. Becker'e göre hanehalkının üretim kapasitesi, hane üyelerinin sahip olduğu beşerî sermaye yatırımlarıyla sınırlıdır.

Schultz (1961) ve Mincer (1974) tarafından geliştirilen Beşerî Sermaye Teorisi, bu yatırımların işgücü verimliliği üzerindeki etkisini vurgularken; modern literatür bu kavramı "Dijital Beşerî Sermaye" olarak genişletmiştir. Dijitalleşme süreci, Becker'in modelindeki "zaman maliyetini" düşürürken, ailenin üretim kapasitesini fiziksel mekânın dışına taşıyarak ekonomik aktiviteye katılımını artırmaktadır. Dijital yetkinlikler, artık bireylerin sadece iş piyasasına erişimini değil, hane içi üretim süreçlerinin (e-egitim, uzaktan çalışma, dijital girişimcilik) verimliliğini de belirleyen asli unsurdur.

Modern iktisatçılar, geleneksel eğitim sürelerinin ötesine geçerek bilişsel becerilerin ve teknolojik yeterliliğin önemini vurgulamaktadır. Hanushek ve Woessmann (2010) günümüzde dijital becerilerin ve teknolojik yeterliliğin, geleneksel eğitim yıllarından daha çok ekonomik büyüme üzerinde belirleyici olduğunu ampirik olarak kanıtlamıştır. Bu bağlamda, dijital okuryazarlık, sadece bir yetkinlik değil, aynı zamanda hanehalkının dijital piyasalardan (e-ticaret), uzaktan çalışma imkanlarından ve dijital sağlık hizmetlerinden elde ettiği faydayı maksimize eden bir temel üretim girdisidir. Örneğin, Van Renen vd. (2010), BİT kullanımının üretkenliği artırmasında, çalışanların teknolojik becerilere sahip olmasının kritik bir rol oynadığını göstermiştir. Bu durum, hanehalkı düzeyinde dijital yetkinliklerin biriktirilmesinin, bölgesel ekonomik çıktıyı doğrudan etkilediğini ve dijital beşerî sermayenin, bölgesel kalkınma farklılıklarını açıklamada fiziksel sermayeden daha kritik bir rol üstlendiğini işaret etmektedir.

2.2. İçsel Büyüme ve Bilgi Yayılımı

Dijitalleşmenin bölgesel bir kalkınma motoru olarak işlevi, Romer (1986, 1990) ve Lucas (1988) tarafından geliştirilen İçsel Büyüme Modelleri ile kuramsal bir zemine oturur. Romer'e göre bilgi, fiziksel sermayeden farklı olarak "rakip olmayan" (non-rival) bir yapıdadır ve yayılımı ekonomik büyümenin temel itici gücüdür. Dijital altyapı,

bilginin metropollerden çevre bölgelere akışını hızlandırarak bir "bilgi yayılımı" (knowledge spillover) kanalı oluşturur. Bu süreçte aile, bilginin emilip ekonomik değere dönüştürüldüğü en küçük birimdir. İnternet erişimi, hanehalkının işlem maliyetlerini (transaction costs) minimize ederek piyasa asimetrisini azaltmakta ve aileyi küresel bilgi stokunun bir parçası haline getirmektedir.

Ancak dijitalleşmenin makroekonomik etkilerini tartışırken, Solow'un (1987) dile getirdiği meşhur "Üretkenlik Paradoksu" göz ardı edilemez. Bu paradoks, teknolojiye yapılan büyük yatırımların (özellikle bilgisayar ve bilgi teknolojileri) yaygınlığına rağmen, bu yatırımın makroekonomik istatistiklerde, özellikle de üretkenlik artış hızında beklenen yansımayı göstermediğini ifade ederek, bilgi teknolojilerinin büyüme üzerindeki görünür etkisini sorgular. Brynjolfsson ve Hitt (2000) bu paradoksun çözülmesinin teknoloji yatırımlarının GSYH'ye etkisinin sadece donanım değil, aynı zamanda kurumsal ve örgütsel uyum (bu bağlamda hanehalkı düzeyinde beşerî sermaye) gerektirmesinden kaynaklandığını savunmuştur. Bu nedenle, bilginin yayılımı aile düzeyinde beşerî sermaye stoğu ile desteklenmediği sürece bölgesel büyümeye katkısı sınırlı kalabilir ve bölgeler arası dijital uçurum daha da derinleşebilir.

2.3. Bölgesel Kalkınma Kuramları ve Mekânsal Yayılım Süreçleri

Dijitalleşmenin bölgeler arası kalkınma farklarını azaltıp azaltmayacağı (yakınsama vs. ıraksama), Yeni Ekonomik Coğrafya literatürünün en canlı tartışma konularından biridir. Krugman (1991) tarafından önerilen "Merkez-Çevre Modeli", ölçek ekonomileri ve düşük nakliye maliyetlerinin ekonomik faaliyetleri merkezde toplama eğiliminde olduğunu savunur. Ancak dijitalleşme, fiziksel nakliye maliyetlerinden bağımsız bir "ağırlıksız ekonomi" (weightless economy) yaratarak bu dinamiği tersine çevirebilir. Myrdal'ın (1957) Kümülatif Nedensellik teorisi bağlamında, dijitalleşme; geri kalmış bölgelerde "yayılma etkilerini" güçlendirerek, coğrafi dezavantajları olan ailelerin ulusal piyasaya entegrasyonunu sağlar. Literatürde Friedman'ın (2005) "Dünya Düzdür" tezi, teknolojinin coğrafi engelleri yıktığını savunurken; Leamer (2007) gibi yazarlar coğrafyanın ve yerel kurumsal yapının hâlâ belirleyici olduğunu hatırlatır.

Ancak bu süreç, sadece ekonomik ve coğrafi değil, aynı zamanda politik ve küresel bir olgudur. Gilpin'in (1987) uluslararası politik iktisat perspektifi, küresel teknolojik değişimlerin ulusal düzeydeki ekonomik sonuçlarını incelerken güç ve yönetim ilişkilerine dikkat çeker. Dijitalleşme, bir yandan bölgeler arasında eşitlikçi bir zemin yaratma potansiyeli taşırken, diğer yandan küresel regülasyonların veya uluslararası kurumların (Dünya Ticaret Örgütü-WTO, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü-OECD) dijital ticarete yönelik politikaları aracılığıyla bölgesel eşitsizlikleri derinleştirebilir. Bu nedenle, ailenin dijitalleşme yoluyla küresel piyasalara eklenme

kapasitesi, yalnızca yerel dijital altyapının kalitesine değil, aynı zamanda uluslararası ekonomik düzene ve ulusal politikaların kalitesine olan bağımlılığa da bağlıdır.

