

Dijital Ekonomilerde BİT Sermaye Yatırımlarının Ekonomik Büyümeye Katkısı: Teori ve OECD Ülkeleri İçin Kanıtlar*

The Contribution of ICT Capital Investment to Economic Growth in Digital Economies: Theory and Evidence from OECD Countries

Ömer DEMİR^a

Öz

Bu çalışmanın amacı, tüm biriktirilebilir sermaye girdilerine göre sabit getirili ve her bir girdinin de azalan verimliliğe bağlı olduğu Cobb-Douglas tipi bir üretim fonksiyonu ile temsil edilen bir içsel büyüme modeli çerçevesinde dijital ekonomilerde BİT ve BİT dışı sermaye yatırımlarının ekonomik büyümeye katkısını incelemektir. Bu doğrultuda çalışma, 2000-2016 dönemi kapsamında 25 OECD ülkelerinden oluşan bir örneklem üzerinden, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki değişimler ile işçi başına GSYH büyüme oranı arasındaki doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkiyi kısa ve uzun dönem dinamikleri bağlamında panel ARDL & NARDL yaklaşımıyla sınamaktadır. Analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre, doğrusal olarak BİT sermaye yatırım oranı işçi başına GSYH büyüme oranını kısa dönemde pozitif yönde; uzun dönemde ise negatif yönde etkilemektedir. Bu bulguya ek olarak, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki pozitif ve negatif şokların uzun dönemde işçi başına GSYH büyüme oranına anlamlı katkılar yaptığı saptanmıştır. Bir bütün olarak bulgular, uzun dönemde BİT sermaye yatırım oranının işçi başına GSYH büyüme oranını hem doğrusal hem de doğrusal olmayan bir şekilde etkilediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik büyüme, BİT sermaye yatırımı, panel ARDL & NARDL yaklaşımı.

JEL Sınıflandırması: O40, E22, C33.

Abstract

The purpose of this study is to investigate the contribution of ICT capital investment to economic growth in digital economies, based on endogenous growth theory represented by a Cobb-Douglas type production function with constant returns to all accumulated capital inputs and decreasing productivity for each input. In this direction, the study examines the linear and non-linear relationship between the changes in the ICT and non-ICT capital investment rates and the GDP per worker growth rate, over a sample of 25 OECD countries within the scope of the 2000-2016 period, in the context of short-run and long-run dynamics using the panel ARDL & NARDL approach. According to the findings obtained as a result of the analysis, in a linear way, the ICT capital investment rate affects the growth rate of GDP per worker positively in the short run, but negatively in the long run. In addition to this finding, positive and negative shocks in the ICT and non-ICT capital investment rates make significant contributions to the growth rate of GDP per worker in the long run. The findings as a whole show that the ICT capital investment rate affects the GDP per worker growth rate, both in a linear and non-linear way in the long run.

Keywords: Economic growth, ICT capital investment, panel ARDL & NARDL approach.

JEL Classification: O40, E22, C33.

* This study is extended from the paper titled "Dijital Ekonomilerde BİT Yatırımlarının Ekonomik Büyümeye Katkısı: İçsel Büyüme Teorisine Dayalı Ampirik Bir İnceleme" presented as a summary paper at ISEFE 2022 Symposium.

^a Dr., Bağımsız Araştırmacı, e-mail: odemir001@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8421-0619

Geliş Tarihi: 27.08.2022; Revizyon Tarihi: 31.10.2022;

Kabul Tarihi: 13.11.2022;

Çevrimiçi Yayınlanma: 13.11.2022.

Received: 27.08.2022; Revised: 31.10.2022;

Accepted: 13.11.2022;

Available Online: 13.11.2022.

1. Giriş

Bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT), hem farklı iletişim ağları hem de bunlarda kullanılan teknolojileri ifade etmektedir. BİT sektörü, ürünleri öncelikle iletim ve görüntüleme dahil olmak üzere elektronik yollarla bilgi işleme ve iletişim fonksiyonunu yerine getiren veya etkinleştiren imalat ve hizmet endüstrilerini birleştirmektedir. BİT sektörü teknolojik ilerlemeye, üretkenlik ve çıktı artışına katkıda bulunmaktadır. BİT'in etkisi, doğrudan ve dolaylı olabilmektedir. BİT, çıktıya, istihdama veya verimlilik artışına katkısı yoluyla doğrudan; ekonominin diğer kısımlarını etkileyen bir teknolojik değişim olarak dolaylı etkilerde bulunabilmektedir (OECD, 2017).

BİT 'teki gelişmeler dijitalleşme, dijital dönüşüm, dijital ekonomi kavramlarıyla açıklanmaktadır. Bu bağlamda dijitalleşme, ulaşılabilir bilgilerin herhangi bir bilgisayar tarafından okunabilecek şekilde dijital ortama aktarılması sürecidir. Başka bir ifadeyle dijitalleşme, bilgiyi sayısallaştırma işlemini ifade etmektedir. Dijital ekonomi; insanlar, işletmeler, cihazlar, veriler ve süreçler arasındaki milyarlarca günlük çevrimiçi bağlantıdan kaynaklanan ekonomik faaliyetlerin bütünüdür. Dijital dönüşüm kapsamında yapılan BİT yatırımı, üretimde bir yıldan uzun süredir kullanılan ekipman ve bilgisayar yazılımlarının satın alınmasıdır. BİT yatırımı temelde üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar: Bilgi teknolojisi ekipmanı (bilgisayarlar ve ilgili donanım) yatırımları, iletişim ekipmanları yatırımları ve yazılım yatırımlarıdır.

İnovasyonun ve teknoloji genişlemesinin ekonomik büyüme ve gelişme üzerindeki etkisi uzun zamandır bilinmektedir. BİT, bilginin erişilebilirliğini artırmakta, yeni iletişim yöntemlerini geliştirmekte, üretken süreçleri yeniden biçimlendirmekte ve birçok farklı ekonomik faaliyetin verimliliğini artırmaktadır (ITU, 2018). Bu kapsamda BİT'e yapılan yatırımlar, üretkenlik artışının temel itici gücü olarak görülmektedir (Niebel, 2018). Bu nedenle ekonomilerde BİT'e yapılan yatırımlar, ekonomik büyüme sürecinde önemli bir yer tutmaktadır.

Ülke ekonomilerinde fiziksel sermayeye yapılan yatırım, sermaye stokunu genişletmenin ve yenilenmenin ve yeni teknolojilerin üretim sürecine girmesini sağlamanın bir yolu olarak ekonomik büyüme için oldukça önemlidir. Bu bağlamda BİT, son yıllarda yatırımın en dinamik bileşeni olmuştur (OECD, 2007). Çünkü bir ülkede BİT'e yapılan yatırımlar, ülkenin mevcut fiziksel sermaye stokuna ek olarak üretkenliği daha yüksek bir üretim kapasitesi yaratarak belirli bir beşerî sermaye düzeyi eşliğinde daha büyük bir çıktı seviyesinin yaratılmasına zemin hazırlayabilmektedir.

