

DİJİTALLEŞME İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN MODELLENMESİ VE TAHMİN EDİLMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

MODELİNG AND FORECASTİNG THE RELATIONSHIP BETWEEN DİGİTALİZATİON AND
ECONOMİC GROWTH: THE CASE OF TÜRKİYE

Mulla Veli ABLAY*

Öz

Dijitalleşme, günümüz ekonomilerinde verimlilik artışı, yenilik kapasitesi ve rekabet gücü gibi dinamikler aracılığıyla ekonomik büyümenin itici gücü haline gelmiştir. Çalışmada, dijitalleşmenin Türkiye'nin ekonomik büyümesi üzerindeki etkileri klasik çoklu regresyon ve Bayesyen çoklu regresyon yöntemleri ile analiz edilmiştir. 2001-2022 dönemine ait Türkiye verileri kullanılarak, dijitalleşmenin belirleyici faktörleri olan, elektriğe erişim, araştırma ve geliştirme harcamaları, sabit geniş bant abonelikleri, internet kullanan bireyler ve bilgi ve iletişim teknolojileri mal ihracatı, ekonomik gelişmenin göstergesi olan gayrisafi yurt içi hasıla üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bayesyen regresyon analizinde WinBUGS, klasik analizde ise SPSS programları kullanılmıştır. Çalışmada, dijitalleşme değişkenlerinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve anlamlı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Bayesyen yaklaşım, klasik regresyonda gözlemlenen çoklu doğrusal bağlantı sorununu azaltarak daha güvenilir ve tutarlı sonuçlar sunmuştur. Çalışmanın bulguları, dijitalleşmenin Türkiye ekonomisinin büyümesinde kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelime: Dijitalleşme, Ekonomik Büyüme, Klasik Yöntem, Bayesyen Yöntem.

Abstract

Digitalization has become a driving force of economic growth in today's economies through dynamics such as increased productivity, innovation capacity, and competitiveness. In this study, the effects of digitalization on Turkey's economic growth are analyzed using classical multiple regression and Bayesian multiple regression methods. Using data from Turkey for the period 2001–2022, this study examines the impact of key determinants of digitalization access to electricity, research and development expenditures, fixed broadband subscriptions, individuals using the internet, and exports of information and communication technology goods on gross domestic product, which serves as an indicator of economic development. In the Bayesian regression analysis, the WinBUGS software was used, while the SPSS software was employed for the classical analysis. The study finds that digitalization variables have a positive and significant impact on economic growth. In particular, the Bayesian approach has provided more reliable and consistent results by reducing the multicollinearity problem observed in classical regression analysis. The findings of the study demonstrate that digitalization plays a critical role in the growth of Turkey's economy.

Keywords: Digitalization, Economic Growth, Classical Method, Bayesian Method.

GİRİŞ

Dijitalleşme, ekonomik büyümeden sanayi dönüşümlerine kadar birçok alanı doğrudan etkileyen temel bir faktördür. Teknolojilerin yaygınlaşması, üretkenliğin artması, yenilikçi iş modellerinin ortaya çıkması gibi birçok alanda dijital teknolojilerin yaygınlaşması rol oynamaktadır (Yılmaz & Özen, 2021, s. 184). Türkiye özelinde dijitalleşme, ekonomik büyüme aşamasında giderek etkisini arttırmaktadır. Dijital altyapının gelişmesi ile birlikte kamuda sağlanan hizmetlerin dijitalleşme sürecine hızlı geçişin sağlanması, e-ticaretin her geçen gün daha çok yaygınlaşması, dijital teknolojilerin üretim aşamasında entegrasyonunun sağlanması gibi birçok alanda etkin bir şekilde kullanımı gerçekleşmektedir. Dijitalleşme ile birlikte ihracat yeteneği ve kapasitesi artmakta ve dolayısı ile ekonomik büyümeye olumlu katkı sunmaktadır (Arucu, 2020, s. 53-54). Ayrıca Türkiye dijitalleşme sürecinde bölgesel kalkınma amaçları doğrultusunda diğer ülkelerle olan farkları kapatmakta ve rekabet gücünü arttırmaktadır. Bu açıdan dijitalleşme Türkiye için sadece teknolojik ilerleme olarak değil aynı zamanda ekonomik büyüme noktasında da kilit rol oynamaktadır. Çünkü dijitalleşmenin yol açtığı dönüşümler, yalnızca Türkiye özelinde değil, küresel ölçekte de ekonomiyi etkilemekte ve dijitalleşmenin ekonomik katma değer yaratma süreci, ülke planlarının merkezine yerleştirilmektedir (Balcıoğlu, 2024, s. 131-132).

Dijitalleşmeyi etkileyen çok sayıda unsur bulunmakla birlikte; elektriğe erişim, araştırma ve geliştirme harcamaları, sabit geniş bant abonelikleri, internet kullanım oranı ve BİT mal ihracatı gibi değişkenler dijitalleşme sürecinde belirleyici bir rol üstlenmektedir. Elektrik, üretimin gerçekleştirilebilmesi ve teknolojinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi açısından temel değişkenlerden biri olup, ekonomik büyüme ile doğrudan ilişkilidir. Literatür, elektriğe erişimin kişi başına düşen millî geliri artırdığını ortaya koymaktadır (Calderón & Servén, 2010, s. 2; Bazilian vd., 2011, s. 7896). Çünkü enerji altyapısının sağlanması ve sürdürülebilirlik aşamasında en temel unsurlardan biri elektriğe erişimdir.

Schumpeter'e göre inovasyon; yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesi, yeni ürünlerin ortaya konulması, yeni pazar ve kaynakların keşfedilmesi veya üretim organizasyonunun yeniden yapılandırılması gibi yenilik içeren tüm faaliyetleri kapsayan bir süreçtir. Schumpeter ayrıca, inovasyon sonucu ortaya çıkan yeni teknolojilerin eski teknolojilerin yerini almasını “yaratıcı yıkım” olarak tanımlamaktadır. Diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda ise inovasyon; verimliliği artıran, istihdam olanakları yaratan, yaşam kalitesini yükselten ve ekonomik büyümeyi destekleyen temel bir unsur olarak ele alınmaktadır. Genel olarak

inovasyon, toplumsal ve ekonomik ihtiyaçlara yanıt verebilen yeni ürün, hizmet, yöntem veya iş modellerinin geliştirilmesini ifade etmekte olup, yaratıcı bir fikrin ortaya çıkışı ile bu fikrin uygulamaya aktarılması olmak üzere iki temel aşamadan oluşmaktadır (Özkurt, 2024, s.165). Yenilikçi ürün geliştirme ve bu sürecin teşvik edilmesinde araştırma ve geliştirme harcamaları önemli bir rol oynamaktadır. Gelişen dijitalleşme ile birlikte bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme harcamalarına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Ülkelerin ekonomik potansiyelleri göz önünde bulundurularak bu alanda yapılan yatırımlar arttırılır ise ekonomik büyümeye katkı sağlayacaktır. Bu durum, araştırma ve geliştirme harcamalarının ülkelerin ekonomik büyümelerine doğrudan katkı sağladığını göstermektedir (Coe & Helpman, 1995, s. 860; Guellec & Van Pottelsberghe, 2004, s. 353).

