



İnovasyon, Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Ampirik İlişki: OECD Ülkeleri için Panel Veri Analizi

Empirical Relationship Between Innovation, Human Capital and Economic Growth: Panel Data Analysis for OECD Countries

Ahmet Münir GÖKMEN¹

Şeyma SERTÇELİK^{2*}

¹ İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İYBF, İşletme Bölümü, ahmetgokmen@esenyurt.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-3659-2741>

² İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İYBF, İşletme Bölümü, seymasertcelik@esenyurt.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0403-4972>

* Yazışılan Yazar/Corresponding author

Makale Geliş/Received: 15.05.2021

Makale Kabul/Accepted: 21.06.2021

Öz

Günümüzde hem teknolojik ilerlemeler hem de rekabet düzeyleri dikkate alındığında, ülkelerin ekonomik büyümesinin en önemli unsurlarından birinin inovasyon olduğu görülmektedir. Bireylerin bilgi, beceri ve vasıfları ile ortaya koyduğu üretkenliği ifade eden beşeri sermaye ise, inovasyon ve ekonomik büyüme süreçlerinde önemli bir yere sahiptir. Bugüne dek yapılan birçok çalışma, Türkiye ekonomisine odaklanmaktadır. Geniş kapsamlı bir çalışma yapılması ve ülkeler arası karşılaştırmalara yer verilerek politika önerilerinde bulunulabilmesi amacıyla bu çalışmada, OECD ülkelerinde inovasyon, beşeri sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisi panel veri analizi ile araştırılmıştır. Çalışmanın temel hipotezi, "inovasyon ve beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasında ilişki vardır" şeklinde oluşturulmuştur. Sırasıyla klasik model, sabit etkiler modeli ve rassal etkiler modeli tahmin edilmiş, ardından Hausman testi ile rassal etkiler modelinin etkin sonuçlar verdiği saptandığından, rassal etkiler modeliyle analize devam edilmiştir. Sonrasında varsayımlardan sapmaların tespiti gerçekleştirilmiş, robust standart hatalar kullanılarak nihai modele ulaşılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; inovasyon ve beşeri sermaye değişkenlerinin ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ekonometrik modele dahil edilen değişkenlerin anlamlı sonuçlar vermesi, ekonomik büyümenin belirleyicileri olarak beşeri sermaye ve inovasyonun OECD ülkelerinin tamamı için önemli belirleyiciler olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: İnovasyon, Beşeri Sermaye, Ekonomik Büyüme, OECD Ülkeleri, Panel Veri Analizi

JEL kodları: O30, J24, O47, O57, C33

Abstract

Today, considering technological advances and competition levels, innovation is one of the most important elements of the economic growth of countries. Human resource is an important asset in innovation and economic growth processes, reflecting the productivity of individuals with their knowledge, skills and qualifications. Many studies focus on the Turkish economy. In this study, the relationship between innovation, human capital and economic growth in OECD countries was researched using panel data analysis and comparisons between countries in order to make a comprehensive study and to make policy recommendations. The basic hypothesis in this research study was formed as "There is a relationship between innovation, human capital and economic growth". The classical, fixed effect and random effects models were estimated respectively, it was determined that the random effects model gave effective results with Hausman test and the analysis continued with the random effects model. Afterwards, the deviations from the assumptions were determined and the final model was reached by using robust standard errors. According to the analysis results; It has been determined that innovation and human capital variables have a statistically significant effect on economic growth. The meaningful results of the variables included in the econometric model indicate that human capital and innovation as determinants of economic growth are important determinants relevant to all OECD countries.

Keywords: Innovation, Human Capital, Economic Growth, OECD Countries, Panel Data Analysis

JEL codes: O30, J24, O47, O57, C33

1. GİRİŞ

Ekonomik büyüme, ülkelerin belirli bir zaman dönemi boyunca üretim faktörlerinde meydana gelen artış şeklinde tanımlanmaktadır. Özellikle Endüstri Devrimi ile birlikte üretim faktörlerinin öneminin artması ve buna bağlı olarak çıktı miktarında da bir artış oluşması, ekonomik büyüme olgusunun iktisadi literatürdeki öneminin daha da artmasına imkan sağlamıştır. Uzun yıllar boyunca üzerine çokça tartışmalar gerçekleştirilen bu kavram, gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkeler arasındaki gelir farklarının önemli ölçüde artması nedeniyle her bir ülke için ulaşılmak istenen bir amaç olarak ortaya çıkmaktadır (Tunalı ve Yılmaz, 2016: 296).

Beşeri sermaye ise OECD (1996)'nin ortaya koyduğu tanıma göre, bireylerin mal ve/veya hizmet üretmek amacıyla ortaya koymuş oldukları bilgi birikimi, tecrübe ve yetenek gibi niteliksel özelliklerin tümünden oluşmaktadır (Edvinsson ve Malone, 1997). Ek olarak, bireylerin üretken bir şekilde çalışmaları, asgari geçim şartları için gerekli olan kaynaklara erişimleri ve hizmette bulunmaları sonucu gelir sağlamalarına olanak sağlayan yetenekler ve beceriler de beşeri sermaye olarak ifade edilmektedir (Berber, 2004: 29). Bu nitelikler aracılığıyla ve teknolojik gelişmeleri de takip ederek gelir sağlanmasına katkıda bulunmak gerek ulusal gerek uluslararası alanda ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır.