Neoklasik büyüme modelleri uzun dönemli büyüme süreçlerini tam olarak açıklayamamaktadır. Büyüme etkisinin yalnızca kısa dönem için oluşabildiği bu modellere göre uzun dönemli büyüme, tasarruf oranı, nüfus artış hızı ve teknolojik gelişme gibi dışsal olarak belirlenen faktörlere bağlı olan bir süreçtir. Bu sürece iktisat politikalarının hiçbir etkisinin olmadığı kabul edilmektedir. Buna karşın, 1980'li yılların ortalarında ortaya çıkmaya başlayan içsel büyüme modelleri, ekonomik büyümenin temel değişkenlerini büyüme modellerinde içselleştirerek açıklamaya çalışmışlardır. Bu modellere göre, ölçeğe göre artan veya sabit getiri varsayımlarının bir sonucu olarak fiziksel ve beşerî sermaye yatırımları, AR-GE yatırımları ve yaparak-öğrenme ile meydana gelen teknolojik gelişme, ekonomiler üzerinde uzun dönemli büyüme etkisi sağlayabilmektedir. Ayrıca bu modellere göre, iktisat politikaları uzun dönemli büyüme etkisi yaratabilmektedir (Ateş, 1998).

Neoklasik büyüme modellerinde, toplam faktör verimliliğinin tek kaynağı olan teknoloji, dışsal bir faktördür ve teknolojik gelişmelerde sürekli ilerleme sağlanmadığı takdirde büyüme hızı yavaşlamaktadır. Ancak neoklasik büyüme modellerinin aksine içsel büyüme modellerinde teknoloji, bilgi yayılımı ve yeniliğin yarattığı verimlilik artışları aracılığıyla sermaye ve emek faktörlerine katkıda bulunmaktadır. Böylece Solow modelinde tüm girdilere göre azalan getirinin bir sonucu olarak büyüme oranının asimptotik olarak sifıra yaklaşması sorunu, içsel modellerde (Romer, 1986; Rebelo, 1991; Barro & Sala-i-Martin, 1992) tüm biriktirebilir sermaye girdilerine göre getirinin sabit varsayılmasıyla giderilmeye çalışılmıştır (Ateş & Kaytancı, 2015).

2000-2016 dönemi için 25 OECD ülkelerinden oluşan bir örneklem üzerinden kısa ve uzun dönem dinamikleri bağlamında BİT ve BİT dışı sermaye yatırımı ve ekonomik büyüme arasındaki doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkinin panel ARDL & NARDL yaklaşımı ile incelendiği bu çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde, konu ile ilgili ampirik literatür incelenmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmanın yöntemsel çerçevesi bağlamında BİT sermaye yatırımları ve ekonomik büyüme ilişkisine yönelik veri ve yöntem açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ampirik çıktılar analiz edilmiştir. Beşinci ve son bölümde ise, elde edilen bulgular özetlenmekte ve sonuçlara ilişkin değerlendirmeler yapıldıktan sonra politika önerilerine yer verilmektedir.

2. Ampirik Literatür

BİT ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerine literatürde birçok teorik ve ampirik çalışma üretilmiştir. BİT sermaye yatırımı ve ekonomik büyüme ilişkisini ele alan ampirik literatür, BİT yatırımlarının ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin mutlaka veya her zaman pozitif olmadığını bildirmektedir. Daha çok BİT sermaye yatırımı ve ekonomik büyümenin doğrusal ilişkisine odaklanan literatürdeki ampirik çalışmalar karışık sonuçlar vermiştir. Çalışmanın bu kısımda ampirik literatürdeki bazı önemli çalışmaların bulguları özetlenmiştir.

Dewan & Kraemer (2000), 1985-1993 dönemi boyunca gelişmiş ve gelişmekte olan 36 ülkenin panel verileriyle, BİT ve BİT dışı sermaye girdilerini GSYH çıktısına bağlayan bir ülkelerarası üretim fonksiyonunu tahmin etmişlerdir. Elde edilen bulgular, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında sermaye yatırımlarından elde edilen getiri yapıları açısından önemli farklılıkların olduğunu göstermektedir. Örneklemdeki gelişmiş ülkeler için, BİT sermaye yatırımlarından elde edilen getirilerin pozitif ve anlamlı olduğu tahmin edilirken, BİT dışı sermaye yatırımlarından elde edilen getiriler, göreceli faktör payları ile orantılı değildir. Ancak gelişmekte olan ülkelerde ise BİT sermaye yatırımları ve çıktı büyümesi arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur.

Pohjola (2002), BİT harcama verilerinin mevcut olduğu 42 ülkeden oluşan bir örneklem için 1985-1999 döneminde BİT yatırımı ve ekonomik büyüme ilişkisini regresyon analizi ile sınamıştır. Elde edilen bulgulara göre, BİT yatırımının ABD ekonomisinin performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilirken diğer ülkeler için kanıtların çok daha zayıf olduğu saptanmıştır. Çalışmadan elde edilen bu sonuç, "verimlilik paradoksu" temelinde en az üç sebeple açıklanmıştır. Birincisi, ABD dışında pek çok ülkenin henüz BİT'e çok fazla yatırım yapmadığı gerçeğidir. İkincisi, örneklem kapsamındaki ülkeler BİT'e yeterince yatırım yapmış olsalar bile, BİT yatırımlarından faydalanmak için eğitim ve beceriler gibi tamamlayıcı altyapıya yeterince yatırım yapmamış olmalarıdır. Üçüncü, neoklasik yaklaşım temelli yöntemin BİT devriminin en temel yönlerini yakalamayabileceğidir.

Lee, Gholami, & Tong (2005), 1980-2000 döneminde gelişmiş ve gelişmekte olan 20 ülke için, teorik motivasyon olarak Solow Kalıntısı temelinde BİT yatırımı ve ekonomik büyüme ilişkisini zaman serisi teknikleriyle tahmin etmişlerdir. Analiz sonucunda elde edilen bulgular, BİT'in birçok gelişmiş ülkede ve yeni sanayileşmiş ekonomilerde (NIE'ler) ekonomik büyümeye katkıda bulunduğunu, ancak gelişmekte olan ülkelere olmadığını göstermektedir. Bu bulgular üzerinden, küresel üretkenliğin iyileştirilmesine bir katkı olarak BİT politikalarındaki olası kusurları düzeltme girişiminde BİT'in tamamlayıcı faktörleri önerilmiştir.

Seo, Lee, & Oh (2009), 1992-1999 dönemi kapsamında 29 ülkeden oluşan bir örneklem için BİT yatırımı ile ekonomik büyüme arasındaki dinamik karşılıklı bağımlı ilişkiyi incelemek için bir kümülatif büyüme modeli üzerinden dengesiz panel yöntemini kullanmıştır. Elde edilen bulgular, BİT yatırımları ve ekonomik büyüme arasında pozitif bir korelasyonun olduğu, ancak BİT yatırımlarının ekonomik büyüme ile güçlü bir karşılıklı bağımlılık ilişkisinin olmadığını göstermiştir. Ayrıca elde edilen bir diğer bulguya göre, BİT dışı yatırımın ise ekonomik büyüme ile kümülatif bir nedensel ilişkisi vardır ve büyüme açığını genişletme sürecinde kilit bir rol oynamaktadır.

Kumar, Stauvermann, & Samitas (2015), genişletilmiş Solow (1956) modeli çerçevesinde 1980-2013 dönemi kapsamında Çin'in ekonomik büyümesine BİT'in beş göstergesinin kısa ve uzun dönemdeki katkısını, ARDL sınır testi ve Toda & Yamamoto (1995) Granger nedensellik dışı testi ile araştırmıştır. Elde edilen bulgular, BİT'in tüm göstergeleri için seviye değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişkinin kanıtını göstermektedir. Toda & Yamamoto (1995) Granger nedensellik dışı testleri sonuçları, sırasıyla mobil hücresel, telekomünikasyon ve ekonomik büyüme ile mobil hücresel, telekomünikasyon ve işçi başına sermaye arasında çift yönlü nedenselliğin olduğunu göstermektedir.