2.4. Türkiye ve Dünya Örnekleri

Dijitalleşme ile ekonomik kalkınma arasındaki ilişkiyi değerlendirmede temel eşitsizlik unsuru olan dijital uçurumun küresel boyutta ele alınması kritik önem taşımaktadır. Öztürk (2002), bilgi ve iletişim teknolojilerine (BİT) erişimde ülkeler arasında belirgin bir eşitsizliğin varlığına dikkat çekerek, bu durumun küresel ölçekte ekonomik fırsat eşitsizliklerini derinleştirdiğini göstermiştir. Bu küresel dijital uçurum, ulusal sınırlar içinde de bölgesel düzeyde yeniden üretilmekte; Türkiye’de bölgeler arası dijital farklılıkların temel belirleyicilerinden biri hâline gelmektedir. Bu bağlamda Özcan Alp ve Baycan (2023), Türkiye’de bölgesel dijital uçurumu ölçmeye yönelik kapsamlı bir endeks geliştirerek literatürde önemli bir boşluğu doldurmuştur.

Uluslararası literatürde Leamer (2001) ile Tranos ve Nijkamp (2013), BİT altyapısının bölgesel GSYH üzerindeki pozitif etkilerini ortaya koyarken; mikro düzeyde Atasoy (2013), geniş bant internet erişiminin hanehalkı ve küçük işletmelerin verimliliğini artırarak bölgesel istihdam yaratımını desteklediğini göstermektedir. Bu bulgularla uyumlu olarak Konu (2020), AB ülkeleri için Dijital Ekonomi ve Toplum Endeksi’nin (DESI) sürdürülebilir kalkınma üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğunu tespit etmiştir. Buna karşılık Corrocher ve Ordanini (2002), dijitalleşmenin etkilerinin ülkelerin ve bölgelerin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak farklılaştığını ve dijital uçurumun olduğu alanlarda eşitsizlik riskinin sürdüğünü vurgulamaktadır. Özellikle COVID-19 pandemisi döneminde, yüksek BİT gelişim düzeyine sahip ülkelerin dijital çözümler ve uzaktan çalışma olanakları sayesinde ekonomik şoklara karşı daha dirençli oldukları gözlemlenmiştir (Kim vd., 2023).

Türkiye özelinde dijitalleşme ve ekonomik performans ilişkisini ele alan çalışmalar artmakla birlikte, bu ilişkinin bölgesel düzeyde ve İBBS-1 bazında bütüncül biçimde incelendiği ampirik çalışmalar sınırlıdır. Bu alandaki önemli katkılardan biri olan Duru ve Kuştepe (2024), dijitalleşmenin Türkiye’de bölgesel ekonomik yakınsamayı hızlandıran kritik bir faktör olduğunu ortaya koymuştur. Mevcut literatürün önemli bir bölümü ise dijital dönüşümün işgücü piyasaları üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Yeşiltaş ve Artar (2021) Endüstri 4.0 sürecinin işgücü piyasasında kutuplaşma yarattığını, Gücenmez (2023) teknolojik dönüşümün gelir dağılımı üzerindeki etkilerini, Atay Polat (2024) ise BİT kullanımının kadın istihdamı üzerindeki olumlu rolünü vurgulamaktadır.

Bu çalışmanın literatüre temel katkısı, dijitalleşme–ekonomik büyüme ilişkisini bölgesel düzeyde hanehalkı temelli dijitalleşme göstergeleri üzerinden ele almasıdır. İnternet erişimi, e-ticaret kullanımı ve eğitim düzeyi bu çalışmada yalnızca teknolojik

altyapı göstergeleri olarak değil; ailelerin dijital teknolojileri üretim, gelir elde etme ve emek arzı kararlarına entegre etme kapasitelerinin bir yansıması olarak değerlendirilmektedir. Bölgesel oranlar biçiminde ölçülen bu göstergeler, hanehalkı davranışlarının toplulaştırılmış sonuçlarını temsil etmekte; dijitalleşmenin ekonomik büyümeye etkisi aile ekonomisinin gelir çeşitlendirme, beşeri sermaye getirisi ve ekonomik dayanıklılık kanalları üzerinden analiz edilmektedir. Bu yönüyle makale, bölgesel kalkınma literatürüne aileyi pasif bir refah birimi olarak değil, dijital dönüşüm sürecinde aktif bir ekonomik aktör olarak konumlandırılan özgün bir katkı sunmaktadır.

Son olarak, dijitalleşme ile bölgesel ekonomik performans arasındaki ilişkinin potansiyel olarak iki yönlü olabileceği literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Goldfarb ve Tucker, 2019). Daha yüksek gelir düzeyine sahip bölgelerin dijital altyapıya yatırım yapma ve dijital teknolojileri benimseme kapasitelerinin de daha güçlü olması muhtemeldir. Bu nedenle dijitalleşme göstergeleri ile kişi başına düşen GSYH arasındaki ilişki, tek yönlü bir nedensellikten ziyade karşılıklı etkileşimler içeren bir yapı sergileyebilir. Bu çalışma, söz konusu ilişkiyi korelasyonel bir çerçevede ele almakta ve nedensel çıkarımlar konusunda temkinli bir yaklaşım benimsemektedir.

2.5. Araştırma Hipotezleri

Literatür taraması kapsamında ele alınan kuramsal tartışmalar ve Türkiye'nin bölgesel iktisadi dinamikleri ışığında, dijitalleşmenin hanehalkı birimi üzerinden bölgesel kalkınmaya olan etkisi üç temel hipotez çerçevesinde test edilecektir.

Birinci hipotez (H1), teknolojik yayılımın ve dijital altyapıya erişimin hanehalkı üretim süreçleri üzerindeki optimize edici etkisine odaklanmaktadır. Dijitalleşme düzeyinin hanehalkı nezdinde artmasının, işlem maliyetlerini düşürerek bölgesel katma değer artışını tetikleyen bir girdi işlevi gördüğü varsayılmaktadır. Bu doğrultuda araştırmanın ilk önermesi şudur:

H1: Bölgesel düzeyde hanehalkı internet erişim oranı ile kişi başına düşen GSYH artışı arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

İkinci hipotez (H2), dijitalleşmenin doğrudan ticari aktiviteye yansıyan bölgesel büyüme etkisini sorgulamaktadır. Dijital ticaret kanallarının, hanehalkı tüketimini ve küçük işletmelerin pazar alanını büyütürken bölgesel ekonomik çıktıyı doğrudan artıracığı öngörülmektedir.

H2: Hanehalkı e-ticaret kullanım oranlarındaki artış, bölgesel düzeyde kişi başına düşen GSYH seviyesini pozitif ve anlamlı bir şekilde etkilemektedir.

Üçüncü hipotez (H3) ise, teknolojik dönüşümün ancak yeterli beşeri sermaye eşiği aşıldığında iktisadi faydaya dönüşebileceği varsayımına dayanmaktadır. Eğitim düzeyinin, dijital araçların bölgesel büyüme üzerindeki marjinal etkisini kuvvetlendiren

bir "eşik" faktörü olduğu ve hanehalkı beşerî sermayesi arttıkça dijitalleşmenin büyümeye katkısının maksimize olacağı düşünülmektedir:

H3: Dijitalleşmenin bölgesel büyüme üzerindeki pozitif marjinal etkisi, hanehalkı beşerî sermaye (eğitim) düzeyi yükseldikçe istatistiksel olarak anlamlı biçimde güçlenmektedir (çarpan etkisi).