Schumpeter'in inovasyon ve yaratıcı yıkım yaklaşımı, son yıllarda dijitalleşme ile birlikte yeniden önem kazanmıştır. Schumpeteryan perspektifin güçlenmesi, kapitalizmi yenilik ve dönüşümle sürekli evrilen bir sistem olarak ele alan Neo-Schumpeteryan yaklaşımın doğmasına yol açmıştır. Ekonomik dönüşümün toplumsal yapıyı da dönüştürdüğünü vurgulayan bu perspektif, kurumsal istikrarın ve sosyal inovasyonun önemine dikkat çekmektedir. Schumpeter'in konjonktür dalgaları teorisine göre, uzun süreli durgunluk dönemlerinden çıkış inovasyonla mümkündür. Dijitalleşmenin kolaylaştırdığı inovasyon süreçleri, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımını artırarak daha kapsayıcı hâle getirmiş ve bu durum sanayi alanının temel hızlandırıcısı olmuştur. Bu dönüşüm, ekonominin tüm sektörlerini ve toplumsal yaşamı etkileyerek yenilikçi ve esnek yapıları öne çıkarmaktadır (Olçay & Genç, 2024, s.131-132). Bu bağlamda, bilgiye erişimin hızlanması ile birlikte yeni iş imkânlarının oluşması, gelişim ve üretim süreçlerinin dijitalleşme sürecini kolaylaştırması ve üretimde verimliliğin artması gibi birçok alanda kolaylıklar sağlanmaktadır. Bilgiye erişimin temel yapı taşlarından biri de geniş bant altyapısının oluşumuna bağlıdır. Çünkü geniş bant kullanımı, birçok sektörde yenilik kapasitesini ve dış ticaret olanaklarını artırmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir ekonomik gelişmelerin dijital çağda olmazsa olmazları arasında yer almaktadır (Czernich vd., 2011, s. 505-507).

İnternet kullanımı, bireylerin bilgiye erişimini kolaylaştırmakta, eğitim ve iş gücü kalitesini artırmakta ve dijital hizmetlere katılımı mümkün kılarak ekonomik faaliyetleri çeşitlendirmektedir. Ayrıca, e-ticaret, uzaktan çalışma ve dijital finans gibi alanlarda bireysel internet kullanımı hem tüketim hem de üretim süreçlerinde verimliliği yükseltmektedir. Ayrıca, bireysel internet kullanımı, dijital dönüşüm sürecinin temel unsurlarından biri olarak ekonomik kalkınmayı destekleyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Choi & Yi, 2009, s. 39).

Bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) mal ihracatları, ülkelerin teknolojik gelişmişlik düzeylerini ve üretim kapasitelerini artırarak rekabet güçlerini önemli ölçüde pekiştirmekte; aynı zamanda ekonomik kalkınma süreçlerine katkıda bulunmaktadır. BİT mal ihracatları, dış ticaret gelirlerinin artmasını sağlamanın yanı sıra, yerel ekonomilerin dijitalleşerek modernleşmesini desteklemektedir. BİT mallarındaki ihracat artışları yenilikçiliği teşvik ederek üretkenliği arttırmakta ve böylece sürdürülebilir büyümeye destek vermektedir. BİT mal ihracatının artırılması, dijitalleşme stratejilerinin önemli bir parçası olarak ekonomik kalkınmada kritik bir rol oynamaktadır (Fernández-Portillo vd., 2020, s. 1).

Bu çalışma, Türkiye özelinde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini hem klasik çoklu regresyon hem de Bayesyen çoklu regresyon yöntemleriyle eşzamanlı olarak inceleyen nadir araştırmalardan biridir. Bayesyen yaklaşımın kullanılması, klasik regresyonda sıkça karşılaşılan çoklu doğrusal bağlantı ve veri belirsizliği sorunlarının etkin bir şekilde ele alınmasını sağlamış, böylece daha güvenilir ve tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Dijitalleşmenin temel bileşenleri olan elektriğe erişimin, araştırma ve geliştirme harcamalarının, geniş bant aboneliklerinin, internet kullanımının ve BİT mal ihracatının ekonomik büyümeye olan etkilerinin kapsamlı bir şekilde Türkiye bağlamında analiz edilmesi literatüre olumlu katkı sağlayacaktır. Çalışma; giriş, literatür taraması, yöntem, bulgular, sonuç ve tartışma bölümlerinden oluşmakta olup, her bölüm dijitalleşme ve ekonomik büyüme ilişkisini teorik ve ampirik açıdan detaylandırmaktadır. Bu çok yönlü yaklaşım, dijital dönüşüm politikalarının ekonomik kalkınmaya katkısını anlamada önemli bir referans noktası oluşturmaktadır.

1. Literatür Taraması

Dijitalleşme, günümüz ekonomilerinde yapısal dönüşümün en belirleyici unsurlarından biri haline gelmiş ve bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) yaygınlaşmasıyla birlikte ekonomik büyüme, verimlilik, dış ticaret ve istihdam gibi pek çok makroekonomik değişken üzerinde etkili olmaya başlamıştır. Bu bağlamda, farklı ülkeler, dönemler ve yöntemlerle dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri incelenerek bu ilişkinin yönü ve etkisi test edilmeye çalışılmaktadır. Dijitalleşmenin kısa ve uzun dönemli etkilerini incelemek amacıyla; nitel analizlerden panel veri analizlerine, Granger nedensellik testlerinden ARDL modellerine kadar uzanan geniş bir yöntem yelpazesi kullanılarak çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Dijitalleşmeyi etkileyen internet kullanımı, elektriğe erişim, bilişim teknolojilerine erişim, araştırma ve geliştirme harcamaları gibi birçok konu ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkisi araştırılmıştır.

1.1. Dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki doğrudan etkileri

Dijitalleşmenin temel bileşenleri arasında yer alan internet kullanımı, mobil iletişim ve bilişim teknolojilerine erişim, birçok çalışma tarafından ekonomik büyümenin belirleyicileri arasında değerlendirilmiştir.

Choi & Yi (2009) çalışmalarında 1991-2000 yıllarında 207 ülke verilerini kullanarak internet kullanımının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel veri analizi ile incelemişlerdir. Çalışmada internetin kullanımının ekonomik büyüme üzerinde olumlu ve önemli bir rol oynadığını tespit etmişlerdir.

Algan, Özmen & Karlılar (2017) çalışmalarında 2000-2014 yıllarında G-20 ülkeleri verilerini kullanarak bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmek için panel EGLS analizini kullanmışlardır. Çalışmada bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik büyümeye etkisi gelişmiş ülkelerde pozitif etkiye sahip iken gelişmekte olan ve G20 ülkelerinin hepsinde negatif etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sayar Özkan & Çelik (2018) çalışmalarında 1998-2015 yıllarında Türkiye verilerini kullanarak telefon ve internet kullanımının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmek için Granger nedensellik ve birim kök testlerini kullanmışlardır. Çalışmada telefon ve internet kullanımının ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Çoban (2020) çalışmasında 1995-2017 yıllarında 21 ülkeye ait verileri kullanarak internet kullanan birey sayısının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel veri analizi ile incelemiştir. Çalışmada internet kullanımının ekonomik büyümeyi negatif yönde etkilediğini tespit etmiştir.