Neoklasik büyüme teorisi 1956 yılında Solow tarafından ortaya konmuştur. Sermaye, emek ve teknolojiye ilerlemelerin bir ülkenin toplam gelirini nasıl etkilediğini belirleme amacındadır. Bu modelin temel varsayımlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Piyasada homojen bir ürün üretilmekte ve tüketilmektedir. Bu ürün ülkenin milli gelirini oluşturmaktadır.
- Piyasada tam istihdam ve tam rekabet koşulları söz konusudur.
- Uluslararası yakınsama hipotezi benimsenmektedir. Yani aynı koşullara sahip gelişmekte olan ülkelerin, gelişmiş ülkelere hızla büyüyerek aradaki refah ve gelir farkını giderebilecekleri varsayılmaktadır.
- Ekonomi her zaman dengeli bir büyümeye sahip olacaktır.
- Üretim fonksiyonu için ölçeğe göre sabit getiri fonksiyonu kabul edilmiştir. Buna göre; girdi miktarı hangi oranda artarsa çıktı miktarı da aynı oranda artmaktadır (Konya, 2012: 16-17).

Söz konusu büyüme modeli Cobb-Douglas üretim fonksiyonu yardımıyla şu şekilde ifade edilebilmektedir;

$$Y=F(K,L)=K^{\alpha}L^{1-\alpha}$$

Y; çıktı düzeyini, K; sermayeyi ve L; işgücü miktarını belirtmektedir.

Neoklasik büyüme teorisi literatüre yıllarca hâkim olmuş fakat ülkelerin gelişmişlik düzeylerindeki farklılığı açıklamakta özellikle 19.yüzyıl başlarından itibaren yetersiz kalmaya başlamıştır. Bu gibi sorunlara çözüm bulamadığından yeni bir büyüme modeli öne sürülmüştür. 1980'lerde geliştirilen ve büyüme literatürüne oldukça katkısı olan İçsel Büyüme Modelleri iktisatçıları yoğun bir şekilde etkilemiştir (Demir ve Üzümcü, 2003).

Beşeri sermayenin ekonomik büyüme ile ilişkisini açıklayan içsel büyüme modeli de Lucas (1988) tarafından ortaya konmuştur. Bu modelde beşeri sermaye büyümenin itici gücü olarak gösterilmektedir (Lucas, 1988; Grossman ve Helpman, 1991). A. Smith, A. Marshall, J. Schumpeter, P. Romer (1986), R. Lucas (1998), R. Barro (1990), J. Greenwood (1990) ve Javanovic (1990) gibi iktisatçıların içsel büyümeye önemli katkıları olduğu görülmektedir. İçsel büyüme modelinin temel varsayımları ise şunlardır;

- Ekonomik büyüme, sistem dahilinde aranmalıdır ve bu sistemi dışarıdan etkileyen bir etken bulunmamaktadır.
- Teknolojik gelişme içsel bir faktördür ve ekonomik kararlara bağımlıdır.
- Neoklasik üretim fonksiyonunun aksine, artan verimlere dayanan üretim fonksiyonu benimsenmektedir.
- Yakınsama hipotezi reddedilmekte ve gelişmiş ülkelerle olan gelir farkının artmaması için gerekli önlemlerin alınması gerektiği ifade edilmektedir.
- Eğitim, sağlık, hükümet politikaları gibi faktörler uzun dönemde ekonomik büyümeyi olumlu bir şekilde etkilemektedir (Konya, 2012: 20-21).
- Optimal büyüme oranına ulaşılabilmesi için devletin ekonomiye müdahale etmesi şarttır (Yülek, 1997: 2)

İçsel büyüme modellerinde, neoklasik büyüme modelinin aksine sermayenin azalan getiri varsayımı dışlanarak, teknolojik gelişmenin var olmadığı durumlarda da beşeri sermayeye dayanarak uzun dönemde kişi başına düşen büyümenin sürdürülebileceğini oldukça basit bir şekilde gösteren model Rebelo'ya (1991) aittir. Rebelo'nun AK modeli olarak bilinen denklemi, Romer (1986) ve Lucas (1988) tarafından da benimsenmiştir.

$$Y = AK$$

şeklinde ifade edilen denklemde, sermaye birikim faktörü ile ekonomik çıktı arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayılmaktadır. Böylece beşeri sermaye iktisat literatüründe yerini almış ve içsel büyüme teorileri büyüme olgusunu beşeri sermaye, teknolojik gelişme ve AR-GE gibi faktörlerden faydalanarak açıklamaya çalışmıştır (Eser ve Gökmen, 2009).