Yukarıda kurgulanan hipotezler, dijitalleşmenin hanehalkı düzeyindeki yayılımının bölgesel makro-performans üzerindeki etkisini çok boyutlu bir süzgeçten geçirmeyi amaçlamaktadır. Bu önermeler; hem teknolojinin doğrudan üretim artırıcı etkisini (H1) hem mekânsal eşitsizlikleri giderici potansiyelini (H2) hem de beşerî sermaye ile olan tamamlayıcı ilişkisini (H3) eş anlamlı olarak sorgulamaktadır. Takip eden bölümde, söz konusu teorik önermelerin Türkiye'nin İBBS Düzey-1 bölgeleri nezdindeki geçerliliği, panel veri ekonometrisi teknikleriyle ampirik bir sınamaya tabi tutulacaktır.

3. Veri ve Yöntem

3.1. Yöntem

Bu çalışmada dijitalleşme ile bölgesel kalkınma arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmek amacıyla panel veri yöntemi tercih edilmiştir. Panel veri analizi, hem zaman serisi (t) hem de yatay kesit (i) boyutlarını birleştirerek araştırmacıya daha fazla serbestlik derecesi ve daha az çoklu doğrusallık (multicollinearity) sunmaktadır (Baltagi, 2005).

Bölgesel kalkınma çalışmalarında panel veri yönteminin seçilmesinin iki temel gerekçesi bulunmaktadır: Birincisi, *Birim Heterojenliğin Kontrolüdür*. Türkiye'nin 12 İBBS Düzey-1 bölgesi, gözlemlenemeyen (kültürel yapı, yerel kurumsal kapasite vb.) heterojen özelliklere sahiptir. Panel veri teknikleri, bölgeye özgü bu sabit etkileri modele dahil ederek tahminlerin sapmasız olmasını sağlar. İkincisi ise, *Dinamik Değişimin İzlenmesidir*. Dijitalleşme süreci zamana yayılan bir dönüşümdür. Panel veri, teknolojik yayılımın bölgeler üzerindeki etkisini sadece mekân bazında değil, 11 yıllık periyottaki değişim bazında da yakalamaya olanak tanır.

3.2. Veri Seti ve Değişkenlerin Tanımı

Çalışmada, Türkiye'nin İBBS-1 düzeyinde 2014-2024 periyodunu kapsayan yıllık panel verileri kullanılmıştır. Veri seti, TÜİK Bölgesel İstatistikleri (2014-2024a), TÜİK Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması (2014-2024b) ve TÜİK Hanehalkı İşgücü Araştırması (2014-2024c) sonuçlarından harmonize edilmiştir.

Analizde kullanılan temel değişkenler, ölçüm birimleri ve kaynakları Tablo1’de özetlenmiştir:

Tablo 1. Modelde Kullanılan Değişkenlerin Tanımı ve Beklenen Etkileri

<i>Değişken Tipi</i>	<i>Değişken Adı (Modeldeki Sembolü)</i>	<i>Veri Tanımı ve Ölçüm Birimi</i>	<i>Beklenen Etki</i>
<i>Bağımlı Değişken</i>	<i>Kişi Başına GSYH (lnGSYH_{it})</i>	<i>İBBS-1 düzeyinde reel kişi başı gelir (Doğal Logaritması alınmıştır)</i>	-
<i>Bağımsız Değişken</i>	<i>Hanehalkı İnternet Erişim Oranı (DigAcc_{it})</i>	Evden internete erişim imkânı olan hanehalklarının oranı (%)	(+)
<i>Bağımsız Değişken</i>	<i>E-Ticaret Kullanım Oranı (E-Com_{it})</i>	İnternet üzerinden sipariş veren bireylerin oranı (%).	(+)
<i>Kontrol Değişkeni</i>	<i>Yükseköğretim Mezun Oranı (Educ_{it})</i>	25+ yaş nüfus içerisinde yükseköğretim mezunu olanların oranı (%)	(+)
<i>Kontrol Değişkeni</i>	<i>İstihdam Oranı (Emp_{it})</i>	Bölgesel düzeyde toplam istihdamın, kurumsal olmayan çalışma çağındaki nüfusa oranı (%).	(+)
<i>Dışsal Şok (Kukla)</i>	<i>Pandemi Dönemi (Dummy_{Pand})</i>	2020 ve 2021 yılları için "1", diğer yıllar için "0" değerini alan kukla değişken.	(+/-)

Tablo 1’de yer alan dijitalleşme göstergeleri (*DigAcc*, *E-Com*) bölgesel oranlardır ve bölgede yaşayan hanehalkı/bireylerin dijital teknolojileri benimseme ve kullanma davranışlarının toplulaştırılmış ölçülerini temsil etmektedir.

3.3. Ekonometrik Modelin Spesifikasyonu

Çalışmada, temel hipotezlerin sınanması ve dijitalleşmenin bölgesel ekonomik çıktı üzerindeki elastikiyetinin ölçülmesi amacıyla, panel veri literatüründe sıklıkla kullanılan logaritmik-doğrusal (log-lin) fonksiyonel form tercih edilmiştir. Model spesifikasyonu, İçsel Büyüme Modelleri çerçevesinden hareketle, dijitalleşmenin itici gücünü (*DigAcc_{it}* ve *E-Com_{it}*) kapsamaktadır. Bu bağlamda, modelin açıklayıcı gücünü maksimize etmek ve GSYH üzerindeki potansiyel dışsal sapmaları en aza indirmek için, beşerî sermayeyi temsil eden Yükseköğretim Oranı (*Educ_{it}*), temel makroekonomik girdi olan İstihdam Oranı (*Emp_{it}*) ve dışsal şok olan Pandemi Kuklası (*Dummy_{Pand}*) gibi anahtar kontrol değişkenleri modele dahil edilmiştir. Model şu şekildedir:

$$\ln GSYH_{it} = \alpha + \beta_1 DigAcc_{it} + \beta_2 E-Com_{it} + \beta_3 Educ_{it} + \beta_4 Emp_{it} + \beta_5 Dummy_{Pand} + u_{it} \quad (1)$$

Burada β_1 ve β_2 , hanehalkı dijitalleşme düzeyindeki bir birimlik artışın bölgesel gelir üzerindeki yüzde değişim etkisini ifade etmektedir. Bu noktada vurgulanmalıdır ki, modelde kullanılan dijitalleşme göstergeleri bölgesel oranlar olup, tekil hanehalklarının mikro düzeydeki kararlarını değil, hanehalkı davranışlarındaki yaygınlaşmanın bölgesel ekonomik çıktılara yansıyan ortalama etkisini temsil etmektedir. Dolayısıyla tahmin edilen katsayılar, mikro düzeyde nedensel etkilerden ziyade, bölgesel ortalama etkiler (regional average effects) olarak yorumlanmalıdır. u_{it} ise birime özgü sabit etkileri (μ_i), zaman etkilerini (λ_t) ve hata terimini (ε_{it}) içeren bir bileşen yapısındadır:

$$u_{it} = \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Bu spesifikasyon, modelin bağımsız değişkenler üzerindeki potansiyel dışsal etkilerini ve yanlılıklarını kontrol altına almasını sağlamaktadır. Beşerî Sermaye ($Educ_{it}$) ve İstihdam Oranı (Emp_{it}) gibi temel makroekonomik değişkenlerin yanı sıra, Pandemi Kuklasının ($Dummy_{Pand}$) da modele dahil edilmesiyle, dijitalleşme ve beşerî sermaye değişkenlerinin GSYH üzerindeki saf etkisi, diğer temel ekonomik faktörlerden izole edilerek sapmasız bir şekilde ölçülmüş ve modelin güvenilirliği maksimize edilmiştir.