Koç (2021) çalışmasında 2001-2018 yıllarında Türkiye verilerini kullanarak bilişim teknolojilerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Kalman filtresini kullanarak incelemiştir. Çalışmada internet ve cep telefonu aboneliklerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin pozitif yönlü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bilişim teknolojileri dış ticaret hacminin, ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin belirsiz olduğu teyit edilmiştir.

1.2. Arz yönlü etkiler: Üretkenlik, ar-ge ve dijital yeterlilikler

Dijitalleşme yalnızca iletişim teknolojileri aracılığıyla değil, aynı zamanda üretkenliği artıran bilgi birikimi, yenilik kapasitesi ve dijital yetkinlikler yoluyla da ekonomik büyümeyi etkilemektedir.

Yıldırım & Kantarcı (2018) çalışmalarında 1998-2013 yıllarında gelişmekte olan ülkelere bazılarının verilerini kullanarak araştırma ve geliştirme harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile incelemişlerdir. Çalışmada araştırma ve geliştirme harcamaları ile ekonomik büyüme üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

İspiroğlu & Kılıç (2019) çalışmalarında 1996-2015 yıllarında IMF'nin yükselen piyasa ekonomisi olarak belirlediği 15 ülkenin verileri kullanılarak araştırma geliştirme harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri analizi ile incelemişlerdir. Çalışmada ekonomik büyüme ile araştırma geliştirme harcamaları arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Teichert (2019) çalışmasında, dijital dönüşüm alanındaki mevcut durumu farklı modeli kapsayan 24 çalışmayı analiz ederek sistematik bir literatür taraması ile incelemiştir. Çalışmada dijital olgunluk modellerinin büyük oranda farklı boyutlara dayandığını, yalnızca sınırlı sayıda modelin dijital yetkinliklerin yanı sıra dönüşümsel yetenekleri de kapsadığını tespit etmiştir.

Sánchez-Caballé, Gisbert Cervera & Esteve-Mon (2020) çalışmalarında, üniversite öğrencilerinin dijital yeterlilik düzeylerini ele alan 126 çalışma sistematik biçimde inceleyerek dijital yetkinliklerin kapsamı ve eğitimsel yansımalarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada dijital yeterliliğin bilgi becerileri, içerik üretimi, iletişim, etik bilinç, problem çözme, teknik kullanım ve stratejik beceriler olmak üzere çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

1.3. Altyapı temelli etkiler: Enerjiye, elektriğe ve teknolojiye erişim

Dijitalleşmenin sürdürülebilirliği güçlü bir altyapının varlığına bağlıdır. Bu nedenle enerji tüketimi, elektriğe erişim ve teknik altyapı gibi değişkenler birçok araştırmada ekonomik büyüme ile birlikte ele alınmıştır.

Alshehry & Belloumi (2015) çalışmalarında Suudi Arabistan verilerini kullanarak enerji tüketimi, enerji ücreti ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Johansen Eşbütünleşme yaklaşımı ile incelemişlerdir. Çalışmada enerji tüketimi, enerji ücreti, karbondioksit emisyonları ve ekonomik büyüme arasında uzun vadeli bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Konu (2020) çalışmasında, AB üyesi 28 ülkenin 2018 yılı verilerini kullanarak dijital ekonominin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini yatay kesit analiz yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada dijital ekonomi, toplum endeksi, küresel rekabet endeksi, kişi başına düşen milli gelir ve sürdürülebilir kalkınma arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir.

Imansyah (2018) çalışmasında 2016 yılının ilk üç aylık raporunu inceleyerek Endonezya da internet kullanımının ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada Endonezya’da kullanılabilir internet hizmetlerine erişim oranı ülkenin her şehrinde eşit düzeyde olmadığı için internet kullanımının ekonomik büyüme üzerinde çok fazla bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Tatlı & Barak (2021) çalışmalarında, 1990-2015 yıllarında Türkiye verilerini kullanarak elektriğe erişimin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini ARDL yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada elektriğe erişimin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki tespit etmişlerdir.

1.4. Dijital dönüşümün toplumsal yapı üzerindeki etkileri

Dijitalleşmenin sadece ekonomik büyüme değil, aynı zamanda toplumsal dönüşüm, rekabetçilik, işgücü piyasası ve dış ticaret üzerinde uzun vadeli etkileri bulunmaktadır.

Carlsson (2004) çalışmasında, dijital ekonominin yapısal dönüşüm üzerindeki etkilerini analiz etmek için nitel bir yaklaşım benimseyerek teorik ve tarihsel karşılaştırmalara dayalı bir yöntem kullanmıştır. Çalışmada dijitalleşmenin kısa vadede üretkenlik artışı ve maliyet düşüşü sağladığı tespit edilirken uzun vadede yeni ekonomik faaliyetler açısından daha geniş etkilerinin ölçülmesinin ve belirlenmesinin zorluğuna vurgu yapılmıştır.

Kurt (2020), çalışmasında dijital dönüşümün Türkiye ekonomisi üzerindeki etkilerini üretim, istihdam ve dış ticaret boyutları ile alıp literatür taraması ve ikincil verilere dayalı nitel bir yaklaşımla incelemiştir. Çalışmada dijital dönüşümün Türkiye ekonomisi üzerinde çok boyutlu etkiler doğurabileceğini tespit etmiştir.

Bozkurt vd. (2021) çalışmalarında, dijital bilgi çağında dijital toplum, dijital dönüşüm, dijital eğitim ve dijital yeterlilikler kavramları çok boyutlu olarak incelemişlerdir. Çalışmada dijital dönüşümün sağlıklı yönetilebilmesi için dijitalleşmenin doğru şekilde anlaşılması ve stratejik olarak konumlandırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Yüksel & Artar (2022) çalışmalarında, TÜİK, ETBİS, ITU ve IMD gibi kurumlardan elde ettikleri veriler ile Türkiye’nin dijitalleşme düzeyi ve bu dönüşümün ülke ekonomisine olası etkilerini betimleyici analiz yöntemi ile incelemişlerdir. Çalışmada büyük ölçekli işletmelerin dijitalleşme göstergelerinde daha yüksek oranlara sahip olduğunu, genç nüfusun teknolojiye daha yatkın olduğunu ve dijitalleşmenin e-ticaret hacmi ile Ar-Ge yatırımları üzerinde doğrudan etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Ersezer & Özışık (2024) çalışmalarında BETAM ve TÜSİAD tarafından yayımlanan dijital endeksleri baz alarak karşılaştırma yapmışlardır. Çalışmada Türkiye'nin dijitalleşmede ilerlemesi ve hedefleri incelenerek Türkiye'nin dijitalleşme performansını arttırmak için yapmayı planladığı çalışmalar tespit edilmiştir.

2. Yöntem

2.1. Veri seti ve model

Çalışmada Türkiye’de dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmek için klasik çoklu regresyon ve Bayesyen çoklu regresyon analizleri kullanılmıştır. Bayesyen regresyon analizinde WinBUGS programı, klasik analizde ise SPSS programı kullanılmıştır. Bayesyen yaklaşımda WinBUGS programı aracılığı ile Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) tekniği ile birbirinden bağımsız 1500000 örneklem türetilmiştir. Çalışma, 2001-2022 yılları arasında Türkiye verilerini kapsamaktadır. Veriler Dünya Bankası resmî sitesinden derlenmiştir (The Word Bank, 2025). Çalışmada kullanılan değişkenler, değişkenlerin kısaltmaları ve açıklamaları Tablo 1 ile verilmiştir.