Gelişen ve dijitalleşen dünyadaki artan rekabet süreklilik, kararlılık gibi kavramları öne çıkarmaktadır. Bu kavramların temelinde de ekonomik büyüme bulunmaktadır. Karl Marx, Adam Smith gibi önemli yazarlar yenilik kavramını tarihsel açıdan incelemiştir. Özellikle Karl Marx'ın etkilediği Schumpeter mevcut faktörlerin sürekli ortadan kalktığı ve yeni faktörlerin ortaya çıktığı; AR-GE (Araştırma-Geliştirme) ve inovasyon fonksiyonlarının öne çıktığı 'yaratıcı yıkım' adı altında bir ekonomik yenilik teorisi yayınlamıştır (Basılğan, 2011). Yeni iş kuranlar veya iş süreçleri ile ilgili değişikliklere gitmek yönünde girişimcileri bu pencereden de desteklemiştir. Schumpeter teknolojiyi içsel olgu olarak görmekte ve etkilerine o açıdan bakmaktadır. Yeni teknolojilerin, AR-GE çalışmalarının yeni fırsatlar yarattığı, rekabet gücünü artırdığı görülmektedir. Girişimcilerin, işletmelerin bilgiye yatırım yapması; toplum, kültür ve beşeri alanlarda bilgi seviyesinin yükseltilmesi yönünde geliştirici faaliyetlere yol vermektedir. Bu alanda yapılan teorik çalışmalar arasında Solow-Swan modelinde ekonomik büyüme kapsamında teknoloji bir dış değişken olarak gözükmektedir. Sonuçta inovasyon ve ekonomik büyüme ilişkisi incelendiğinde

inovasyonun desteklediği yeni teknolojilerin ekonomik büyüme göstergeleri ile karşılaştırılması sonuç çıkarıcı olmaktadır. İnovasyon kapsamında yapılan AR-GE yatırımları yani bu yatırımların GSYH'ya (Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla) oranı ve teknolojik gelişmenin belgeleri olan patentlerin sayıları değerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ekonomik büyüklük olarak da GSYH ve kişi başı gelir tabloları değerlendirmeye alınmaktadır. Genç nüfus ve büyüme dinamikleri güçlü gözükten BRICS-TM (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika, Türkiye, Meksika) ülkeleri arasında yapılan değerlendirmeler kapsamında öncelikle GSYH değerleri arasında büyük farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Kişi başı gelirdeki artış önemli bir ekonomik büyüme göstergesi olarak kabul edilmiştir. AR-GE çalışmalarına ve inovasyona önem veren ülkeler listesinin başında yer alan Çin, büyüme ile olan ilişkiyi açık bir şekilde ortaya koyan rol model ülke olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan bir çok araştırma sonucunda görülen özellikle uzun vadede inovasyon ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkileyen bir değişken olarak ortaya çıkmaktadır. (Dam ve Yıldız, 2016).

İnovasyon, beşeri sermaye ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler ile ilgili olarak yapılan çalışmalar güncelliğini korumakta ve hâlâ araştırmalara konu olmaktadır. Bu çalışmada da inovasyon ve beşeri sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi birlikte ele alınmaktadır. Ele alınan veri setinin sınırlı olması nedeniyle analiz 2013-2019 yıllarını kapsamaktadır. Kısa dönem analizi yapılmış olması, bu çalışmanın kısıtını oluşturmaktadır. Fakat çalışmanın temel hipotezinin, bugüne kadar yapılmış çalışmalardan farklı olarak OECD ülkelerine odaklanması ve inovasyon değişkenini endeks değerlerini kullanarak analize dahil etmesi açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bölümden sonra öncelikle literatür aktarılacak, ardından veri seti ve ekonometrik yöntem tanıtılarak, uygulama ve sonuç kısmı ile çalışma tamamlanacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Ekonomik büyüme üzerinde etkili olabilecek birçok makro ekonomik değişken hem ulusal hem uluslararası yazında araştırmalara konu olmuştur. Değişkenler arasındaki ilişkilerin tespiti çeşitli ekonometrik analizler yardımıyla incelenmiştir. OECD ülkeleri için inovasyon ve beşeri sermaye değişkenlerini analize birlikte dahil eden bir çalışmaya ulaşılamamış olması, bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır. Dolayısıyla çalışmanın ekonometrik analiz aşamasında yer alan modelde iki bağımsız değişken yer almaktadır. Bu nedenle literatür özeti de iki alt başlık halinde verilmiştir.