Etkileşim Modeli: Hipotez H3'ün sınanması amacıyla, temel modele, dijitalleşme değişkenleri ile beşerî sermaye değişkeninin Etkileşim Terimleri ($DigAcc_{it} \times Educ_{it}$) ve ($E-Com_{it} \times Educ_{it}$) dahil edilmiştir. Bu terimler, dijitalleşmenin bölgesel gelire olan marjinal etkisinin, beşerî sermaye stoğunun düzeyine bağlı olarak değişip değişmediğini ölçerek çarpan etkisini ampirik olarak test etmeyi sağlamaktadır. Etkileşimli Model (H3 Testi) aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\ln GSYH_{it} = \alpha + \beta_1 DigAcc_{it} + \beta_2 E-Com_{it} + \beta_3 Educ_{it} + \beta_4 (DigAcc_{it} \times Educ_{it}) + \beta_5 (E-Com_{it} \times Educ_{it}) + \beta_6 Emp_{it} + \beta_7 Dummy_{Pand} + u_{it}$$

Analizin temel amacı, dijitalleşme göstergeleri ile bölgesel ekonomik çıktı arasındaki ilişkiyi tanımlamak olduğundan, çalışmada gecikmeli bağımlı değişkenler veya araç değişken (IV) temelli nedensel modeller tercih edilmemiştir. Bölgesel düzeyde güvenilir ve güçlü dışsal araç değişkenlerin sınırlı olması ve mevcut veri yapısının bu tür yöntemler için uygun olmaması, daha karmaşık nedensel modellerin bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, elde edilen bulgular, dijitalleşmenin ekonomik performansla olan ilişkisine dair güçlü ve tutarlı ampirik kanıtlar sunmaktadır.

Dinamik panel veri literatüründe yaygın olarak kullanılan Arellano–Bond veya System-GMM gibi yöntemler, özellikle bağımlı değişkenin güçlü bir dinamik yapıya sahip olduğu ve kısa zaman boyutuna (küçük T, büyük N) sahip paneller için tasarlanmıştır. Bu çalışmada ise analiz, dijitalleşme göstergeleri ile bölgesel ekonomik çıktı arasındaki yapısal ilişkiye odaklanmakta; gecikmeli bağımlı değişkenlerin modele dahil edilmesi temel araştırma sorusunun önüne geçebilecek ek karmaşıklıklar yaratmaktadır. Ayrıca, kullanılan panel yapısında zaman boyutunun görece uzun olması ve modelin temel amacının dinamik ayarlama süreçlerinden ziyade uzun dönemli ilişkiyi

incelemek olması nedeniyle, sabit etkiler yaklaşımı çalışmanın bağlamına daha uygun görülmüştür.

3.4. Tanısal Testler ve Tahmin Stratejisi

Modelin tahmin aşamasına geçilmeden önce, panel verinin doğasından kaynaklanan sapmaları önlemek ve dirençli (robust) sonuçlar elde etmek amacıyla bir dizi tanısal test uygulandı. Bu testler, panel veri ekonometrisinin gerektirdiği varsayımların geçerliliğini denetleyerek analiz sürecinin içsel tutarlılığını pekiştirmekte ve sahte regresyon (spurious regression) riskini bertaraf etmektedir.

Durağanlık analizi için, sahte regresyon riskini bertaraf etmek amacıyla, birim kök analizinde yatay kesit birimlerinin heterojen birim kök süreçlerine sahip olmasına izin veren Im vd. (2003) testi tercih edilmiştir. Yatay kesit bağımlılığı tespit edilmiş olmakla birlikte, benzer bölgesel panelleri kullanan mevcut çalışmalarla karşılaştırılabilirliği sağlamak amacıyla IPS test sonuçları raporlanmıştır; bununla birlikte Driscoll-Kraay standart hatalarının kullanımı, söz konusu bağımlılıktan kaynaklanabilecek olası yanlışlıkları önemli ölçüde azaltmaktadır.

Türkiye ekonomisindeki bölgeler, ticaret ve işgücü mobilitesi nedeniyle yüksek derecede mekânsal etkileşim içerisindedir. Bölgeler arasındaki bu olası etkileşimin, yatay kesit bağımlılığının (cross-sectional dependence) varlığı, Pesaran (2004) CD Testi ile sınanmıştır. Testin sonucu, kullanılacak tahmincinin standart hatalarının nasıl düzeltileceğini belirlemek açısından kritiktir. Ayrıca modelde değişen varyans (heteroscedasticity) varlığı için Modified Wald Testi ve otokorelasyon varlığı için Wooldridge (2002) testi uygulanmıştır.

Modelin "Sabit Etkiler" (Fixed Effects) mi yoksa "Tesadüfi Etkiler" (Random Effects) yöntemiyle mi tahmin edileceği, panel veri ekonometrisinin en temel ayrımıdır. Bu çalışmada bölgeye özgü gözlemlenemeyen heterojenliklerin (kültürel sermaye, yerel yönetim kalitesi vb.) bağımsız değişkenlerle ilişkili olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım, Hausman (1978) testi ile sınanmıştır. H₀ hipotezinin reddedilmesi durumunda Sabit Etkiler modeli, aksi durumda Tesadüfi Etkiler modeli kullanılmıştır.

Tanısal testler sonucunda modelde yatay kesit bağımlılığı, değişen varyans veya otokorelasyon sorunlarından biri veya birkaçının tespit edilmesi durumunda, standart OLS (EKK) tahminlerinin sapmalı sonuçlar vermesi beklenir. Bu problemleri eş anlı olarak çözen ve katsayıları bu hatalardan arındıran Driscoll-Kraay (1998) Standart Hataları tahminci olarak kullanılmıştır. Bu yöntem, zaman serisi boyutu (T) yatay kesit boyutuna (N) yakın olan panellerde en dirençli sonuçları veren teknik olarak literatürde kabul görmektedir.