Tablo 1: Modelde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler

Değişken Türü	Değişken Adı	Kısaltma	Açıklama
Bağımlı Değişken	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	GSYH	Kişi başına düşen GSYİH (cari ABD doları)
Bağımsız Değişken	Elektriğe erişim	EE	Elektriğe erişim (% nüfus)
Bağımsız Değişken	Araştırma ve geliştirme harcamaları	AG	Araştırma ve geliştirme harcamaları (% GSYİH)
Bağımsız Değişken	Sabit geniş bant abonelikleri	BA	Sabit geniş bant abonelikleri (100 kişi başına)
Bağımsız Değişken	İnternet kullanan bireyler	İK	İnternet kullanan bireyler (% nüfus)
Bağımsız Değişken	Bilgi ve iletişim teknolojisi mal ihracatı	BİT	BİT ürünlerinin toplam ihracattaki payı (%)

Dijitalleşmenin ekonomik büyümeye etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemek amacıyla hem klasik hem de Bayesyen çoklu regresyon yöntemleri Eşitlik 1 ile tanımlanan modele uygulanmış ve aşağıda belirtilen hipotezler test edilmiştir.

H1: Elektriğe erişim, Türkiye’de ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

H2: Araştırma ve geliştirme harcamaları, Türkiye’de ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

H3:

Sabit geniş bant abonelikleri, Türkiye’de ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

H4: İnternet kullanan bireylerin oranı, Türkiye’de ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

H5:

Bilgi ve iletişim teknolojileri mallarının ihracatı, Türkiye’de ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

$$GSYH_t = \beta_1 + \beta_2 * EE + \beta_3 * AG + \beta_4 * BA + \beta_5 * İK + \beta_6 * BİT + \varepsilon_t \quad (1)$$

Hesaplamalarda sayısal hataların önlenmesi, matematiksel işlemlerin daha stabil ve anlaşılır bir biçimde yürütülmesi ve model sonuçlarının güvenilirliğinin artırılması amacıyla, Türkiye’ye ait veri seti logaritmik dönüşüme tabi tutulmuştur. Veri seti, yıllık gözlemlerden oluşmakta ve farklı değişken göstergeleri içermektedir. Bu dönüştürülmüş veriler kullanılarak, Bayesyen istatistik çerçevesinde WinBUGS yazılımı aracılığıyla sonsal dağılımlar hesaplanmış; analizler böylece daha kararlı, güvenilir ve yorumlanabilir hâle getirilmiştir. Ayrıca, logaritmik dönüşüm veri setindeki olası heterojenlik ve ölçek farklılıklarının etkilerini azaltarak modelin güvenilirliğini güçlendirmiştir.

2.2. Bayesyen yaklaşım

Bayesyen yaklaşım, önceki inançlarımızla yeni verileri birleştirerek analiz etmeye imkan vermektedir (Bernardo & Smith, 2000, s. 1-4). Temeli Bayes teoremine dayanan bu yöntemin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir:

θ rastgele değişken ve $f(y|\theta)$ benzerlik fonksiyonu,

$$h(\theta, y) = f(y|\theta).g(\theta) = g(\theta|y).f(y) \quad (2)$$

olup Eşitlik 2

$$g(\theta|y) = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{f(y)} = \frac{f(y|\theta).g(\theta)}{\int f(y|\theta).g(\theta)d\theta} \quad (3)$$

Eşitlik 3 şeklinde yeniden düzenlenirse Bayes teoremi elde edilir. $g(\theta|y)$ sonsal dağılım olup Eşitlik 3’ün paydasındaki $\int f(y|\theta).g(\theta)d\theta$ eşitliği Bayesyen yaklaşım için normalleştirme sabiti olup 1’ e eşittir. $f(y|\theta)$ benzerlik fonksiyonu ile matematiksel olarak aynı olan $\ell(\theta|y)$ olabilirlik fonksiyonu ve normalleştirme sabiti Eşitlik 3’te yerine yazılırsa,

$$g(\theta|y) \propto f(y|\theta).g(\theta)$$

$$g(\theta|y) \propto \ell(\theta|y).g(\theta) \quad (4)$$

ifadesi elde edilir. Burada ‘ $\propto$ ’ sembolü orantılı olduğunu göstermektedir (Greenberg, 2008, s. 14-15). Eşitlik 4 ile verilen ifade sözel olarak,

sonsal dağılım $\propto$ olabilirlik fonksiyonu x önsel dağılım

şeklinde ifade edilir. $e \sim N(0, \delta^2 I)$ olup, Eşitlik 4

$y = x\beta + e$ doğrusal regresyon modeline uygulanırsa,

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \ell(\beta, \sigma | y) \cdot g(\beta, \sigma) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ell(\beta, \sigma | y) &= (2\pi\sigma^2)^{-T/2} \exp \left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2} \right] \\ &= (2\pi)^{-T/2} \sigma^{-T} \exp \left[-\frac{(y-x\beta)'(y-x\beta)}{2\sigma^2} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

elde edilir. Eşitlik 6 düzenlenip,

$$\begin{aligned} b &= (x'x)^{-1}x'y, \hat{\sigma}^2 = -\frac{(y-xb)'(y-xb)}{v}, v = T - K \quad \text{değerleri yazılırsa} \\ \ell(\beta, \sigma | y) &= \sigma^{-T} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)] \right\} \end{aligned} \quad (7)$$

olabilirlik fonksiyonu elde edilir. Bilgi vermeyen önsel için

$$g(\beta, \sigma | y) \propto \delta^{-1} \quad (8)$$

orantılı ifadesi kullanılmaktadır. β, σ parametrelerinin bağımsız olduğu varsayımı altında

$$g(\beta, \sigma) = g(\beta)g(\sigma) \propto \delta^{-1} \quad (9)$$

şeklinde yazılır. Burada $-\infty < \beta < \infty$ ve $0 < \sigma < \infty$ olup $g(\beta)$ sabit kabul edilirse $g(\sigma) \propto \sigma^{-1}$ olur. Burada, $\int_{-\infty}^{\infty} g(\beta) d\beta = \infty$, $\int_0^{\infty} g(\sigma) d\sigma = \infty$ olup, Eşitlik 7 ve Eşitlik 8, Eşitlik 5'te yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned} g(\beta, \sigma | y) &\propto \ell(\beta, \sigma | y) \cdot g(\beta, \sigma) \\ &\propto \sigma^{-(T+1)} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} [v\hat{\sigma}^2 + (\beta - b)'x'x(\beta - b)] \right\} \end{aligned} \quad (10)$$

sonsal yoğunluk fonksiyonu elde edilir (Judge vd., 1986, s. 97-112; Greenberg, 2008, s. 41-47).

3. Bulgular

Çalışmada, Türkiye'nin ekonomik gelişimi GSYH göstergesi üzerinden ele alınmış; dijitalleşme düzeyini temsilen elektriğe erişim, araştırma ve geliştirme harcamaları, sabit geniş bant abonelikleri, internet kullanan bireylerin oranı ve bilgi ve iletişim teknolojileri malları ihracatı değişkenleri kullanılmıştır. Bu kapsamda, dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi hem klasik çoklu regresyon analizi hem de Bayesyen çoklu regresyon analizi aracılığıyla incelenmiştir. Bayesyen regresyon analizinde WinBUGS programı, klasik analizde ise SPSS programı kullanılmıştır.