Algan, Özmen, & Karlılar (2017), 2000-2014 dönemi kapsamında G-20 ülkelerinde BİT'in ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel ELGS yöntemiyle araştırmıştır. BİT'i temsilen cep telefonu kullanıcıları, sabit sermaye yatırımları, beşerî sermaye indeksi ve GSYH büyüklüğü değişkenlerinin kullanıldığı modelin tahmin edilmesinden elde edilen bulgular, BİT'in örneklem kapsamındaki gelişmiş ülkelerde ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu, ancak gelişmekte olan ülkelerde ve G-20 ülkelerinin tamamında negatif bir etki yarattığını göstermiştir.

Niebel (2018), BİT'in gelişmekte olan, yükselen ve gelişmiş ülkelerde ekonomik büyüme üzerindeki etkisini 1995–2010 dönemi ve 59 ülkeden oluşan yüksek kaliteli bir örneklem üzerinden panel veri ile analiz etmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bulgular, BİT sermayesi ile GSYH büyümesi arasında daha önceki çalışmalarda çeşitli panel regresyonlarının tahmin sonuçları ile bildirilen pozitif ilişkiyi doğrulamaktadır. Gelişmekte olan, yükselen ve gelişmiş ülkelerin alt örneklerine ilişkin regresyonlar, bu üç ülke grubu arasında BİT'in çıktı esnekliğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya koymamaktadır. Genel sonuçlar gelişmekte olan ülkelerin BİT sermaye yatırımlarından gelişmiş ekonomilere göre daha fazla getiri elde etmediğini ve bu ülkelerin BİT yoluyla "sıçrayan" olduğu argümanını sorguladığını göstermektedir.

Sawng, Kim, & Park (2021), BİT endüstrisine yapılan yatırımın Güney Kore'nin GSYH büyümesiyle etkileşimini 1999-2016 dönemi kapsamında üç aylık zaman serisi verilerine dayanarak VECM ile araştırmışlardır. Elde edilen bulgular, açıklayıcı değişkenlerden yalnızca BİT yatırımının GSYH büyümesini etkilediği kısa dönem dışında, BİT yatırımı ve GSYH büyümesinin birbirini çift yönlü olarak etkilediğini göstermektedir. Genel olarak sonuçlar, BİT yatırımının uzun dönemde Güney Kore'nin ekonomik büyümesinde önemli bir rol oynadığını ve ekonomi büyüdükçe BİT sektöründeki yatırım boyutunun da arttığını açıklamaktadır.

Appiah-Otoo & Song (2021), zengin ülkeler (yüksek gelirli ülkeler) veya fakir (orta gelirli ve düşük gelirli ülkeler) ülkelerinden hangilerinin BİT devriminden daha fazla kazanma eğiliminde olduklarını sorgulamak amacıyla 2002-2017 dönemi kapsamında 45 yüksek gelirli ülke, 58 orta gelirli ülke ve 20 düşük gelirli olmak üzere 123 ülkeden oluşan bir örneklem üzerinden, mobil, internet ve sabit geniş bant ile oluşturulan bir BİT indeksi ile BİT'in ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel veri ile analiz etmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bulgular, zengin ve fakir diye sınıflandırılan her iki ülke grubunda da BİT'in ekonomik büyümeyi artırdığını, ancak fakir ülkelerin BİT devriminden daha fazla kazanç elde etme eğiliminde olduklarını göstermektedir.

Awad & Albaity (2022), BİT ve ekonomik büyüme ilişkisini elen alan ampirik analizlerdeki önemli ilerlemeye rağmen, literatürdeki önceki çalışmaların BİT'in ekonomik büyümeyi engelleyen veya genişleten mekanizmaları ampirik olarak incelemeye iddiasından yola çıkarak, BİT'in ekonomik büyümeye katkıda bulunduğu aktarım kanallarını (dışa açıklık, DYY girişleri, eğitim, iç yatırım, politik kurumlar ve enflasyon) belirlemek için, 2004-2020 dönemi boyunca Sahra Altı Afrika'daki (SSA) 44 ülkeden oluşan bir örneklemde panel düzeltmeli standart hatalar (PCSE) ve iki aşamalı sistem GMM tekniklerini kullanmıştır. Bir BİT bileşik endeksini kullanan nedensel aracılık analizi sonucunda, büyüme teorileri tarafından öngörüldüğü gibi, BİT'in ekonomik büyümeye doğrudan katkıda bulunduğunu belirlemiştir. Ayrıca, aynı analiz, iç yatırım, dışa açıklık ve eğitimin, BİT penetrasyonunun SSA bölgesinde kişi başına GSYH'yı dolaylı olarak teşvik ettiği önemli değişkenler olarak tanımlamıştır.

3. Veri ve Yöntem

Bu kısımda çalışmada kullanılan veriler ve çalışmanın teorik ve ampirik spesifikasyonu tanımlanmaktadır.

3.1. Verilerin Tanımlanması

Bu çalışmada BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki değişimin kısa ve uzun dönemde işçi başına GSYH büyüme oranı üzerine doğrusal ve doğrusal olmayan etkileri tahmin edilmiştir. Bu bağlamda ekonometrik analizler, 2000-2016 dönemi kapsamında dijitalleşmiş 25 OECD² ülkelerinden oluşan bir örneklemin panel verileri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Örneklemdaki ülkelerin seçiminde OECD veri tabanı baz alınarak panel veri kapsamında 2000-2016 arası eksiksiz BİT sermaye yatırımı verisine sahip olma kriteri uygulanmıştır. Çalışmada zaman boyutu alt ve üst sınır olarak, 25 ülkenin bazılarında bazı yıllara ait verilerin olmaması gerekçesiyle 2000-2016 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada ekonomik büyümeyi, işçi başına GSYH değişkeni (y) ile temsil etmektedir. Bu değişkene logaritmik dönüştürme ($\ln y$) uygulandıktan sonra farkı alınarak işçi başına GSYH büyüme oranı ($\Delta \ln y$) elde edilmiştir. Tablo 1 çalışmada kullanılan değişkenleri, kısa tanımlarını, birimlerini ve veri kaynaklarını özetlemektedir.

Tablo 1: Veri Seti

Değişken	Tanım	Birim	Kaynak
$\ln y$	Logaritmik işçi başına reel GSYH	Milyon 2017 PPPs ABD \$	PWT.10.0
$\Delta \ln y$	İşçi başına reel GSYH büyüme oranı	Milyon 2017 PPPs ABD \$	PWT.10.0
i_1	BİT sermaye yatırım oranı	GSYH (%)	OECD
i_2	BİT dışı sermaye yatırım oranı	GSYH (%)	OECD

Not: PWT.10.0: Penn Dünya Tablosu sürüm 10.0'u; OECD: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Gözlemler	Ortalama	Std. Sap.	Maksimum	Minimum
$\ln y$	425	11.2786	0.3282	12.1291	10.3178
$\Delta \ln y$	400	0.0173	0.0439	0.2371	-0.1769
i_1	425	2.5139	0.7592	5.0700	0.8800
i_2	425	22.6844	3.7189	36.7400	14.7500

Tablo 2, örneklem kapsamındaki 25 OECD ülkesine ait 425 gözlemden oluşan verilerin kısa bir özetini sunan tanımlayıcı istatistikleri göstermektedir. Buna göre, 2000-2016 döneminde işçi başına GSYH büyüme oranının ortalama değeri 0.0173; BİT sermaye yatırım oranının ortalama değeri 2.5139; BİT dışı sermaye yatırım oranının ortalama değeri ise 22.6844 olarak gerçekleşmiştir.