4. Ampirik Sonuçlar

Bu bölümde, dijitalleşmenin hanehalkı birimi üzerinden bölgesel kalkınma üzerindeki etkisini test etmek amacıyla kurulan modelin ampirik sonuçları sunulmaktadır. Analiz süreci; verilerin betimsel analizi, tanısal testler ve nihai katsayı tahminleri olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, öncelikle değişkenlere ilişkin betimsel istatistikler sunulmakta, ardından model seçimine temel oluşturan tanısal test sonuçları değerlendirilmektedir; son olarak temel regresyon bulguları, tartışma ve sağlamlık kontrolleri çerçevesinde analiz edilmektedir.

4.1. Bulgular

Betimsel İstatistikler: Analiz kapsamında kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2’de özetlenmiştir. 2014-2024 dönemini kapsayan 132 gözlem üzerinden yapılan hesaplamalar, bölgeler arasında dijitalleşme ve gelir düzeyinde belirgin bir heterojenlik olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlem (N)	Ortalama	Standart Sapma	Min	Max
lnGSYH	132	10,55	0,28	9,98	11,20
DigAcc	132	78,40	8,5	60,50	95,80
E-Com	132	45,10	11,20	25,00	68,50
Educ	132	22,80	6,10	12,50	36,40
Emp	132	47,20	5,5	40,10	58,00
Dummy	132	0,18	0,38	0,00	1,00

Tanısal Testler ve Model Seçimi: Tahminlerin sapmasız (unbiased) olabilmesi için uygulanan tanısal test sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur. Bu testler, H3 hipotezinin sınanması amacıyla Etkileşim Terimlerini ($DigAcc_{it} \times Educ_{it}$) ve ($E-Com_{it} \times Educ_{it}$) içeren tam modelin geçerliliğini ve dirençli tahminci kullanımının gerekliliğini teyit etmektedir.

Tablo 3. Tanısal Test Özet Sonuçları

Uygulanan Test	İstatistik Değeri	P-Değeri	Karar
Hausman Testi	28,14	0,000	Sabit etkiler uygundur
Pesaran CD Testi	14,35	0,000	Yatay kesit bağımlılığı var
Wooldridge Testi	6,22	0,014	Otokorelasyon mevcut
Mod. Wald Testi	142,50	0,000	Değişen varyans mevcut

Tablo 3'te raporlanan tanısal test sonuçları, modelin Sabit Etkiler yaklaşımı altında tahmin edilmesinin uygun olduğunu göstermektedir. Pesaran (2004) CD testi, bölgeler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığına işaret ederken; Wooldridge testi otokorelasyon, Modified Wald testi ise değişen varyans problemini ortaya koymaktadır. Bu bulgular doğrultusunda, katsayı tahminleri Driscoll-Kraay (1998) dirençli standart hataları kullanılarak elde edilmiştir.

Ampirik Analiz Sonuçları ve Yorumlar: Sabit Etkiler Modeli ile elde edilen panel veri regresyon sonuçları Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Sabit Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları

Bağımsız Değişkenler	Katsayı (β)	Standart Hata	t-İstatistiği	P-Değeri
DigAcc (İnternet Erişimi)	0,050***	0,012	4,16	0,000
E-Com (E-Ticaret)	0,200**	0,090	2,22	0,028
Educ (Beşerî Sermaye)	0,080	0,060	1,33	0,185
DigAcc x Educ (Etkileşim)	0,004**	0,0018	2,22	0,028
E-Com x Educ (Etkileşim)	-0,001	0,005	-0,20	0,841
Emp (İstihdam Oranı)	0,140***	0,040	3,50	0,001
Dummy (Pandemi)	-0,045	0,035	-1,28	0,203
Sabit Terim	9,500***	0,300	31,67	0,000
R ² (Within)	0,85			
R ² (Overall)	0,77			
F-İstatistiği	32,50***			

Notlar: ***p<0,01, **p<0,05, *p<0,1. Tahminlerde Driscoll-Kraay standart hataları kullanılmıştır.

Model, yüksek açıklayıcı güce sahiptir; R² (Within) değeri 0.85 olup, bölgeler içindeki değişimin büyük bir kısmının modeldeki değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir. F-İstatistiği'nin istatistiksel olarak yüksek anlamlılığı (32,50) ise modelin genel anlamlılığını doğrulamaktadır.

4.2 Tartışma

Dijitalleşme Göstergelerinin Etkisi: Ana hipotezlerimiz H1 ve H2 ile uyumlu olarak, dijitalleşmenin hem erişim hem kullanım boyutlarının bölgesel ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

İnternet Erişim Oranı (*DigAcc_{it}*): Düz etkisi 0,050 katsayısı ve %1 anlamlılık düzeyinde (p=0,000) pozitif çıkmıştır. Bu, diğer faktörler sabitken, hanehalkı internet erişim oranındaki bir birimlik artışın bölgenin kişi başına düşen GSYH'sini yaklaşık %0,05 oranında artırdığını göstermektedir. Bu bulgu, geniş bant erişiminin bölgesel

kalkınma için bir altyapı ön koşulu olduğunu kanıtlayarak H1 Hipotezini doğrulamaktadır.

E-Ticaret Kullanım Oranı ($E-Com_{it}$): Düz etkisi 0,200 katsayısı ve %5 anlamlılık düzeyinde ($p=0,028$) pozitif ve anlamlıdır. Bu sonuç, e-ticaret kullanımındaki bir birimlik artışın, GSYH'yi yaklaşık %0,20 oranında artırdığını göstererek H2 Hipotezini doğrudan doğrulamaktadır. Bu etki, e-ticaretin hanehalkı tüketimini ve küçük işletmelerin pazar alanını genişleterek bölgesel ekonomiye somut bir ticari faaliyet olarak yansıdığını teyit etmektedir.

H3 hipotezi, dijitalleşmenin bölgesel büyüme üzerindeki marjinal etkisinin, beşerî sermaye düzeyi ile güçlendiği varsayımına dayanmaktadır. Analizde en kritik bulgu, İnternet Erişim Oranı ile Yükseköğretim Oranının kesişimini temsil eden Etkileşim Teriminin ($DigAcc \times Educ$) pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı çıkmasıdır ($\beta_4 = 0,004$, $p=0,028$). Bu bulgu, H3 hipotezini ekonometrik olarak doğrulamaktadır: Dijital erişimin bölgesel GSYH üzerindeki marjinal etkisi, eğitilmiş nüfus oranı arttıkça katlanarak artmaktadır. Bu durum, tek başına yükseköğretim oranının düz etkisinin anlamlılığını kaybetmesiyle ($\beta_3 = 0,080$, $p=0,185$) de desteklenmektedir; bu da eğitimin etkisinin tek başına değil, ancak dijitalleşme ile etkileşime girdiğinde ekonomik çıktı üzerinde çarpan rolü üstlendiğini gösterir. Bu bulgu, Solow'un üretkenlik paradoksunun çözümünü (Brynjolfsson ve Hitt, 2000) desteklemekte ve teknolojik bilginin ekonomik faydaya dönüşmesinin beşerî sermayeye bağlı olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, ($E-Com \times Educ$) etkileşim terimi anlamlı bulunmamıştır ($p=0,841$). Bu durum, e-ticaretin ekonomik etkilerinin yalnızca bireysel eğitim düzeyiyle değil; lojistik altyapı, firma ölçeği, kurumsal kapasite ve bölgesel pazar entegrasyonu gibi ek tamamlayıcı faktörlere daha güçlü biçimde bağlı olduğunu düşündürmektedir. Dolayısıyla bu sonuç, e-ticaretin ekonomik büyümeye katkısının daha karmaşık ve çok boyutlu bir mekanizma üzerinden işlediğine işaret etmektedir. Bu çerçevede, dijitalleşme politikalarının yalnızca erişimi artırmaya değil, e-ticaretin etkin biçimde çalışabilmesi için gerekli kurumsal ve lojistik tamamlayıcı unsurları da içerecek şekilde tasarlanması önem taşımaktadır.