2.1. İnovasyon ve Ekonomik Büyüme

Ülkü (2004), AR-GE, inovasyon ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi OECD'ye üye ülkeler ile OECD üyesi olmayan ülkeler şeklinde iki gruba ayırarak panel veri analizi ile incelemiştir. 1981-1997 dönemine ait verilerin kullanıldığı çalışmada her iki grup için inovasyon ile kişi başına düşen milli gelir değişkenleri arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki bulunmuştur. Güloğlu ve Tekin (2012), yüksek gelire sahip OECD ülkelerinde AR-GE'ye yapılan harcamalar, inovasyon ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1991-2007 yılları arasında panel nedensellik analizi ile incelemiştir. Bir yıllık döneme ait patent sayıları inovasyon ölçütü olarak kullanılmıştır. GMM ve panel sabit etkiler yöntemleriyle üç değişkenli panel vektör otoregresif (PVAR) modelini kullanarak hem iki hem de çok değişkenli nedensel ilişkiler test edilmiştir. İki değişkenli panel nedensellik testi sonuçlarına

göre, AR-GE harcamaları ile inovasyon arasında nedenselliğin var olduğu ve inovasyon değişkeninin ekonomik büyümeye de neden olduğu sonucuna varılmıştır. Gülmez ve Akpolat (2014), Türkiye ile 15 AB üye ülkelerinde AR-GE, inovasyon ve ekonomik büyüme arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmıştır. Değişkenler arasındaki ilişki dinamik panel veri (GMM) metodu ile analiz edilmiştir. Patent sayılarının inovasyon göstergesi olarak ele alındığı çalışmada, ekonomik büyüme ile inovasyon ve AR-GE faaliyetleri arasında pozitif ilişkinin belirlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Galindo ve Mendez (2014), girişimcilik, inovasyon ve ekonomik büyüme ilişkisini ele aldığı çalışmasında panel veri analizini kullanmıştır. 13 gelişmiş ülkenin incelendiği ve inovasyonun patent sayıları ile belirlendiği çalışmada, girişimcilik ve inovasyonun ekonomik büyümeyi artırdığı saptanmıştır. Özkul ve Örün (2016), girişimcilik ve inovasyon değişkenlerinin ekonomik büyüme üzerinde gösterdiği etkiyi inceledikleri çalışmalarında 8 OECD ülkesini ele almıştır. İnovasyon yoğunluğunun, toplam patent sayısının GSYH'ye bölünmesi yoluyla analize dahil edildiği çalışmada, inovasyon ile büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Pradhan vd. (2017), 1970-2016 döneminde 32 yüksek gelirli OECD ülkesi için panel eşbütünleşme tekniklerini kullanmıştır. İnovasyon ölçütü olarak patent sayıları ile ilgili 5 farklı hesaplama (patent başvurularının sayısı, yerleşik olmayanların patent başvurularının sayısı, toplam patent başvurularının sayısı, AR-GE'ye yönelik kamu ve özel harcamaları ölçen araştırma ve geliştirme harcamaları) analize dahil edilmiştir. Çalışmada, inovasyon ve büyüme değişkenlerinin eşbütünleşik olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, farklı değişkenler hesaba katılarak, uzun vadede inovasyon ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensel ilişki olduğu doğrulanmıştır. Çütçü ve Bozan (2019), G7 ülkeleri üzerine 1981-2016 yıllarına ait veri setini kullandığı çalışmasında inovasyon ölçütü olarak patent sayılarını kullanmıştır. Panel veri analizi sonuçlarına göre, büyüme değişkeninden inovasyon değişkenine doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Akyol ve Demez (2020), yeni endüstrileşen ülkeler için (Türkiye, Çin, Malezya, Meksika, Filipinler, Güney Afrika, Tayland, Brezilya) panel regresyon ve GEKK tekniklerini kullanmıştır. Patent ve marka başvuru sayısının inovasyon ölçütü olarak kullanıldığı çalışmada, söz konusu değişkenin GSYH için önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kesbiç ve Şimşek (2020), Schumpeter'in Yenilikçi Kuramını panel veri analizi ile test ettikleri araştırmalarında, 33 OECD ülkesini ele almıştır. İnovasyonu temsilen patent başvuru sayısının kullanıldığı çalışmada değişkenler arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiş ve DOLSMG tahmincisi ile inovasyonun ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece Schumpeter'in hipotezi doğrulanmaktadır.

2.2. Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme

Beşeri sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, İçsel Büyüme Modelinin öncüleri olan Schultz (1961), Arrow (1962), Becker (1964) ve Uzawa (1965) tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Bu çalışmaları takiben Romer (1986) ve Lucas (1988), bireylerin ekonomik büyüme ile ilişkisini incelemiş, Barro (1989) ise 1960-1985 yıllarına ait verilerle büyüme, verimlilik ve yatırım ilişkisini 98 ülkeyi dahil ettiği analizinde büyüme ile insan sermayesi arasında pozitif yönlü ilişki olduğunu tespit etmiştir. Bu nedenle fakir ülkeler, ne kadar yüksek insan sermayesine sahip olursa zengin ülkelere yetişme eğilimi de o denli yüksek olmaktadır. Gelişmiş ülkelerle ilgili bir diğer önemli çalışma, Cohen ve Soto'nun (2001) çalışmasıdır. Bu çalışmada 1960'tan 2000 yılına kadar yapılan analizde