Bayesyen Markov zincirli Monte Carlo (MCMC) yöntemlerinde, zincirin başlangıç değerlerinden kaynaklanan sapmaları azaltmak amacıyla belirli bir yanma süresinin uygulanması önerilmektedir (Hahn, 2014, s.100). Hahn (2014) tarafından belirtildiği üzere ilk 1000–5000 iterasyonun analiz dışında bırakılması yaygın bir uygulamadır. Bu çalışmada, zincirin istatistiksel dengeye ulaşmasını sağlamak için ilk 1000 yineleme yanma olarak çıkarılmış ve 1001. adım itibarıyla modelin sonsal dağılıma ilişkin örneklemeleri kullanılmaya başlanmıştır. Monte Carlo hata payının 0.5’in altında tutulması hedeflenerek toplamda 1500000 iterasyon üretilmiştir.

WinBUGS yazılımında Türkiye’ye ilişkin önsel dağılım olarak bilgi vermeyen önsel dağılımlar atanmıştır. Yazılımın varyans yerine kesinlik parametresi ile çalışması nedeniyle, kesinlik için gama dağılımı tercih edilmiştir (Hahn, 2014, s.96).

$b[j] \sim \text{dnorm}(0, 0.001)$

$\tau \sim \text{dgamma}(0.001, 0.001)$

Bu önseller Türkiye verilerine yönelik başlangıç varsayımlarını temsil etmekte olup, WinBUGS’a gerekli veri seti ve model tanımları girildikten sonra Türkiye’ye ilişkin sonsal dağılımlar elde edilmiştir. Sonuçlar tablo ve grafikler aracılığıyla sunulmuş ve ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir.

Tablo 2: Klasik yöntem ile elde edilen tanımlayıcı istatistik tablosu

Parametre	Katsayılar	Standart Hata	Önem Düzeyi	2.5%	97.5%	VIF	R^2	Ayarlanmış R^2
b[1]	-32.403	43.943	0.472	-125.557	60.752			
b[2]	22.079	21.999	0.330	-24.557	68.715	2.672		
b[3]	0.620	0.207	0.008	0.182	1.059	17.020		
b[4]	0.026	0.031	0.409	-0.040	0.093	11.723	0.952	0.937
b[5]	0.079	0.136	0.570	-0.209	0.366	31.740		
b[6]	0.043	0.116	0.717	-0.202	0.288	12.110		

Çalışmada R^2 değeri 0.952 ve ayarlanmış R^2 değeri ise 0.937 olarak bulunmuştur. Çoklu doğrusal modelde ayarlanmış R^2 değeri dikkate alındığından, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni %96 oranında açıkladığı gözlemlenmektedir. Ancak bağımsız değişkenlerden AG dışındaki diğer değişkenlerin anlamlılık düzeyleri 0.05’ten büyük çıkmıştır. VIF değerlerinin EE değişkeni dışında 5’ten büyük olması çoklu doğrusal bağlantı olduğunu göstermektedir. Çünkü yaygın kural $VIF > 10$ ise çoklu doğrusal bağlantının olduğu kabul edilse de $VIF > 5$

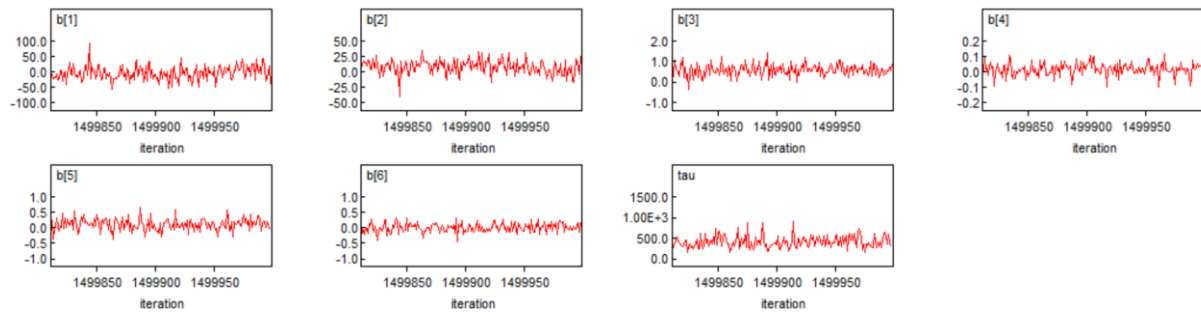
olmasında çoklu doğrusallık bağlamında endişe verici kabul edilmektedir (Kutner, Nachtsheim & Neter, 2004, s.408-409). Çoklu doğrusal bağlantı, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini açıklamada regresyon analizinin güvenilirliğini azaltabilmektedir. Bu nedenle, eldeki mevcut verilerle önsel bilgileri birleştiren Bayesyen yaklaşım tercih edilmiştir. Bayesyen yöntem, çoklu doğrusal bağlantının etkilerini azaltma konusunda klasik yöntemlere göre daha avantajlıdır (Ojo, 2024, s. 34). Bu çerçevede analiz Bayesyen regresyon ile gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

Tablo 3: Bayesyen yöntem ile elde edilen tanımlayıcı istatistik tablosu

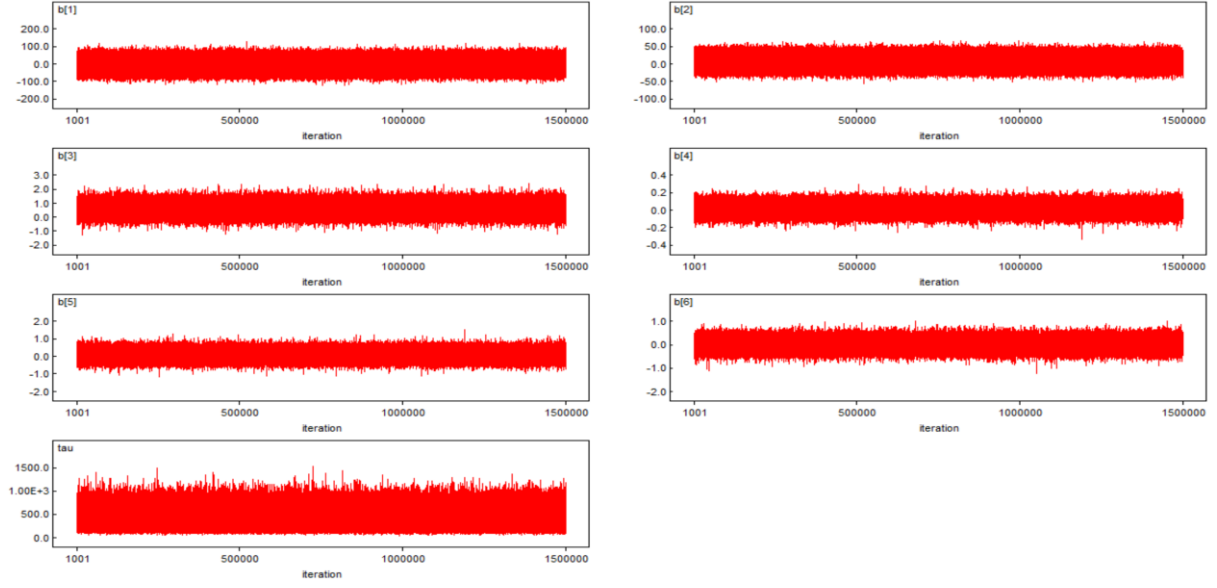
Parametre	Katsayılar	Standart Hata	MC Hata	2.5%	Medyan	97.5%	Başlangıç	Örneklem
b[1]	-3.215	25.630	0.021	-53.380	-3.264	47.120	1001	1499000
b[2]	7.475	12.830	0.011	-17.720	7.498	32.590	1001	1499000
b[3]	0.620	0.292	2.416E-4	0.041	0.620	1.197	1001	1499000
b[4]	0.019	0.042	3.335E-5	-0.064	0.019	0.102	1001	1499000
b[5]	0.095	0.191	1.547E-4	-0.282	0.095	0.473	1001	1499000
b[6]	0.017	0.161	1.315E-4	-0.301	0.018	0.335	1001	1499000
tau	405.800	139.400	0.143	180.600	389.900	721.300	1001	1499000