Kontrol Değişkenlerinin Etkisi: Modelin sağlamlığını ve katsayıların sapmasız (unbiased) olduğunu garantilemek için kullanılan kontrol değişkenleri, beklenen teorik yönde bir etki göstermiştir.

İstihdam Oranı (Emp_{it}): Katsayısı 0,140 ile %1 anlamlılık düzeyinde pozitif ve anlamlıdır. İstihdamın artması, bölgesel geliri doğrudan pozitif etkilemektedir. Bu değişkenin modele dahil edilmesi, dijitalleşme katsayılarının işgücü piyasası etkilerinden arındırıldığını teyit etmektedir.

Pandemi Kuklası ($Dummy_{Pand}$): Katsayısı -0,045 olarak negatif yönde çıkmış, ancak istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,203$). Bu durum, COVID-19

şokunun bölgesel GSYH üzerindeki kısa vadeli negatif etkisinin var olduğunu (küçülme yönünde), ancak incelenen periyot boyunca istatistiksel olarak güçlü bir etki yaratmadığını göstermektedir.

4.3. Bulguların Güvenilirliği ve Sağlık Kontroleri (Robustness Checks)

Elde edilen temel bulguların sağlamlığını (robustness) ve modelin geçerliliğini test etmek amacıyla üç farklı ekonometrik analiz gerçekleştirilmiştir. Tüm sağlamlık kontrolü modelleri, ana model spesifikasyonu tutarlılığı korumak adına, H3 hipotezini test eden Etkileşim Terimlerini ($DigAcc_{it} \times Educ_{it}$) ve ($E-Com_{it} \times Educ_{it}$) ve temel kontrol değişkenlerini ($Educ_{it}$ ve Emp_{it}) içerecek şekilde kurgulanmıştır. Bu testler, dijitalleşme katsayılarının farklı spesifikasyonlara veya alternatif bir ekonomik çıktıya karşı ne denli tutarlı olduğunu incelemektedir (Tablo 5).

Bulguların Güvenilirliği ve Sağlık Kontroleri (Robustness Checks): Gecikmeli Bağımlı Değişken Modeli (Sütun 1): Bağımlı değişkenin bir dönem gecikmeli değerinin ($\ln GSYH_{i,t-1}$) modele dahil edilmesiyle, dinamik panel etkisi kontrol altına alınmıştır. Bu modelde de Emp_{it} kontrol değişkeni olarak yer almaktadır.

Alternatif Çıktı Modeli (Sütun 2): Bölgesel GSYH yerine, makroekonomik çıktı olarak İstihdam Oranı (Emp_{it}) bağımlı değişken olarak kullanılmıştır ($\ln Emp_{it}$). Bu analiz, dijitalleşmenin GSYH dışındaki bir temel çıktıyı da pozitif etkilediğini göstererek ana bulgumuzun güvenilirliğini güçlendirmektedir. Bu modelde bağımlı değişken Emp_{it} olduğu için modelin sağ tarafında kontrol değişkeni olarak yer almaz.

Bölgesel Sabit Etki Modeli (Sütun 3): Modeldeki olası heterojenliği ve birimler arasındaki yapısal farklılıkları daha katı bir şekilde kontrol etmek amacıyla, zaman ve birim sabit etkilerinin yanı sıra, bölgesel düzeyde kümelenmiş (cluster) standart hataları da eklenmiştir. Bu modelde Emp_{it} yine bir kontrol değişkeni olarak dahil edilmiştir.

Tablo 5. Bulguların Güvenilirliği ve Sağlık Kontrolü (Robustness Checks) Sonuçları

Bağımsız Değişkenler	(1) Gecikmeli Model ($\ln GSYH$)	(2) Alternatif Çıktı Model (Emp)	(3) Bölgesel Kontrollü ($\ln GSYH$)
Gecikmeli Bağımlı Değişken ($\ln GSYH_{i,t-1}$)	0,320***	-	-
İnternet Erişim Oranı ($DigAcc$)	0,055***	0,154***	0,380**
E-Ticaret Kullanım Oranı ($E-Com$)	0,195**	0,112**	0,210*
Yükseköğretim Oranı ($Educ$)	0,070	0,050	0,075
$DigAcc \times Educ$	0,004**	0,002*	0,005**

<i>E-Com x Educ</i>	-0.001	0,0005	-0,001
İstihdam Oranı (Emp_{it})	0,135***	-	0,145***
Pandemi Kuklası ($Dummy_{Pand}$)	-0,040	-0,025	-0,045
Sabit Terim	6,350***	25,15***	9,400***
Gözlem Sayısı (N)	120	132	132
R ² (Within)	0,87	0,71	0,86
F-İstatistiği	45,00***	30,00***	40,00***
Bağımlı Değişken	$\ln GSYH_{it}$	Emp_{it}	$\ln GSYH_{it}$

Notlar: 1- *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

2- Tahminlerde Driscoll-Kraay standart hataları kullanılmıştır.

3- Model (1) Gecikmeli Model: Dinamik panel etkisini kontrol etmek için bağımlı değişkenin bir dönem gecikmeli değeri eklenmiştir. Bu modelde İstihdam Oranı (Emp_{it}) kontrol değişkeni olarak dahil edilmiştir. N değeri gecikmeden dolayı azalmıştır.

Model (2) Alternatif Çıktı Modeli: Dijitalleşmenin GSYH dışındaki bir makroekonomik çıktı üzerindeki etkisini incelemek için İstihdam Oranı (Emp_{it}) bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Bu nedenle Emp_{it} modelin sağ tarafında (bağımsız değişkenler arasında) yer almaz.

Model (3) Bölgesel Kontrollü Model: Ana modeldeki sabit etkilere ek olarak bölgesel düzeyde kümelenmiş (clustered) standart hatalar eklenmiştir. Bu modelde de Emp_{it} temel kontrol değişkeni olarak korunmuştur.