OECD ülkelerinin de dahil edildiği 38 ülkeyi kapsayan çalışmanın sonuçlarına göre, ekonomik büyümenin %8'inin beşeri sermaye tarafından belirlendiği sonucuna ulaşılmıştır (Afşar, 2009: 89). Querios ve Teixeira (2014), Pelinescu (2015) ve Parlakyıldız'ın (2015) çalışmalarında da, değişkenlerin birbirini pozitif yönde etkilediği saptanmıştır (Çeştepe ve Gençel, 2019: 141). Koç ve Ata (2012), Türkiye ile 27 AB üye ülkelerini 2008 yılına ait verilerle sosyal sermaye ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki yönünden karşılaştırmıştır. Buradan hareketle oluşturulan ekonometrik modele beşeri sermaye değişkeni de dahil edilmiştir. Analiz sonucunda sosyal sermaye ile ekonomik büyüme arasında pozitif, beşeri sermaye ile ekonomik büyüme arasında anlamlı ve negatif bir ilişki bulunmuştur. Çadil vd. (2014), ekonomik büyüme ile beşeri sermayenin (yüksek öğrenime sahip çalışanların, bölgedeki toplam çalışan sayısına oranı ile ölçülmüştür) ve işsizliğin etkilerini zaman serisi analizi ile incelemiştir. Çalışma bulgularına göre; krizden ve beşeri sermayeden ekonomik büyümenin etkilendiğini belirtmişlerdir. Bozkurt ve Balmumcu (2018), 1970-2016 veri dönemi için Türkiye'nin de aralarında yer aldığı 30 gelişmekte olan ülkede ekonomik büyüme-beşeri sermaye ilişkisini panel eşbütünleşme testleri ile belirlemeye çalışmıştır. Westerlund eşbütünleşme test sonucuna göre, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Çeştepe ve Gençel (2019), beşeri sermaye (eğitim harcamaları ile ölçülmüştür) ve ekonomik büyüme ilişkisini 1998-2016 aylık verileri ile incelemiştir. Beşeri sermayeyi temsilen eğitim harcamaları ile mesleki, bilimsel ve teknik faaliyetlere yapılan harcamalar dikkate alınmıştır. Sonuç olarak GSYH ile mesleki, teknik ve bilimsel faaliyetlere yapılan harcamalar arasında çift yönlü, GSYH ile eğitim harcamaları arasında ise tek yönlü nedensellik olduğu ifade edilmiştir. Diebolt ve Hippe (2019) çalışmalarında Avrupa bölgelerinde beşeri sermaye, inovasyon ve ekonomik gelişme arasındaki uzun vadeli ilişkiye odaklanmıştır. Beşeri sermaye ölçütü için okuryazarlık ve nüfus, ekonomik kalkınma için kişi başına patent başvurusu ve kişi başı GSYH'yı dikkate almışlardır. Çalışma, geçmiş bölgesel beşeri sermayenin, inovasyon ve ekonomik kalkınmadaki var olan bölgesel eşitsizlikleri açıklayan önemli bir faktör olduğunu ifade etmişlerdir.

Literatür incelendiğinde inovasyon, beşeri sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisini OECD ülkeleri için inceleyen çalışmaya bildiğimiz kadarıyla ulaşamamıştır. Ayrıca çalışmalarda inovasyon değişkenini temsilen büyük oranda "AR-GE harcamaları" ile "patent sayısı"nın kullanıldığı görülmektedir. Fakat bu değişkenler kullanılarak yapılan analizlerde, inovasyonu etkileyen diğer bileşenler (eğitim, insan kaynağı vb.) dikkate alınmamaktadır. Bu doğrultuda endeksler çok sayıda değişkeni ele alarak hesaplandığından, inovasyonla ilgili yapılan analizlerde önem arz etmektedir. 1990'ların sonlarından itibaren, farklı yenilik sistemlerinin performanslarını karşılaştırmak için en bütünleştirici yaklaşım, endekslerin ve sıralamaların kullanılmasıdır. Endekslerin ve sıralamaların çekiciliği, karar verme aşamasında siyasi ve operasyonel önemi temel alır. Bu endekslerin sıralamalarının analizi, dünya genelindeki politika yapıcılara ve hükümetlere, özellikle sanayileşmiş ülkelerde, gelecekteki kalkınma yollarını belirleme ve yenilik politikaları tasarlama konusunda yardımcı olmaktadır (Sonrexa ve Moodie, 2013).

Bu çalışma ise, inovasyon değişkenini endeks değerleri üzerinden ele alarak literatüre katkıda bulunmayı ve gelecekte yapılacak olan çalışmalarda endeks değerlerinin daha yoğun bir şekilde dikkate alınmasını ve analiz edilmesini hedeflemektedir. Ayrıca çalışmanın

inovasyon ile beşeri sermaye arasındaki ilişkiye vurgu yaparak, ülkemiz için de yol gösterici politikalarda bulunulması planlanmaktadır.