Tablo 3 incelendiğinde MC hatanın 0.05'ten küçük olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama düzeylerinin beklenen seviyede olduğunu göstermektedir. Dijitalleşme değişkenlerinin katsayılarının pozitif olması ekonomik gelişmeyi pozitif olarak etkilediği anlamına gelmektedir. Bu bulgular, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde anlamlı ve pozitif yönlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Şekil 1: İz çizimi

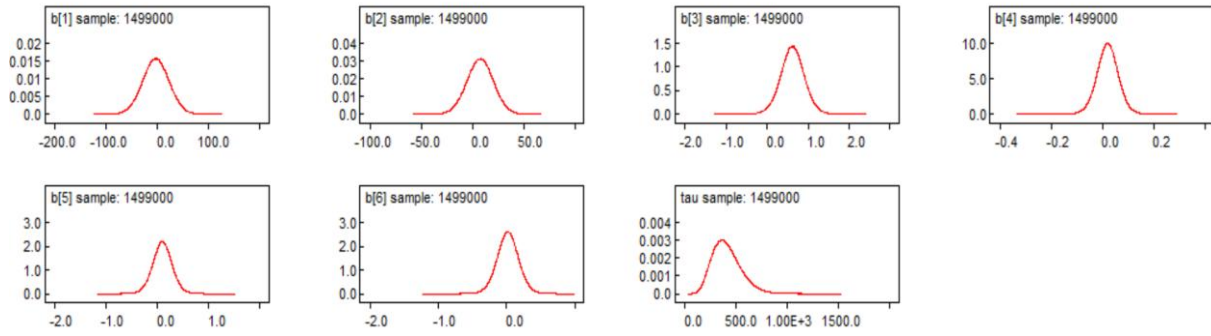


Şekil 1'de yer alan iz çizim grafiği, MCMC yöntemiyle gerçekleştirilen 1500000 iterasyonun son 200 iterasyonuna ilişkin görsel bir sunumdur. Bu son bölüm incelendiğinde, Markov zincirinin yakınsama sürecini başarıyla tamamladığı ve arama hızının yeterli düzeyde olduğu anlaşılmaktadır. Zincirin dengeye ulaştığı ve bu iterasyonlardan elde edilen örneklerin sonsal dağılımı doğru şekilde yansıttığı gözlenmektedir.

Şekil 2: Çoklu zincir izleme hareket grafiği; 1001-1500000

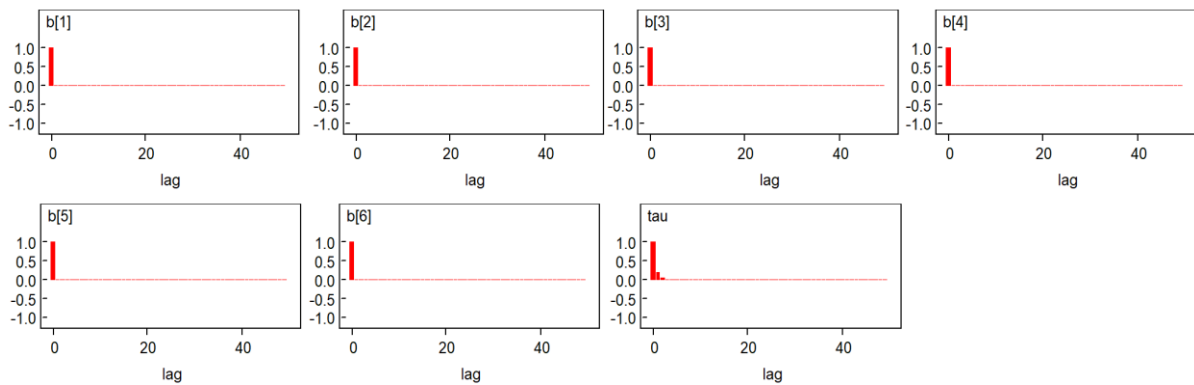
WinBUGS programında yapılan analizde, ilk 1000 iterasyon yanma süreci olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, çoklu zincir izleme grafiği Şekil 2’de görüldüğü üzere 1001. iterasyondan itibaren başlamaktadır. MCMC yöntemiyle gerçekleştirilen toplam 1 500 000 iterasyonun yanma süreci dışındaki tüm değerleri grafik üzerinde sunulmuştur. Parametrelerin sonsal dağılım değerlerini belirlemek amacıyla, her iterasyonda parametrelerin aldığı konumlar izlenmiştir. Buna göre, b[1] parametresi -53.38 ile 47.12 aralığında yoğunlaşarak yaklaşık -3.215 değerine yakınsarken; b[2] parametresi -17.72 ile 32.59 aralığında, ortalama olarak 7.475 civarında değer almıştır. b[3] parametresi 0.041 ile 1.197 aralığında 0.620’ye yakın bir ortalamaya ulaşırken; b[4] parametresi -0.064 ile 0.102 arasında değişerek yaklaşık 0.019 düzeyinde sabitlenmiştir. Diğer yandan, b[5] parametresi -0.282 ile 0.473 arasında yoğunlaşıp yaklaşık 0.095 değerine yakınsamıştır. b[6] parametresi ise -0.301 ile 0.335 aralığında 0.017 değerinde bir yoğunluk sergilemektedir. Bu sonuçlar, her bir parametrenin MCMC sürecinde ulaştığı sonsal dağılımın istatistiksel özelliklerini yansıtmaktadır.