² Örneklem kapsamındaki OECD ülkeleri: Avustralya, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, İtalya, Japonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Portekiz, Slovakya Cumhuriyeti, Slovenya, İspanya, İsveç, Birleşik Krallık ve ABD.

3.2. Teorik Spesifikasyon

Bu çalışmadaki analizler, Romer (1986), Rebelo (1991) ve Barro & Sala-i-Martin (1992) gibi içsel büyüme modelleri ışığında (1) numaralı denklemde verilen tüm sermaye girdilerine göre getirinin sabit olduğu ve her bir sermaye girdisi için de azalan verimliliğin geçerli olduğu Cobb-Douglas tipi bir üretim fonksiyonu ile temsil edilen içsel bir büyüme modeli üzerinden yapılmaktadır. Bu bağlamda Long & Summers (1991), Jones (1995) ve Ateş (2013)'ten hareketle, BİT sermaye yatırım oranının işçi başına GSYH büyüme oranı üzerinde uzun dönemli etkiler yaratıp yaratmadığını belirleyebilmek için (1) numaralı denklem oluşturulmuş ve bir optimal kontrol problemi olarak çözülerek sınamalara uygun formda ifade edilmiştir.³

Amaç fonksiyonu:

$$\max_{i_{k_1,it}, i_{k_2,it}, i_{k_3,it}} \int_{t=0}^{\infty} u(c_t) e^{-rt} dt \quad (1)$$

Kısıt fonksiyonu

$$c_{it} = (1 - i_{k_1,it} - i_{k_2,it} - i_{k_3,it})y_{it} \quad (2)$$

$$y_{it} = Ak_{1,t}^{\alpha} k_{2,t}^{\beta} k_{3,t}^{1-\alpha-\beta}; \quad 0 < \alpha + \beta < 1 \quad (3)$$

$$\dot{k}_{1,it} = i_{1,it}y_{it} - \delta k_{1,it} \quad (4)$$

$$\dot{k}_{2,it} = i_{2,it}y_{it} - \delta k_{2,it} \quad (5)$$

$$\dot{k}_{3,it} = i_{3,it}y_{it} - \delta k_{3,it} \quad (6)$$

Bu içsel büyüme modelinde i , ülkeyi; t , zamanı; u , çok dönemli sabit ikame esnekliğine sahip hanehalkı fayda fonksiyonunu; r , öznel indirgeme oranını; y , işçi başına GSYH'yi; c , hanehalkı başına tüketimi; k_1 , işçi başına BİT sermaye stokunu; k_2 , işçi başına fiziksel sermaye stokunu; k_3 , işçi başına beşerî sermaye stokunu; i_1 , BİT sermaye yatırımının GSYH'ye oranını; i_2 , BİT dışı sermaye yatırımının GSYH'ye oranını; i_3 , beşeri sermaye yatırımının GSYH'ye oranını; δ , fiziksel ve beşeri sermaye biçimleri için aynı olduğu varsayılan amortisman oranını göstermektedir. Kararlı duruma geçiş sürecinde uyarılama maliyetlerinin sıfıra eşit olduğu kabul edilirse, tüm sermaye girdileri aynı büyüme patikasını takip edecek ve üç sermaye girdisinden oluşan her bir sermaye girdisinin diğerine oranı şu şekilde sabit kalacaktır:

$$\frac{k_3}{k_1} = \frac{1-\alpha-\beta}{\alpha} = \psi, \quad \frac{k_3}{k_2} = \frac{1-\alpha-\beta}{\beta} = \gamma, \quad \frac{k_2}{k_1} = \frac{\beta}{\alpha} = \theta \quad (7)$$

(1) numaralı denklem çözülür ve düzenlenirse, (8) numaralı denklem elde edilmektedir:

$$\Delta \ln y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 i_{1,it-1} + \alpha_2 i_{2,it-1} \quad (8)$$

(8) numaralı denklem optimal kontrol probleminin çözümü sonucunda elde edilen sade içsel büyüme modelini ifade etmektedir. Bu denklemde t , zamanı; $\Delta \ln y_t$, işçi başına GSYH büyüme oranını; i_1 , BİT sermaye yatırımının GSYH'ye oranını; i_2 , BİT dışı sermaye yatırımının GSYH'ye oranını temsil etmektedir. Buna göre, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranları işçi başına GSYH büyüme oranını eşanlı ve gecikmeli olarak etkileyebilmektedir. Bu denklem çalışmanın iktisadi temelini ortaya koymaktadır.

³ (1) numaralı denklemin benzer ayrıntılı bir çözümü Demir (2022)'de yer almaktadır.

3.3. Ampirik Spesifikasyon

Bu çalışmada BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranları ve işçi başına GSYH büyüme oranı arasındaki ilişki, kısa ve uzun dönem dinamikleri çerçevesinde simetrik (doğrusal) ve asimetrik (doğrusal olmayan) olmak üzere iki boyutlu olarak tahmin edilmiştir. Teorik çözümleme sonucunda üretilen (8) numaralı denklem temelinde BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranları ile işçi başına GSYH büyüme oranı arasında kurulan teorik ilişki, Pesaran vd. (1999)'dan hareketle ampirik formda panel ARDL (Doğrusal gecikmesi dağıtılmış otoregresif model) biçiminde şu şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta \ln y_{it} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \lambda_i \Delta \ln y_{it-i} + \sum_{i=1}^{q1} \delta_{1i} \Delta i_{1,it-i} + \sum_{i=1}^{q2} \delta_{2i} \Delta i_{2,it-i} + \beta_1 \ln y_{it-1} + \beta_2 i_{1,it-1} + \beta_3 i_{2,it-1} + \varepsilon_{1it} \quad (9)$$

Denklem (9), kısa ve uzun dönem dinamikleri olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Burada uzun dönem katsayıları β_1 , β_2 ve β_3 ; kısa dönem katsayıları ise λ_i , δ_1 ve δ_2 sembolleriyle ifade edilmiştir. p ve q sembolleri, sırasıyla bağımlı değişken ve dağıtılmış gecikme kısmında kalan değişken için ilgili gecikme sıralarını; ε_{1it} ise hata terimini göstermektedir. Bağımsız değişken işçi başına GSYH büyüme oranı ile bağımsız değişkenleri temsil eden BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranı değişkenleri arasında uzun dönemli ilişki belirlenirse veya başka bir ifadeyle eşbütünleşme kurulursa, Denklem (9)'un panel hata düzeltme (PECM) modeli şu şekilde belirtilebilir:

$$\Delta \ln y_{it} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \lambda_i \Delta \ln y_{it-i} + \sum_{i=1}^{q1} \delta_{1i} \Delta i_{1,t-i} + \sum_{i=1}^{q2} \delta_{2i} \Delta i_{2,t-i} + \theta ecm_{it-1} + \mu_{it} \quad (10)$$

(10) numaralı denklemde ecm_{it-1} , hata düzeltme kısmını ve θ ise kısa dönem dinamiklerinden uzun dönem dengesine ayarlama hızını temsil etmektedir. İşçi başına GSYH büyüme oranı ile BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranları arasında uzun dönemli bir dengenin olması için θ 'nin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması beklenmektedir.