3. VERİ SETİ VE EKONOMETRİK METODOLOJİ

Bu çalışmada OECD ülkelerinde^a Ekonomik Büyüme, Beşeri Sermaye ve İnovasyon ilişkisini incelemek amacıyla yıllık veriler kullanılmıştır. Bu veriler 2013-2019 yıllarını kapsamaktadır. Zaman boyutu 7 yıl iken, birim boyutu 37 olmak üzere tüm OECD ülkelerinden oluşmaktadır. Analiz döneminin 2013 yılından başlama nedeni, inovasyon değişkeni için elde edilen endeks değerlerinin 2013 yılından itibaren ulaşılabilir olmasıdır. 2020 yılının dahil edilememesi sebebi ise, ekonomik büyüme ve beşeri sermaye değişkenlerine ait verilerin henüz yayımlanmamış olmasıdır. Dolayısıyla analizler, veri kısıtı nedeniyle 2013 yılından başlamış ve 2019 yılına kadar yapılabilmektedir.

Ekonomik büyüme değişkenine ilişkin veriler Dünya Bankası'nın (World Development Indicators-WDI), Beşeri Sermaye değişkenine ilişkin veriler Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'nın (United Nations Development Programme-UNDP), İnovasyon değişkeni ise Küresel İnovasyon Endeksi'nin (Global Innovation Index-GII) resmi sitesinden elde edilmiş ve logaritmik dönüşümlü değerleri kullanılmıştır. Beşeri sermaye endeksinin temsilen Barro ve Lee (2012)'yi takiben ortalama okullaşma oranı dikkate alınmıştır. Oluşturulan ekonometrik model aşağıdaki gibidir;

$$GDP_{it} = \beta_0 + SR_{it} + INO_{it} + \varepsilon_{it}$$

Çalışmaya dahil edilen değişkenler, simgeleri ve açıklamaları ise aşağıdaki tabloda belirtilmiştir;

Tablo 1. Değişken Adı ve Simgeleri

Değişken Adı	Simge	Açıklama
Ekonomik Büyüme	GDP	ABD Doları Cinsinden Kişi Başına Düşen Reel GSYH
Beşeri Sermaye	SR	Ortalama Eğitim Süresi (Okullaşma Oranı)
İnovasyon	INO	Endeks Değerleri

Küresel İnovasyon Endeksi (GII), 2007 yılındaki kuruluşundan itibaren ekonomik politika stratejilerinin bir parçası olarak inovasyon sıralamalarını yayımlamaktadır. GII; Cornell

^a Ekonometrik analize tüm OECD ülkeleri dahil edilmiştir. Bu ülkeler; Almanya, ABD, Avustralya, Avusturya, Belçika, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Kolombiya, Kore, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, Şili, Türkiye, Yeni Zelanda, Yunanistan şeklindedir.

Üniversitesi (ABD), INSEAD^b ve Birleşmiş Milletler'in uzmanlaşmış bir kuruluşu olan Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (WIPO) tarafından ortak olarak yayımlanmaktadır. Bu kuruluşlar, yenilik potansiyeli düzeyini değerlendirmek ve yeniliği teşvik eden politika ve uygulamaların geliştirilmesini desteklemek amacıyla GII'yi geliştirdi. Bu özel indeksin ulusal inovasyon kapasitelerinin bir ölçüsü olarak kullanılması, son yıllarda inovasyon literatüründe kabul edilmiştir (Al-Sudairi vd., 2014; Crespo ve Crespo, 2016; Jackson vd., 2016; Sohn vd., 2016; Prim vd., 2017). GII, her biri birkaç etkinleştirici üzerinde geliştirilen iki alt endekse dayanmaktadır. Zamanla, bu endeks iyileştirilmiş ve 2015 yılına kadar 5 girdi sağlayıcısına (kurumlar, insan sermayesi ve araştırma, altyapı, pazar karmaşıklığı ve iş karmaşıklığı ve iki çıktı etkinleştirici, bilgi ve teknoloji çıktıları ve yaratıcı çıktılar) bölünerek 79 göstere dahil edilmiştir. GII'nin 2020 baskısı, Bilgi Ortaklarının uzmanlığından yararlanmaktadır. Bu uzmanlıklar Hindistan Endüstrisi Konfederasyonu (CII), Dassault Systèmes—3D EXPERIENCE Şirketi ve Brezilya Ulusal Sanayi Konfederasyonu (CNI) ile ayrıca önemli bir Danışma Kurulu'ndan oluşmaktadır. Avrupa Komisyonu ise Ortak Araştırma Merkezi (JRC) ile, art arda onuncu yıl GII sıralamalarını ve ilgili hesaplamaları denetlemektedir^c.

3.1. Panel Veri Analizi

Ekonometrik uygulamalarda 3 ana veri türü yer almaktadır. Bunlar; yatay kesit veri, zaman serisi verisi ve panel veridir. Zaman serisi, bir veya birden fazla değişkenin değerlerinin tek bir birim için zaman içerisindeki değişimini belirten verilerdir. Örneğin; yıllık reel milli gelir, mevsimlere göre işsizlik oranı, aylık ihracat gelirleri vb. değişkenler zaman serisi verileridir. Yatay kesit veri, zamanın belirli bir anında gözlenen farklı birimlere ilişkin verilerdir. Örneğin; illere göre belirli bir yıldaki enflasyon oranı, yedi coğrafi bölgede yer alan işletmelerin çalışan sayıları, kuruluş yılları vb. veriler yatay kesit verilerdir. Panel veri ise, birden fazla birimin zaman içerisindeki değişimini belirterek zaman serisi ile yatay kesit verilerinin bir bütün olarak analiz edilmesine imkan tanımaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2012: 2-3). OECD ülkeleri için 2010-2019 yıllarına ait nüfus verileri de panel veriye örnek olarak gösterilebilir.