Şekil 3: Kernel yoğunluk çizimi



Şekil 3'te sunulan Kernel yoğunluk tahminleri, modelde yer alan her bir parametrenin sonsal örnekleme sürecindeki dağılımsal özelliklerini incelemeye olanak tanımaktadır. Elde edilen yoğunluk fonksiyonları, parametrelerin simetrik ve tek modlu bir dağılım sergilediğini ve normal dağılıma uygunluk gösterdiğini ortaya koymaktadır. Kesinliğin ise sağa çarpık olduğu gözlemlenmektedir. Bu bulgu, MCMC algoritması ile gerçekleştirilen örnekleme sürecinin istikrar kazandığını ve yeterli yakınsamaya ulaşıldığını göstermesi açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, yoğunluk eğrilerinin herhangi bir biçimsel bozulma, çoklu mod veya aşırı uç değer içermemesi, modelin doğru şekilde belirtildiğine ve parametrik yapının gözlemlenen veri ile tutarlı biçimde yapılandırıldığına işaret etmektedir. Sonuç olarak, Kernel yoğunluk tahminleri aracılığıyla elde edilen bu dağılım analizleri, kurulan modelin istatistiksel olarak geçerliliğini ve MCMC sürecinin güvenilirliğini destekleyici niteliktedir.

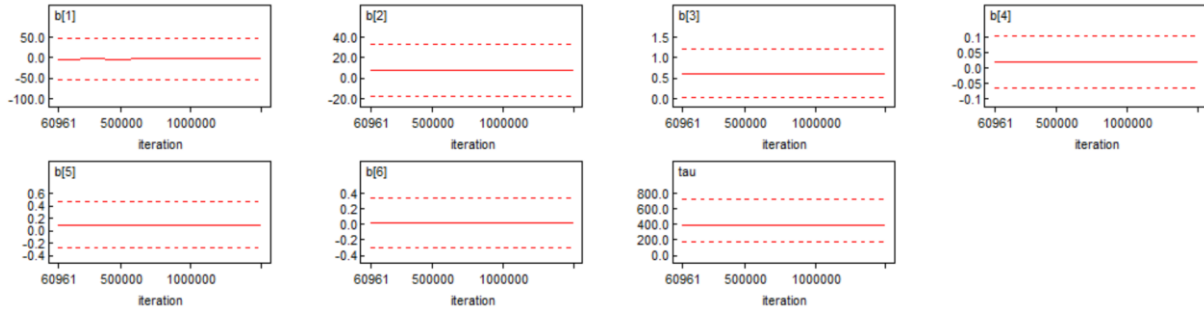
Şekil 4: Otokorelasyon çizimi



Şekil 4 incelendiğinde, ilk 49 iterasyona ait otokorelasyon değerleri gözlemlenmektedir. Otokorelasyon, ardışık iterasyonlar arasındaki bağımlılığı ölçen bir göstergedir ve ideal koşullarda bu değer sıfıra yakın olması, örneklerin birbirinden bağımsız olduğunu göstermesi açısından önemlidir. Grafik incelendiğinde, ilk iterasyona ait otokorelasyon değerinin 1 olduğu görülmektedir; bu durum, iterasyonun kendisiyle olan tam korelasyonundan kaynaklanmaktadır. Birinci ve ikinci iterasyonlar arasındaki otokorelasyon sıfır olarak

gözlemlenmiş olup, benzer şekilde takip eden iterasyon çiftlerinde de anlamlı bir otokorelasyon bulunmamaktadır. Bu bulgular, örnekleme sürecinde ardışık iterasyonlar arasında bağımlılığın olmadığını ve MCMC zincirinin başarılı bir şekilde karıştığını göstermektedir.

Şekil 5: Çalışan nicelikler grafiği



Şekil 5’de, WinBUGS tarafından belirlenen iterasyon aralığında parametrik sonsal dağılımın durağanlık durumunu değerlendirmek amacıyla oluşturulan çalışan nicelikler grafiği sunulmaktadır. Grafik incelendiğinde, her bir parametre için ardışık örnekler boyunca ortalama değerlerin zamanla sabitlenerek değişmediği görülmektedir. Bu durum, modelin yakınsama sağladığını ve örnekleme sürecinde durağanlığa ulaşıldığını göstermektedir. Spesifik olarak, b[1] parametresinin yaklaşık -3.215, b[2] parametresinin 7.475, b[3] parametresinin 0.620, b[4] parametresinin 0.019, b[5] parametresinin 0.095 ve b[6] parametresinin ise 0.017 civarında sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, söz konusu parametrelerin örnekleme sürecinde istatistiksel kararlılık kazandığını ve sonsal dağılımlarının güvenilir şekilde elde edildiğini göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada, Türkiye’de dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini değerlendirmek için klasik çoklu regresyon ve Bayesyen çoklu regresyon analizleri kullanılmıştır. Klasik yöntemde SPSS programı kullanılarak standart regresyon modeli kurulmuş, bağımsız değişkenlerin GSYH üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ancak klasik regresyon analizinde ortaya çıkan çoklu doğrusal bağlantı problemini aşmak için Bayesyen yaklaşım tercih edilmiştir. Bayesyen regresyon analizinde, WinBUGS programı aracılığıyla MCMC simülasyonu kullanılmış ve 1500000 iterasyonla parametrelerin sonsal dağılımları elde edilmiştir. Analizde, GSYH bağımlı değişken; elektriğe erişim, araştırma-geliştirme harcamaları, sabit geniş bant abonelikleri, internet kullanım oranı ve bilgi ve iletişim teknoloji mal ihracatı ise bağımsız değişkenler olarak modele dâhil edilmiştir.

Elde edilen bulgular, dijitalleşmenin Türkiye ekonomisinin büyümesi üzerinde olumlu ve anlamlı etkilerinin olduğunu göstermektedir. Bu yöntemin seçimi, dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini güvenilir şekilde ortaya koymaktadır.

Çalışmada elde edilen bulgular, dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki olumlu etkisini literatürdeki birçok çalışma ile uyumlu şekilde desteklemektedir (Choi & Yi, 2009; Sayar Özkan & Çelik, 2018; Yıldırım & Kantarcı, 2018; İspiroğlu & Kılıç, 2019; Konu, 2020; Koç, 2021; Tatlı & Barak, 2021). Dijital teknolojilerin yaygınlaşması, üretkenlik artışı ve yenilikçi iş modelleri ekonomiye dinamizm kazandırmaktadır. Bununla birlikte, klasik regresyon analizinde tespit edilen çoklu doğrusal bağlantı sorunu, dijitalleşme unsurlarının iç içe geçmiş yapısını ve karmaşıklığını göstermektedir. Bu noktada Bayesyen yaklaşımın kullanılması, parametrik belirsizlikleri ve veri sınırlamalarını daha etkin yöneterek modelin geçerliliğini artırmıştır. Türkiye özelinde dijitalleşmenin bölgesel kalkınmayı destekleyecek şekilde yaygınlaştırılması, rekabet gücünün artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Dijital altyapı ve teknolojik yatırımların artırılması, Türkiye'nin ekonomik büyüme performansını destekleyen önemli unsurlardandır. Bu bağlamda, dijitalleşme politikalarının ve yatırımlarının sürdürülebilir kalkınma stratejilerinde öncelikli yer alması gerekmektedir.

Bu çalışmada dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri Türkiye özelinde ve belirli değişkenler ışığında incelenmiştir. Ancak, dijitalleşmenin çok boyutlu ve dinamik yapısı göz önüne alındığında, gelecekte yapılacak çalışmalarda; sektörel analizler, bölgesel ve kırsal-şehir karşılaştırmaları, dijital yeterlilik ve insan sermayesi, sosyal ve çevresel etkiler, uzun dönem ve dinamik modeller, politika etkileri ve müdahaleler gibi başlıklarda daha ayrıntılı analizler yapılabilir.