Literatürdeki çalışmaların çoğu BİT ve BİT dışı sermaye yatırımları ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal ilişkiyi incelerken, gerçekte makroekonomik değişkenlerin çoğunlukla iş çevrimlerinde asimetrik bir karakter sergilediği bilinmektedir. Bu gerekçeyle BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranları ve işçi başına GSYH büyüme oranı ilişkisi, asimetrik eşbütünleşme yaklaşımıyla NARDL çerçevesinde modellenmiştir. NARDL yaklaşımı, eşbütünleşme ve asimetrikleri modellemede diğer modelleme tekniklerine (ECM, Eşik Değerli ECM, Markov-Switching ve Yumuşak Geçişli ECM) göre önemli avantajlar sunmaktadır. Örneğin, zaman serilerinin aynı sırayla entegre edilmesi gerektiği varsayımlarını gevşetmede daha fazla esneklik sağlamaktadır (Apergis, 2015, s. 2). Pesaran vd. (1999) ve Pesaran vd. (2001) doğrusal ARDL modeline dayanan NARDL modeli (doğrusal olmayan ARDL) Shin vd. (2014) tarafından geliştirilmiştir. Shin vd. (2014), Granger & Yoon (2002)'in "saklı eşbütünleşme" olarak ifade edilen asimetrik eşbütünleşme yaklaşımından yararlanmıştır.

NARDL yöntemi, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarının pozitif ve negatif kısmi artış ve azalış toplamalarına ayrıştırılmasını şu şekilde kullanmaktadır:

$$i_1^+ = \sum_{j=1}^t \Delta i_{1j}^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta i_{1j}, 0), \quad i_1^- = \sum_{j=1}^t \Delta i_{1j}^- = \sum_{j=1}^t \max(\Delta i_{1j}, 0) \quad (11)$$

$$i_2^+ = \sum_{j=1}^t \Delta i_{2j}^+ = \sum_{j=1}^t \max(\Delta i_{2j}, 0), \quad i_2^- = \sum_{j=1}^t \Delta i_{2j}^- = \sum_{j=1}^t \max(\Delta i_{2j}, 0)$$

Shin vd. (2014)'ten hareketle, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranı ile işçi başına GSYH büyüme oranı arasında doğrusal olmayan ilişki panel NARDL (Doğrusal olmayan gecikmesi dağıtılmış otoregresif model) formunda şu şekilde modellenilebilir:

$$\Delta \ln y_{it} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p-1} \lambda_i \Delta \ln y_{it-i} + \sum_{i=1}^{q1} \delta_i^+ \Delta i_{1it-i} + \sum_{i=1}^{q2} \delta_i^- \Delta i_{1it-i} + \sum_{i=1}^{q3} \lambda_i^+ \Delta i_{2it-i} + \sum_{i=1}^4 \lambda_i^- \Delta i_{2it-i} + \rho \ln y_{it-1} + \varphi_1^+ i_{1it-i} + \varphi_1^- i_{1it-i} + \varphi_2^+ i_{2it-i} + \varphi_2^- i_{2it-i} + \varepsilon_{2it} \quad (12)$$

(12) numaralı denklemde uzun dönem katsayıları ρ , φ_1^+ , φ_1^- , φ_2^+ ve φ_2^- ; kısa dönem katsayıları ise λ_i , δ_i^+ , δ_i^- , λ_i^+ ve λ_i^- sembolleriyle ifade edilmiştir. Üst simgeler (+) ve (-) pozitif ve negatif kısmi toplamların ayrıştırılmasını temsil etmektedir. İşçi başına GSYH büyüme oranı ile BİT ve BİT dışı sermaye yatırımı oranlarındaki pozitif ve negatif şoklar arasında uzun dönemli ilişki tanımlanır veya başka bir ifadeyle eşbütünleşme kurulursa, Denklem (12)'ün doğrusal olmayan panel hata düzeltme (NPECM) modeli ekonometrik olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta \ln y_{it} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p-1} \lambda_i \Delta \ln y_{it-i} + \sum_{i=1}^{q1} \delta_i^+ \Delta i_{1it-i} + \sum_{i=1}^{q2} \delta_i^- \Delta i_{1it-i} + \sum_{i=1}^{q3} \lambda_i^+ \Delta i_{2it-i} + \sum_{i=1}^{q4} \lambda_i^- \Delta i_{2it-i} + \gamma ecm_{it-1} + \mu_{2it} \quad (13)$$

(14) numaralı denklemde, ecm_{it-1} , hata düzeltme kısmını ve γ ise kısa dönem dinamiklerinden uzun dönem dengesine ayarlama hızını temsil etmektedir. İşçi başına GSYH büyüme oranı ile açıklayıcı değişkenlerin oranlarındaki pozitif ve negatif şoklar arasında uzun dönemli bir dengenin olması için γ 'nin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması beklenmektedir.

Panel veri analizlerinde ilk adım seriler arasında yatay kesit bağımlılığının olup olmadığını sınamaktır. Yatay kesit bağımlılığının sınanmasında Breusch-Pagan (1980) LM testi, Pesaran (2004) CD testi ve Pesaran, Ullah, & Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Bias-corrected scaled LM testi kullanılmaktadır. Yatay kesit boyutunun zaman boyutundan büyük ($N > T$) olduğu durumlarda Breusch-Pagan (1980) LM testi kullanılamamakta iken, Pesaran (2004) ve Pesaran vd. (2008) CD testleri kullanılabilir. Breusch-Pagan (1980) LM testi şu şekilde gösterilebilir:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + \varepsilon_{it}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (14)$$

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N P_{ij}^2 \quad (15)$$

LM test istatistiğinde iki hipotez kurulmaktadır. $H_0: Cov(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{jt}) = 0$ (Modelde yer alan ülkeler arasında bağımlılık vardır.) ve $H_1: Cov(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{jt}) \neq 0$ (Modelde yer alan ülkeler arasında bağımlılık yoktur.) Breusch-Pagan (1980) LM testi, CD_{LM} şeklinde Pesaran (2004) tarafından geliştirilmiştir:

$$CD_{LM} = \sqrt{\left(\frac{1}{N(N-1)}\right) \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (TP_{ij}^2 - 1)} \quad (16)$$

Bu denklemde, $N > T$ ise CD_{LM} testi seviyede bozulmalar gösterdiğinden Pesaran (2004) CD testini şu şekilde geliştirmiştir.

$$CD = \sqrt{\left(\frac{2T}{N(N-1)}\right) \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (\hat{P}_{ij} - 1)} \quad (17)$$

Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen Bias-corrected scaled LM testi, k regresör numaralarını göstermek üzere şu şekilde gösterilebilir:

$$LM_{adj} = \sqrt{\left(\frac{2}{N(N-1)}\right) \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N P_{ij} \frac{(T-k)P_{ij}^2}{\sqrt{v_{Tij}^2}}} \quad (18)$$

4. Ekonometrik Analiz

Bu çalışmadaki ekonometrik analizler, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranları ile işçi başına GSYH büyüme oranı ilişkisini sınamak için matematiksel bir kalıpla oluşturulan ve çözülerek tahmin için uygun hale getirilen (1) numaralı denkleme göre yapılmıştır. Ekonometrik analizin ilk aşamasında yatay kesit bağımlılığı testleri yapılmıştır.

Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları

Test	$\ln y$	i_1	i_2
Breusch-Pagan LM	3609.721*	1218.403*	1315.929*
Pesaran scaled LM	135.1188*	37.49366*	41.47511*
Bias-corrected scaled LM	134.3375*	36.71241*	40.69386*
Pesaran CD	58.0611*	8.959074*	22.72213*

Not: * %1 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir. H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur. H_1 : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Tablo 3'e göre, seriler arasında yatay kesit bağımlılığının olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuca göre örneklem kapsamındaki ülkelerin herhangi birinde meydana gelen bir şok diğer ülkeleri de etkileyebilmektedir. Seriler arasında yatay kesit bağımlılığı yoksa, birinci nesil birim kök testleri; varsa ikinci nesil birim kök testleri ile analize devam edilmektedir (Baltagi, 2008, s. 284).

Ekonometrik analizin ikinci aşamasında değişkenlerin hangi dereceden bütünleşik oldukları saptanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Pesaran CIPS birim kök testlerinin sonuçlarına bakılmıştır.

Tablo 4. CIPS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Düzeyde		Birinci Farkta	
	a	b	a	b
$\ln y$	-2.046	-2.3727	-3.4773*	-3.5210*
i_1	-1.8907	-2.6425	-4.0372**	-3.0889*
i_2	-1.8219	-1.9125	-2.5035	-2.5219*

Not: a, sabite yer verilen; b ise sabit ve trende yer verilen modeli ifade etmektedir. * ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 4, paneldeki serilerin durağanlığını sınamak için yapılan CIPS birim kök testinin sonuçlarını göstermektedir. Birim kök analizinde gecikme değerleri Akaike Bilgi Kriterine (AIC) göre otomatik olarak belirlenmiştir. Her bir değişken için sabitli ve sabitli & trendli olmak üzere iki farklı model tahmin edilmiştir. Her iki testin sonuçlarına göre, modele katılan değişkenlerin ya seviye ya da birinci dereceden bütünleşik oldukları saptanmıştır. Birim kök testleri sonucu değerlendirildiğinde, farklı derecelerden durağanlık seviyelerinin bulunduğu tespit edildiğinden tahmin için en uygun modelin panel ARDL & NARDL modeli olduğuna karar verilmiştir.

Ekonometrik analizin üçüncü aşamasında uzun dönem tahminleri için temel oluşturacak optimal gecikme uzunlukları belirlenmiştir. Optimal gecikme uzunluğunun belirlenmesinde AIC bilgi kriteri kullanılmıştır. Buna göre optimal gecikme uzunluğu “2” olarak belirlenmiştir.

Ekonometrik analizin dördüncü aşamasında kısa ve uzun dönem dinamikleri bağlamında panel ARDL ve panel NARDL modelleri tahmin edilmiştir.

Pesaran vd. (1999) panel ARDL modeli için PMG (Pooled Mean Group) ve MG (Mean Group) olmak üzere iki tahminci geliştirmişlerdir. Uzun dönemli uzun eğim homojenliği varsayımı altında, PMG tahmincisi tutarlı ve verimlidir. MG tahmincisi, eğim homojenliği tutmadığında uzun dönem katsayılarının ortalamasının tutarlı ve verimli tahmin edilmesini sağlamaktadır. (9) numaralı denklem temelinde MG tahmincisi, uzun dönem (β_1, β_2 ve β_3) ve kısa dönem (λ_i, δ_1 ve δ_2) olmak üzere tüm katsayıların gruplar arasında değiştiğini varsayarken; PMG tahmincisi, gruplar arasında yalnızca uzun dönem katsayılarının (β_1, β_2 ve β_3) aynı olduğunu varsaymaktadır. Bu iki tahminciye ek olarak, DFE (Dynamic Fixed Effects) tahmincisi de kullanılabilmektedir. DFE tahmincisi, uzun dönem (β_1, β_2 ve β_3) ve kısa dönem (λ_i, δ_1 ve δ_2) olmak üzere tüm katsayıların gruplar arasında aynı kaldığını varsaymaktadır. Yapılan Hausman Testi sonucuna göre, olasılık değerinin %5’ten büyük olduğu saptandığından analize panel ARDL/PMG sonuçlarıyla devam edilmiştir.

Tablo 5. Panel ARDL (2,1,1) Modelinin Tahmin Sonuçları

Uzun Dönem Dinamikleri				
Bağımlı Değişken: $\ln y$				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-ist.	Olasılık
i_1	-0.1055	0.0115	-9.1560	0.0000
i_2	0.0014	0.0007	1.9603	0.0510
Kısa Dönem Dinamikleri				
Bağımlı Değişken: $\Delta \ln y$				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-ist.	Olasılık
ECT (-1)	-0.4886	0.1039	-4.7013	0.0000
$\Delta \ln y$ (-1)	-0.0295	0.0792	-0.3729	0.7095
Δi_1	0.0352	0.0131	2.6881	0.0076
Δi_2	0.0074	0.0028	2.6212	0.0093
Sabit	5.6207	1.1684	4.8105	0.0000
Trend	0.0071	0.0039	1.8260	0.0689
Hausman Testi: Chi-kare istatistiği (2): 2.1712; Olasılık: 0.3377				

Not: Bu modelde trend spesifikasyonu kapsamında yapılan sınamalara göre üç farklı modelden lineer trendin yer aldığı modelin tahmin edilmesi uygun görülmüştür.

Tablo 5, doğrusal panel ARDL (2,1,1) modelinin uzun ve kısa dönem tahmin sonuçlarını göstermektedir. Tabloda, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki değişmelerin işçi başına GSYH büyüme oranı üzerindeki kısa ve uzun dönem etkileri incelenmektedir. Modelin hata düzeltme katsayısı (HDK), $-1 < HDK < 0$ arasında bir değerde olup istatistiksel olarak negatif anlamlıdır. Buna göre tahmin edilen modelin hata düzeltme mekanizmasının çalıştığı %99 olasılıkla ileri sürülebilir. Elde edilen HDK'nın negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, kısa dönemde işçi başına GSYH büyüme oranındaki herhangi bir sapmanın uzun dönemli denge değerine yıllık %48 oranında ayarlandığı anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, 2 dönem sonra tekrar ortalamaya dönmektedir. Bu bulgu, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki artışların kısa dönemli etkilerinin daha baskın olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, yatırım oranlarındaki artışlar sonrasında örneklem kapsamındaki 25 OECD ekonomisinin uzun dönemli büyüme trendine hızlı bir şekilde geri döndüğünü göstermektedir.

Modelin ECT katsayısı negatif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı bulunduğundan modelin uzun ve kısa dönem katsayıları yorumlanabilmektedir. Buna göre, uzun dönemde BİT sermaye yatırım oranı değişkeni istatistiksel olarak anlamlı, ancak negatiftir. Kısa dönemde ise BİT sermaye yatırımı ve fiziksel sermaye yatırımı oranları istatistiksel olarak anlamlı ve beklentiler doğrultusunda pozitifdir. Başka bir ifadeyle, BİT sermaye yatırımı ve fiziksel sermaye yatırım oranları çalışan başına GSYH büyüme oranını kısa dönemde pozitif olarak etkilemektedir. Bu bağlamda BİT sermaye yatırım oranında 1 birimlik bir artış kısa dönemde çalışan başına GSYH büyümesini %3 oranında artırmaktadır.