Panel veri analizi, kullanılan tahmin teknikleri ve detaylı sonuçların elde edilebilmesi açısından zengin bir içerik sağlayarak ekonometrik literatürdeki en yenilikçi analiz yöntemlerinden biridir. Panel veri N tane birim ve her bir birimin zaman boyutunu belirten T sayıda gözlemden meydana gelmektedir. Burada dengeli ve dengesiz panel ile birim etki kavramlarına da değinmek gerekmektedir. Dengeli panel; analize dahil edilen tüm birimlerin tüm dönemlerde eksik veriye sahip olmaması durumudur. Eğer, en az bir eksik veri varsa dengesiz panel söz konusu olur. Örneğin; 81 il için 1990-2010 aralığında enflasyon oranı verisinin gözlemlendiği varsayalım. Konya ili için 1994, Ankara ili için 2009 yılına ait veri eksikse bu veri seti dengesiz panel olarak adlandırılır. Birim etki ise; birimlere ait gözlemlenemeyen etkileri ifade etmektedir. Birimden birime değişen ancak zamana göre sabit kalan bir değişken olarak düşünülebilir (Hausman ve Taylor, 1981: 1377). Örneğin;

^b INSEAD, dünya üzerinde geniş ölçüde kabul gören en büyük lisansüstü işletme kurumlarından biridir. Financial Times tarafından 2019 yılında Avrupa İşletme Okulları arasında 5. sırada gösterilmiştir.

^c <https://www.globalinnovationindex.org/about-gii#board> (Erişim Tarihi: 05.04.2021)

incelenen birimler bireyse, birim etki bireylerin yetenekleri olabilir. Birimler firmaysa, çalışanların birbirleri ile uyumu ya da yöneticilerin risk alma eğilimleri olabilir. Birimler şehirlerse, gelenek-görenekler ya da komşuluk ilişkileri olabilmektedir. Panel veri analizinin avantajları ise şu şekilde sıralanabilir;

- Sadece zaman serisi ya da sadece yatay kesit veriyle kurulamayacak kapsamlı modellerin kurulmasına ve test edilmesine olanak vermektedir.

- Araştırmacıya daha kapsamlı veri grubu ile analiz yapma fırsatı sağlar ve böylece trend eğilimini azaltır. Bu durum daha güvenilir katsayı tahminleri, daha yüksek serbestlik derecesi ile etkin sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

- Zaman serisi ve yatay kesit veri analizinde heterojenlik sorunu kontrol edilemediğinden elde edilen sonuçların sapmalı olma riski yüksektir. Fakat panel veri analizinde birim değişkenliği ve gözlenemeyen heterojenlik modele dahil edebilmektedir (Baltagi, 2005: 4-9; Nart, 2008: 8-10). Böylece hem yanlış tahminlerden kaçınma olanağı doğmaktadır hem de yatay kesit veya zaman serisi verileri ile tam olarak dikkate alınmayan etkiler panel veriler ile belirlenebilmekte ve ölçülmektedir.

- Birim boyutunda sağlanacak artış, çoklu doğrusal bağlantı problemini azaltmaktadır.

Bu avantajlarından dolayı panel veri analizi daha güvenilir ekonometrik tahminlerin elde edilebilmesini mümkün kılmaktadır (Hsiao, 2003).

Panel veri analizinde genel kabul gören denklem aşağıdaki gibidir (Baltagi, 2005; Yerdelen Tatoğlu, 2012):

$$Y_{it} = \alpha_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} + \varepsilon_{it} \quad i=1, 2, 3, \dots, N \quad t=1, 2, 3, \dots, T \text{ şeklindedir.}$$

Burada Y_{it} , bağımlı değişkenin i. birim için t yılındaki değerini, β_{kit} Kx1 boyutlu parametreler vektörünü, X_{kit} k. açıklayıcı değişkenin i. birim için t zamandaki değerini, ε ise hata terimini belirtmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2012: 4). Panel veri analizinde model tahmini yapılırken gözlemlenemeyen etkilerin tahmininde, hata terimlerinin kovaryans yapısı dikkate alınarak farklı yaklaşımlar uygulanabilmektedir (Egeli ve Egeli, 2007: 106). Bu doğrultuda literatürde sıklıkla kullanılan panel veri modelleri; klasik model, sabit etkiler modeli ve rassal (tesadüfi) etkiler modeli olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.1.1. Klasik Model