5. Bulguların Tartışılması

Sabit Etkiler Modeli ile elde edilen ve Etkileşim Terimlerini içeren nihai analiz sonuçları (Tablo 4), dijitalleşmenin bölgesel ekonomik çıktı üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Modelin yüksek açıklayıcı gücü ($R^2 = 0,85$), bulguların bölgesel değişimi güçlü bir şekilde yakaladığını göstermektedir. Analiz, dijitalleşmenin ekonomik etkisinin sadece bir altyapı yatırımı olmaktan öte, bölgesel kalkınma için beşerî sermaye ile etkileşime giren dinamik bir süreç olduğunu göstermektedir. Dijitalleşmenin her iki bileşeni de bölgesel GSYH seviyesini pozitif ve anlamlı bir şekilde etkilemektedir. Hanehalkı İnternet Erişim Oranındaki artışın ($\beta = 0,050$) anlamlı bir pozitif etki yaratması, dijital altyapının ekonomik faaliyetlerin gerçekleşmesi için bir ön koşul olduğunu teyit ederek H1 hipotezini desteklemektedir. Daha güçlü bir pozitif etki ise E-ticaret kullanım oranından gelmektedir ($\beta = 0,200$). Bu bulgu, dijitalleşmenin sadece bilgiye erişimi kolaylaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda hanehalkı tüketimini artırarak ve küçük işletmelerin pazar alanını genişleterek somut ticari değere dönüştüğünü kanıtlamaktadır. Bu sonuç, e-ticaretin coğrafi kısıtları minimize ederek bölgesel gelir artışına hizmet ettiğini göstererek H2 hipotezini doğrulamaktadır. Kontrol değişkenleri de beklenen yönde güçlüdür; İstihdam Oranı ($\beta = 0,140$) GSYH'yi pozitif etkilemektedir.

Analizin en kritik bulgusu, dijitalleşme ve beşerî sermaye arasındaki sinerjik etkidir (H3). İnternet Erişim Oranı ile Yükseköğretim Oranının kesişimini temsil eden

Etkileşim Teriminin (*DigAcc x Educ*) pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması ($\beta = 0,004$), H3 hipotezini olarak doğrulamaktadır. Bu, dijital erişime yapılan yatırımın ekonomik getirisinin, teknolojiyi kullanabilen, analiz edebilen ve adapte olabilen eğitimli bir nüfus tarafından katlandığını göstermektedir. Beşerî sermayenin GSYH üzerindeki etkisi, tek başına zayıf kalırken, dijitalleşme ile bütünleştiğinde bir çarpan rolü üstlenmektedir. Bu sonuç, teknolojik ilerlemenin ekonomik faydasının beşerî sermayeye bağlı olduğunu öne süren İçsel Büyüme Teorisi'ni kuvvetli bir şekilde desteklemektedir.

Son olarak, bulguların güvenilirliği sağlamlık kontrolleri (Tablo 5) ile teyit edilmiştir. Gecikmeli değişkenlerin kontrol edildiği dinamik modellerde dahi, temel dijitalleşme etkileri ve H3 çarpan etkisi tutarlı bir şekilde güçlü kalmıştır; bu da etkinin kalıcı bir büyüme dinamiği olduğunu gösterir. Dahası, dijitalleşmenin sadece GSYH'yi değil, aynı zamanda bölgesel istihdam oranlarını da pozitif etkilediği görülmüştür. Tüm bu sonuçlar, bölgesel politikaların dijital erişimi temel bir yatırım olarak ele alırken, bu yatırımın getirisini maksimize etmek için aynı anda nitelikli beşerî sermayeye odaklanması gerektiğini işaret etmektedir.

6. Sonuç ve Politika Önerileri

Bu çalışma, Türkiye'nin bölgesel düzeyde dijitalleşme ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi, beşerî sermayenin olası çarpan rolünü dikkate alarak analiz etmeyi amaçlamıştır. Sabit Etkiler Modeli ve Driscoll-Kraay tahmincisi kullanılarak elde edilen bulgular, bölgesel kalkınma politikalarının dijitalleşme süreciyle ilişkili dinamiklerini değerlendirmek açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır.

Analiz sonuçları, hipotezlerin önemli bir kısmıyla tutarlı ampirik bulgular ortaya koymuştur. Hanehalkı İnternet Erişim Oranının (*DigAcc*) bölgesel GSYH ile pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki sergilediği tespit edilmiştir. Bu sonuç, dijital altyapının bölgesel ekonomik performansla ilişkili olabileceğine işaret etmektedir. Benzer şekilde e-ticaret kullanım oranının (*E-Com*) bölgesel GSYH ile pozitif ve anlamlı bir ilişki gösterdiği bulgulanmıştır. Bu durum dijitalleşmenin sadece erişim düzeyiyle sınırlı kalmayıp ekonomik faaliyet kanalları üzerinden de bölgesel ekonomik çıktılarla bağlantılı olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmanın teorik açıdan en dikkat çekici bulgularından biri, beşerî sermayenin (Yükseköğretim Oranı) dijitalleşme ile ekonomik performans arasındaki ilişkiyi güçlendirebileceğine işaret eden etkileşim teriminin pozitif ve anlamlı bulunmasıdır. Bu sonuç, teknoloji ve eğitimin birlikte ele alındığında ekonomik çıktı üzerindeki etkinin artabileceğini göstermektedir. Ayrıca bulgular, İçsel Büyüme Teorisi ile tutarlı bir çerçeveye sunmakta; ekonomik performansın yalnızca fiziksel sermaye birikimiyle değil,

aynı zamanda teknolojik adaptasyon kapasitesine sahip nitelikli beşerî sermaye düzeyiyle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, elde edilen sonuçların ilişki nitelikte olduğu ve nedensellik yorumlarında temkinli olunması gerektiği vurgulanmalıdır.

Elde edilen bulgular, bölgesel kalkınma politikalarının dijital ve beşerî sermaye bileşenlerini birlikte ele alan bütüncül yaklaşımlardan fayda sağlayabileceğini göstermektedir. H1 ve H2 bulguları, dijital altyapı yatırımlarının bölgesel ekonomik performansla pozitif ilişkili olduğunu göstermektedir; bu nedenle politika tasarımında bu alanın dikkate alınması faydalı olabilir. Dijital altyapı yatırımları ve e-ticaretin yaygınlaştırılması ile beşerî sermaye gelişiminin eş zamanlı olarak kurgulandığı politika çerçevelerinin, bölgesel ekonomik performansla daha güçlü ilişki sergileyebileceği değerlendirilebilir. Bu bağlamda, yükseköğretim mezunlarının dijital okuryazarlık, veri analizi ve teknolojik adaptasyon yetkinliklerini geliştirmeye yönelik mikro-sertifika programları ve eğitim girişimleri bölgesel politika tasarımında tamamlayıcı araçlar olarak ele alınabilir.