Bu durumun olası nedenleri arasında modelin sade yapısı, modelin doğrusal olmasından, toplam fiziksel sermaye yatırımı içinde BİT sermaye yatırımının küçük bir paya sahip olması sayılabilir. BİT sermaye yatırımı modele dahil edilmeyen başka değişkenlerin etkileşimiyle daha verimli olabilmektedir.

Ekonometrik analizin beşinci aşamasında BİT sermaye yatırımı ve BİT dışı sermaye yatırım oranları ile uzun dönemli çalışan başına GSYH büyüme oranı arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin (asimetrik ilişki) sınaması panel NARDL modeli ile yapılmıştır. BİT sermaye yatırımı oranı ve uzun dönemli çalışan başına GSYH büyüme oranı arasındaki ilişkiyi açıklayan optimal modellemeyi tespit edebilmek için doğrusal panel ARDL analizinden sonra doğrusal olmayan panel ARDL analizi yapılmıştır. Başka bir ifadeyle, BİT sermaye yatırımı ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki dalgalanmaların, yani pozitif (artışlar) ve negatif şokların (azalışlar) işçi başına GSYH büyüme oranını kısa ve uzun dönemde ekonominin genişleme ve daralma dönemlerine göre asimetrik bir karakter sergileyip sergilemediği doğrusal olmayan panel ARDL modeliyle sorgulanmıştır. Bu amaçla tahmin edilen NARDL (1,1,1,1,1) modelinin uzun ve kısa dönem sonuçları Tablo 7'de özetlenmiştir.

“

Tablo 6. Panel NARDL (1,1,1,1,1) Modelinin Tahmin Sonuçları

Uzun Dönem Dinamikleri				
Bağımlı Değişken: $\ln y$				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-ist.	Olasılık
i_1^+	0.5162	0.0671	7.6872	0.0000
i_1^-	-0.1489	0.0337	-4.4181	0.0000
i_2^+	0.0759	0.0054	13.8793	0.0000
i_2^-	-0.0137	0.0022	-6.1125	0.0000
Kısa Dönem Dinamikleri				
Bağımlı Değişken: $\Delta \ln y$				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-ist.	Olasılık
ECT (-1)	-0.3129	0.0730	-4.2827	0.0000
Δi_1^+	-0.0939	0.0405	-2.3141	0.0216
Δi_2^-	0.0014	0.0544	0.0270	0.9784
Δi_2^+	-0.0211	0.0050	-4.1546	0.0000
Δi_2^-	0.0111	0.0062	1.7783	0.0767
Sabit	3.5227	0.8119	4.3384	0.0000
Trend	-0.0165	0.0038	-4.3323	0.0000

Not: Bağımlı değişkenlerin her biri pozitif ve negatif değişkenler biçiminde ayrıştırılarak türetilmiştir. Modelde gecikmelerin belirlenmesinde AIC bilgi kriteri kullanılmıştır.

Tablo 6, panel NARDL (1,1,1,1,1) modelinin kısa ve uzun dönem katsayı tahminlerini göstermektedir. Tabloda, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki pozitif ve negatif şokların işçi başına GSYH büyüme oranı üzerindeki etkileri incelenmektedir. Tabloya göre doğrusal olmayan modelin HDK'sı, 0 ve 1 arasında bir değerde olup istatistiksel olarak negatif ve anlamlıdır. Buna göre tahmin edilen modelin hata düzeltme mekanizmasının çalıştığı %99 olasılıkla ileri sürülebilir. Elde edilen HDK'nın negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, kısa dönemde işçi başına GSYH büyüme oranındaki herhangi bir sapmanın uzun dönemli denge değerine yıllık %31 oranında ayarlandığı anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, 3 dönem sonra tekrar ortalamaya dönmektedir. Bu bulgudan hareketle, BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki artışların kısa dönemli etkilerinin daha baskın olduğunu, başka bir ifadeyle yatırım oranlarındaki artışlar sonrasında örneklem kapsamındaki 25 OECD ekonomisinin uzun dönemli büyüme trendine hızlı bir şekilde geri döndüğünü göstermektedir.

Buna göre, uzun dönemde BİT sermaye yatırım oranı değişkenindeki pozitif şokların beklentiler doğrultusunda istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif; negatif şokların ise istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde, BİT dışı sermaye yatırımı oranı değişkenindeki pozitif şoklar istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif; negatif şokların ise anlamlı ve negatiftir. Örneklem kapsamındaki ülkelerde BİT sermaye yatırım oranındaki pozitif değişimler uzun dönemde çalışan başına GSYH büyümesi üzerinde %0.51 oranında pozitif etki yaparken, BİT sermaye yatırımı oranındaki negatif değişimler uzun dönemde %0.14 oranında negatif etki yapmaktadır. Başka bir ifadeyle, örneklem kapsamındaki ülkelerde BİT sermaye yatırımlarının ekonomik büyüme üzerindeki tahmini pozitif ve negatif şok etkilerinin her ikisi de uzun dönemde anlamlı bir etki bırakmaktadır. Bunun anlamı, örneklem kapsamındaki ülkelerde BİT sermaye yatırımları ekonomik büyümeye güçlü bir şekilde katkı yapmaktadır. BİT dışı sermaye yatırım oranı değişkenindeki 1 birimlik artış (pozitif şok), çalışan başına GSYH büyüme oranını %0.07'lik bir artışa yaratırken, 1 birimlik azalış (negatif şok) ise ekonomik büyümeyi %0.01 oranında azaltmaktadır.

Sonuç

Bu çalışmada dijital ekonomilerde BİT ve BİT dışı sermaye yatırımlarının ekonomik büyümeye katkısı, içsel bir büyüme modeli çerçevesinde ampirik olarak incelenmiştir. Bu amaçla, 2000-2016 dönemi kapsamında 25 OECD ülkesinden oluşan bir örneklem üzerinden toplam BİT ve BİT dışı sermaye yatırımı oranlarındaki değişimlerin kısa ve uzun dönem dinamikleri bağlamında işçi başına GSYH büyüme oranı üzerindeki doğrusal ve doğrusal olmayan etkileri panel ARDL ve panel NARDL ile araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, doğrusal ilişkiler bağlamında toplam BİT sermaye yatırım oranı ve işçi başına GSYH büyüme oranını kısa dönemde pozitif yönde; uzun dönemde ise negatif yönde etkilemektedir. Doğrusal olmayan ilişkiler bağlamında toplam BİT ve BİT dışı sermaye yatırım oranlarındaki pozitif ve negatif şokların uzun dönemde işçi başına GSYH büyüme oranına anlamlı katkılar yapmaktadır. Bir bütün olarak bulgular, uzun dönemde toplam BİT yatırım oranının işçi başına GSYH büyüme oranını hem doğrusal hem de doğrusal olmayan bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Bu bulgulardan yola çıkarak, BİT sermaye yatırımı oranı ve işçi başına GSYH büyüme oranı arasındaki uzun dönemli ilişkinin hem doğrusal (panel ARDL modeli) hem de doğrusal olmayan (panel NARDL modeli) bir biçimde modellenebildiği, ancak optimal modellemenin panel NARDL olduğu ileri sürülebilir. OECD ülkelerinde BİT sektöründeki sermaye derinleşmesinin uzun dönemli ekonomik büyümeye yansıdığı görülmektedir. Ampirik bulgular, içsel büyüme modelinin öngörülerıyla de uyushmaktadır. Bu kanıtlara dayalı olarak, örneklem kapsamındaki OECD ekonomilerinde BİT sermaye yatırımı optimal düzeyde teşvik edici ve artırıcı politikaların verimliliği artırabildiği ve böylece uzun dönemli ekonomik büyüme oranı üzerinde kalıcı etkiler yaratabildiği savunulabilir. Bu nedenle OECD ülkelerinde beşerî sermaye yatırımları eşliğinde toplam fiziksel sermaye yatırımları içinde BİT sermaye yatırımlarının payı sürekli artırılmalıdır. Çünkü BİT sermaye yatırımlarındaki süreklilik, sürekli büyümeyi beraberinde getirecektir.