KAYNAKÇA

Algan, N., Özmen, M., & Karlılar, S. (2017). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik büyüme üzerine etkisi: G-20 Ülkeleri için bir analiz. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 1-24.
<https://deripark.org.tr/tr/pub/cuiibfd/issue/34826/385948>

- Alshehry, A. S., & Belloumi, M. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable energy reviews*, 41, 237-247. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.004>
- Arucu, M., (2020). Scanning the industry 4.0 ecosystem in Turkey: Digitization and innovation studies. *European Journal of Science and Technology*, 20, 50-55 <https://doi.org/10.31590/ejosat.733659> s.53-54
- Balcioğlu, Y. S. (2024). Digital economy: Türkiye's development trends. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 118-135. <https://doi.org/10.11616/asbi.1391510>
- Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., Gielen, D., Steduto, P., Mueller, A., Komor, P., Tol, R.S.J. & Yumkella, K. K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, 39(12), 7896–7906. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.039>Get rights and content
- Bernardo, J., M., & Smith, A., F., M., (2000), *Bayesian theory*. John Wiley & Sons. Ltd.
- Bozkurt, A., Hamutoğlu, N. B., Liman Kaban, A., Taşçı, G., & Aykul, M. (2021). Dijital bilgi çağı: Dijital toplum, dijital dönüşüm, dijital eğitim ve dijital yeterlilikler. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 35-63. <https://doi.org/10.51948/auad.911584>
- Calderón, C., & Servén, L. (2010). Infrastructure and economic development in Sub-Saharan Africa. *Journal of African Economies*, 19(1), i13–i87. <https://doi.org/10.1093/jae/ejp022>
- Carlsson, B. (2004). The Digital Economy: What is New and What is Not?. *Structural Change and Economic Dynamics*, 15 (3), 245-264. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2004.02.001>
- Choi, C., & Yi, M.H. (2009). The effect of the internet on economic growth: Evidence from Cross-Country Panel Data. *Economic Letters*, 105(1), 39-41. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2009.03.028>
- Coe, D. T., & Helpman, E. (1995). International R&D spillovers. *European Economic Review*, 39(5), 859–887. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(94\)00100-E](https://doi.org/10.1016/0014-2921(94)00100-E)
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*, 121(552), 505–532. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2011.02420.x>
- Çoban, M. N. (2020). İnternet kullanımının ekonomik büyüme üzerine etkisi: Yükselen piyasa ekonomileri üzerine bir inceleme. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(22), 57-73. <https://doi.org/10.38155/ksbd.668703>
- Ersezer, Ö., & Özışık, T. (2024). Dijitalleşme sürecinin ekonomik etkileri ve Türkiye'nin performans değerlendirmesi. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 156-171. <https://doi.org/10.53586/susbid.1491227>

- Fernández-Portillo, A., Almodóvar-González, M., & Hernández-Mogollón, R. (2020). Impact of ICT development on economic growth. A study of OECD European union countries. *Technology in Society*, 63, 101420. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101420>
- Guellec, D., & Van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2004). From R&D to productivity growth: Do the institutional settings and the source of funds of R&D matter? *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 66(3), 353–378. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2004.00083.x>
- Greenberg, E., (2008), *Introduction to Bayesian ekonometrics*. Cambridge University Press.
- Hahn, E. D. (2014). *Bayesian methods for management and business: Pragmatic solutions for real problems*. John Wiley & Sons Inc.
- Imansyah, R. (2018). Impact of internet penetration fort he economic growth of Indonesia. *Joint Journal of Novel Carbon Resource Science & Green Asia Strategy*, 5(2), 36-43. <https://doi.org/10.5109/1936215>
- İspiroğlu, F. & Kılıç, M. (2019). Araştırma-geliştirme harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: Yükselen piyasalar ekonomileri için bir uygulama. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2) 255-263. <http://dx.doi.org/10.18506/anemon.429901>
- Judge, G., G., Griffiths, W. E., Hill, R., C., Lütkepohl, H., & Lee, T., C., (1986), *The theory and practice of econometrics (Second Edition)*. John Wiley & Sons, Inc.
- 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>
- Koç, Ü. (2021). Bilişim teknolojileri ve ekonomik büyüme. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 56(2), 1231–1244. <https://doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.21.06.1599>
- Kurt, A. S. (2020). Dijital dönüşümün ekonomiye etkileri: Türkiye ekonomisi’ne yansımaları. *OPUS International Journal of Society Researches*, 16(30), 3083-3109. <https://doi.org/10.26466/opus.714393>
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Neter, J. (2004). *Applied linear regression models (4th ed.)*. McGraw-Hill/Irwin.
- Ojo, O. O. (2024). Bayesian estimation of simultaneous equation models with outliers and multicollinearity problem. *Zimbabwe Journal of Science and Technology*, 18(1), 34–42. <https://journals.nust.ac.zw/index.php/zjst/article/view/197>
- Olçay, C., & Genç, Ö. (2024). Schumpeter’in yaratıcı yıkım teorisi bağlamında dijital dönüşüm ve Avrupa Birliği. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 128-138. <https://doi.org/10.33537/sobild.2024.15.2.2>

- Özkurt, İ. C. (2024). Türkiye’de inovasyon faaliyetleri ve ekonomik büyüme ilişkisi: Nedensellik analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26(1), 164-176. <https://doi.org/10.32709/akusosbil.1103377>
- Sayar Özkan, G., & Çelik, H. (2018). Bilgi iletişim teknolojileri ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Türkiye için bir uygulama. *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-15. <https://doi.org/10.30711/utead.405474>
- Sánchez-Caballé, A., Gisbert Cervera, M., & Esteve-Mon, F. (2020). The digital competence of university students: A systematic literature review. *Aloma: Revista de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport*, 38(1), 63-74. <https://doi.org/10.51698/aloma.2020.38.1.63-74>
- Tatlı, H. & Barak, D. (2021). Elektriğe erişimin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Türkiye’deki kanıtlar. *Social Science Congresses*. 345-356. [https://www.bingol.edu.tr/documents/%C4%B0lk%20sayfa%20SOS-CON%20tam-metin\(345-696-794\).pdf](https://www.bingol.edu.tr/documents/%C4%B0lk%20sayfa%20SOS-CON%20tam-metin(345-696-794).pdf)
- Teichert, R. (2019). Digital transformation maturity: A systematic review of literature. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(6), 1673-1687. <https://doi.org/10.11118/actaun201967061673>
- The World Bank. (2025). World development indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> (Erişim Tarihi:11.06.2025)
- Yılmaz, D., & Özen, E. (2021). Dijital dönüşümün makro ekonomik faktörler üzerindeki etkileri: Türkiye ekonomisi örneği. *Ekonomi Maliye İşletme Dergisi*, 4(2), 183-192. <https://doi.org/10.46737/emid.1020245>
- Yıldırım, D. Ç., & Kantarcı, T. (2018). Araştırma geliştirme harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerine bir panel veri analizi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(5), 661-670. <https://doi.org/10.18506/anemon.396601>
- Yüksel, B., & Artar, O. K. (2022). Türkiye’de dijitalleşme ve ülke ekonomisi üzerindeki olası etkilerinin değerlendirilmesi. *Working Paper Series*, 3(2), 99-116. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6652464>