Sonuç olarak, bölgesel eşitsizliklerin azaltılmasına yönelik politika çerçevelerinde dijital erişim ve eğitim yatırımlarının eş zamanlı ve senkronize biçimde değerlendirilmesi önem arz edebilir, zira bulgular, dijitalleşmenin ekonomik etkilerinin nitelikli işgücü düzeyiyle birlikte daha güçlü ortaya çıkabileceğini düşündürmektedir.

Gelecekteki araştırmalar, çalışmanın bulgularını farklı tahmin yöntemleriyle (örneğin Dinamik Panel Genelleştirilmiş Momentler Metodu) test ederek sonuçların sağlamlığını değerlendirebilir. Ayrıca, dijitalleşme etkilerinin bölgesel ekonomik yapı, sanayileşme düzeyi veya sektörel kompozisyona göre farklılaşıp farklılaşmadığını inceleyen heterojenlik analizleri ile eşik modelleri, politika tasarımının daha hedefli biçimde geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Bununla birlikte gelecek çalışmalarda, dijitalleşme göstergelerinin gecikmeli değerlerini içeren dinamik panel modelleri veya bölgesel dijital altyapı yatırımlarını dışsal şoklar olarak ele alan araç değişken yaklaşımları kullanılarak, dijitalleşme-büyüme ilişkisine dair daha güçlü nedensel çıkarımlar yapılması mümkün olacaktır. Bu genişletmeler, bölgesel kalkınma politikalarının daha hassas ve özelleştirilmiş şekilde tasarlanmasına olanak tanıyacaktır.

Kaynakça

- Atasoy, H. (2013). The Effects of Broadband Internet Expansion on Labor Market Outcomes (April 1, 2013). *Industrial and Labor Relations Review*, 66(2), 315-345.
- Atay Polat, M. (2024). Türkiye’de Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Kadınların İşgücü Piyasasına Katılımına Etkisi: ARDL Analizinden Kanıtlar. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 423-437. doi: 10.11616/asbi.1398486
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Becker, G. S. (1965). A Theory of the Allocation of Time. *The Economic Journal*, 75(299), 493–517. <https://doi.org/10.2307/2228949>
- Brynjolfsson, E., & Hitt, L. M. (2000). Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 23-48. <https://doi.org/10.1257/jep.14.4.23>
- Corrocher, N., & Ordanini, A. (2002). Measuring the Digital Divide: A Framework for the Analysis of Cross-Country Differences. *Journal of Information Technology*, 17(1), 9-19. <https://doi.org/10.1080/02683960210132061>
- Driscoll, J. C., & Kraay, A. C. (1998). Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data. *The Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549–560. <https://doi.org/10.1162/003465398557825>
- Duru, B., & Kuştepelı, Y. R. (2024). Dijitalizasyonun Türkiye’de Bölgesel Ekonomik Yakınsama Üzerindeki Etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 25(2), 74-86. <https://doi.org/10.24889/ifede.1391785>
- Friedman, T. L. (2005). *The World is Flat: A Brief History of the Twenty-first Century*. Farrar, Straus and Giroux.
- Gilpin, R. (1987). *The Political Economy of International Relations*. Princeton University Press.
- Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital Economics. *Journal of Economic Literature*, 57(1), 3-43. <https://doi.org/10.1257/jel.20171452>
- Gücenmez, T. (2023). Türkiye’de Dijital Dönüşümün İş Gücü Piyasalarına Etkisi ve Gelir Dağılımı İlişkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20 (3), 995-1005. <https://doi.org/10.33437/ksusbd.1361092>
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2010). *The High Cost of Low Educational Performance: The Long-Run Economic Impact of Improving PISA Outcomes*. OECD Economic Working Papers, No. 719.
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251–1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7)

- Kim, Chansoo; Cha, Youngjun; Cho, Huneoul; Lee, Kyu-Hwan; Wee, HyeSeung; Kim, Sujung. (2023). *The Role of ICT During the COVID-19 Pandemic: Policy Note*. Republic of Korea – World Bank Group Partnership On COVID-19 Preparedness and Response. World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/40679>
- Konu, A. (2020). Sürdürülebilir kalkınma ve dijital ekonomi ilişkisi: AB ülkeleri için bir araştırma. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 15(2), 655–678. <https://doi.org/10.17550/akademikincelemeler.738292>
- Krugman, P. (1991). Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, 99(3), 483–499.
- Leamer, E. E. (2007). A Flat World, a Level Playing Field, a Small World After All, or None of the Above? A Review of Thomas L. Friedman's *The World is Flat*. *Journal of Economic Literature*, 45(1), 83–126.
- Lucas, R. E. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42.
- Mincer, J. (1974). *Schooling, Experience, and Earnings*. National Bureau of Economic Research.
- Myrdal, G. (1957). *Economic Theory and Under-developed Regions*. London: Gerald Duckworth.
- Özcan Alp, G., & Baycan, T. (2023). Assessment of regional digital divide in Türkiye. *Quaestiones Geographicae*, 42(4), 43–61. <https://doi.org/10.14746/quageo-2023-0042>
- Öztürk, L. (2002). Dijital Uçurumun Küresel Boyutları. *Ege Academic Review*, 2(1), 1–10.
- Pesaran, M. H. (2004). *General Diagnostic Tests for Cross-Sectional Dependence in Panels*. Cambridge Working Papers in Economics, No. 0435. <https://doi.org/10.17863/CAM.5113>
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- Schultz, T. W. (1961). Investment in Human Capital. *The American Economic Review*, 51(1), 1–17.
- Solow, R. M. (1987). We'd Better Watch Out. *New York Times Book Review*, 12, 36.
- Tranos, E. (2013). *The Geography of the Internet: Cities, Regions and Internet Infrastructure in Europe*. Edward Elgar Publishing, Inc.
- Tranos, E. Reggiani, A. and Nijkamp, P. (2013). *Accessibility of Cities in the Digital Economy* (October 10, 2013). Discussion Paper Tinbergen Institute 2013-160/VIII. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2338465>
- Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], (2014-2024a). TÜİK Bölgesel İstatistikleri, <https://tuik.gov.tr>

- Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], (2014-2024b). Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması, <https://tuik.gov.tr>
- Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], (2014-2024c). TÜİK Hanehalkı İşgücü Araştırması, <https://tuik.gov.tr>
- Van Reenen, J., Bloom, N., Draca, M., Kretschmer, T., Sadun, R., Overman, H., M. Schankerman (2010), The Economic Impact of ICT. Final Report, London: Centre for Economic Performance, London School of Economics.
- Wooldridge, J. M. (2002). Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. MIT Press.
- Yeşiltaş, C., & Artar, O. (2021). Ekonomideki Dijital Dönüşüm ve İstihdam Üzerindeki Etkisi. Working Paper Series, 2(1), 43-52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4592985>

BEYANLAR:

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı: Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları: Makale tek yazarlıdır.

Çıkar Beyanı: Yazarlar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma Desteği ve Teşekkür: Bu araştırma herhangi bir kurum tarafından desteklenmemiştir.

Etik Kurul Onayı Bilgileri: Makalede açıklanan çalışmada insan denekleri kullanılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.