Kaynakça

- Algan, N., Özmen, M., & Karlılar, S. (2017). Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: G-20 Ülkeleri İçin Bir Analiz. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), s. 1-24.
- Apergis, N. (2015). Asymmetric real exchange rate pass-through and poverty in China: Evidence from a nonlinear model. *Applied Economics Letters*, 22(12).
- Appiah-Otoo, I., & Song, N. (2021). The impact of ICT on economic growth-Comparing rich and poor countries. *Telecommunications Policy*, 45(2).
- Ateş, S. (1998). *Yeni İçsel Büyüme Teorileri ve Türkiye Ekonomisinin Büyüme Dinamiklerinin Analizi*. Adana: Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora .
- Ateş, S. (2013). Türkiye'de Fiziksel Sermaye Yatırımlarının Büyüme Oranına Uzun Dönemli Etkileri. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi*, 34(1), 63-85.
- Ateş, S., & Kaytancı, U. B. (2015). Türkiye'de Kamu Yatırım Harcamalarının Uzun Dönemli Büyümeye Etkileri. *İ.Ü Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*(52), s. 35-59.
- Awad, A., & Albaity, M. (2022). ICT and economic growth in Sub-Saharan Africa: Transmission channels and effects. *Telecommunications Policy*, 46(8).
- Baltagi, B. H. (2008). *Econometric Analysis of Panel Data*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (1992). Public Finance in Models of Economic Growth. *Review of Economic Studies*, 59(4), s. 645-661.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *Econometrics Issue*, 47(1), s. 239-253.
- Demir, Ö. (2022). Ekonomik Büyüme ve Uluslararası Sermaye Akımları Üzerine Ampirik Bir İnceleme. *Doktora Tezi*. Adana: Çukurova Üniversitesi.
- Dewan, S., & Kraemer, K. L. (2000). Information Technology and Productivity: Evidence from Country-Level Data. *Management Science*, 46(4), s. 548-562.
- Granger, C., & Yoon, G. (2002). Hidden cointegration. *Economics Working Paper Series*. San Diego: University of California.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115, s. 53 – 74.
- ITU. (2018). *Measuring the Information Society Report*. Geneva: ITU Publications.
- Jones, C. I. (1995). Time Series Tests of Endogenous Growth Models. 110(2), s. 495-525.
- Kumar, R. R., Stauvermann, P. J., & Samitas, A. (2015). The effects of ICTn on output per worker: A study of the Chinese economy. *Telecommunications Policy*, 40(2), s. 102-115.
- Lee, S.-Y. T., Gholami, R., & Tong, T. Y. (2005). Time series analysis in the assessment of ICT impact at the aggregate level – lessons and implications for the new economy. *Information & Management*, 42, s. 1009–1022.
- Levin, A., Lin, C.-F., & Chu, C.-S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108, s. 1-24.
- Long, B. D., & Summers, L. H. (1991). Equipment Investment and Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), s. 445-502.
- Niebel, T. (2018). ICT and economic growth – Comparing developing, emerging and developed countries. *World Development*, 104, s. 197-211.

- OECD. (2007). *OECD Communication Outlook*. Paris: OECD.
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *CESifo Working Paper Series*.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to The Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 289–326 .
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of the American Statistical Association*, s. 621-634.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), s. 105-127.
- Pohjola, M. (2002). The New Economy in Growth and Development. *Oxford Review of Economic Policy*, 18(3), s. 380–396.
- Rebelo, S. (1991). Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500–521, 99(3), 500–521.
- Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94, 1002–1037.
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5), s. 1002-1037.
- Sawng, Y.-w., Kim, P.-r., & Park, J. (2021). ICT investment and GDP growth: Causality analysis for the case of Korea. *Telecommunications Policy*, 45(7).
- Seo, H.-J., Lee, Y. S., & Oh, J. H. (2009). Does ICT investment widen the growth gap? *Telecommunications Policy*, 33(2009), s. 422–431.
- Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers s in a Nonlinear ARDL Framework. R. C. Sickles, & W. C. (eds.) içinde, *Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications* (s. 281-314). New York: Springer.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to The Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- Y. Toda, H., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), s. 225-250.

Extended Abstract

Background

The impact of innovation and technology expansion on economic growth and development has been known for a long time. Information and communication technologies (ICT) increase the accessibility of information, develop new communication methods, reshape productive processes, and increase the efficiency of many different economic activities. In this context, investment in ICT capital is seen as the main driving force of productivity growth. Because investment in ICT capital in a country can create a higher productive production capacity in addition to the country's existing physical capital stock and pave the way for the creation of a larger output level, accompanied by a certain level of human capital.

Research Purpose

This study theoretically and empirically investigates the contribution of ICT and non-ICT capital investments to economic growth in digital economies. For this purpose, the study tests the contribution of ICT and non-ICT capital investment rates to the growth rate of GDP per worker, in a linear and non-linear way in the context of short and long-run dynamics on a sample consisting of 25 OECD countries within the scope of the 2000-2016 period. The study focused on the nonlinear relationship between ICT and non-ICT capital investment rates and the growth rate of GDP per worker.

Methodology

The methodology of this study consists of two dimensions: theoretical and empirical. Firstly, as a theoretical structure, this study defines the relationship between ICT and non-ICT capital investment and economic growth as an optimal control problem using a mathematical pattern, through an endogenous growth model represented by a Cobb-Douglas type production function. Secondly, this study empirically investigates the changes in the rates of ICT and non-ICT capital investment to the growth rate of GDP per worker, in a linear and non-linear way, in the context of short and long-run dynamics by panel ARDL & NARDL approach.

Findings

According to the results of the analysis, in a linear way, ICT capital investment rate affect GDP growth rate positively in the short run, but negatively in the long run. In addition to this finding, positive and negative shocks in ICT capital investment and non-ICT capital investment rates make significant contributions to the GDP growth rate in the long run. Accordingly, while positive changes in ICT capital investment rate have a positive effect on GDP growth per person employed in the long run by 0.51%, negative changes in ICT capital investment rate have a negative impact on GDP growth by 0.14% in the long run. The findings as a whole show that ICT capital investment rate affect GDP growth rate, both in a linear and non-linear way in the long run.

Conclusion

Based on the findings, it can be argued that the long-run relationship between the ICT capital investment rate and the growth rate GDP per worker can be modeled both linearly (panel ARDL model) and nonlinearly (panel NARDL model), but panel NARDL is the optimal modeling. This finding may have important implications for economic policies. Based on this evidence, economic policies that optimally encourage and increase ICT capital investment in digital economies increase productivity and can have a lasting impact on the long-term growth rate.