Birim ve/veya zaman etkilerin modelde yer almadığını, sabit ve eğim parametrelerinin de birimden birime değişmediğini yani sabit olduğunu varsayarak tahmin yapmaktadır. Klasik model aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Clark ve Linzer, 2012: 401):

$$Y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Burada Y_{it} bağımlı değişkeni, X bağımsız değişkenleri, β eğim parametrelerini ve ε_{it} hata terimini belirtmektedir. i indisi birimleri, t indisi ise zaman boyutunu belirtmektedir. Modelde birim etkilerin zaman içerisinde değişiklik gösterdiği fakat X bağımsız değişkeni ile ilişkisiz olduğu durumlarda β tahmincilerinin sapmasız olduğu ifade edilmektedir. Klasik model için varsayımlar şu şekildedir (Wooldridge, 2010: 171):

$$E(X_{it}, \varepsilon_{it}) = 0 \quad (2)$$

Bu varsayım dışsallığın varlığını ifade etmektedir. Yani aynı dönemde bağımsız değişken/değişkenler ile hata terimi ilişkisizdir.

$$\text{rank}[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T E(X_{it}' X_{it})] = K \quad (3)$$

Bu varsayıma göre, bağımsız değişkenler birbirinden bağımsızdır. Yani aralarında bir ilişki yoktur, dolayısıyla çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmamaktadır. $X'X$ matrisinin rankı K 'ya (parametre sayısına) eşittir.

$$E(\varepsilon_{it}^2 X_{it}' X_{it}) = \sigma^2 E(X_{it}' X_{it}) \quad (4a)$$

Bu varsayıma göre, aynı dönemde koşullu varyans X' ten bağımsızdır, koşulsuz varyans ise sabittir.

$$E(\varepsilon_{it} \varepsilon_{is}, X_{it}' X_{is}) = 0 \quad (4b)$$

Burada da farklı dönemdeki kovaryanstan bahsedilmektedir.

Klasik model, sabit etkiler ve rassal etkiler modellerine göre daha sınırlı olmasına rağmen sabit etkiler modeli uygun olmadığında kullanılmalıdır. Sabit etkiler modelinin kullanılması gereken bir analizde klasik model kullanılırsa tahminler sapmalı ve tutarsız olacaktır (Sheytanova, 2014: 7).

3.1.2. Sabit Etkiler Modeli

Gözlemlenemeyen birim etkiler her bir yatay kesit için tahmin edilen bir katsayı haline geldiğinde sabit etkiler modeli ortaya çıkmaktadır (Karpat Çatalbaş ve Yarar, 2015: 106). Modelde yer alan sabit katsayının birimden birime değişiklik göstermesinin yanı sıra eğim parametresinin zamana ve birimlere göre değişmesine izin vermemektedir (Matyas ve Sevestre, 2008). Bu varsayım nedeniyle birimler arasında ortaya çıkma ihtimali olan tüm farklılıklar, modelde yer alan sabit terimde özetlenmektedir. Sabit etkiler modeli, hata terimlerinin sıfır ortalamaya, birbirinden bağımsız olduğuna ve sabit varyansa sahip olduğu varsayımlarını da bulundurmaktadır. Dolayısıyla sabit etkiler modeli, değişkenlerin birim ve/veya zamana göre değişen etkilerini dikkate alacak şekilde formüle edilmektedir (Hsiao, 2003; Baltagi, 2005):

$$Y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

μ_i birim etkileri ifade etmektedir. Modele sadece birim etki dahil edildiğinden "Tek Yönlü Sabit Etkiler Modeli" olarak adlandırılmaktadır. 5 numaralı model zaman etkiler de dahil edilerek genişletildiğinde aşağıdaki denkleme dönüşmektedir:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

λ_t zaman etkilerini ifade etmektedir. Hem birim etki hem de zaman etki modele dahil edildiğinden "Çift Yönlü (İki Yönlü) Sabit Etkiler Modeli" olarak adlandırılmaktadır. Sabit etkiler modeli için varsayımlar şu şekildedir:

$$E(X_{it}, \mu_i) \neq 0 \quad (7)$$

Sabit etkiler modelinde en önemli varsayım; bağımsız değişken ile birim etki arasında ilişki vardır.

$$E(\varepsilon_{it} | X_{it}, \mu_i) = 0 \quad (8)$$

Bir diğer varsayım, hata terimi bağımsız değişken/değişkenler ile ilişkisizdir.

$$\text{rank}[\sum_{t=1}^T E(X_{it}'X_{it})] = K \quad (9)$$

Bu varsayıma göre bağımsız değişken/değişkenler arasında tam çoklu doğrusal bağlantı yoktur. Böylece sapmasız ve tutarlı tahminler elde edilebilmektedir.

$$E(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{is} | X_{it}, \mu_i) = \sigma_\varepsilon^2 I_t \quad (10)$$

Bu varsayıma göre, modelde heteroskedasite ve otokorelasyon problemi bulunmamaktadır. Ve etkinlik şartı sağlanmaktadır. Bu doğrultuda sabit etkiler modelinin avantajı, birimlere ve/veya zamana ilişkin etkilerin açıklayıcı değişkenler ile ilişkili olmasına olanak verebilmesidir (Hsiao, 2007: 9).

3.1.3. Rassal Etkiler Modeli

Sabit etkiler modelinden farklı olarak, birimlerden kaynaklanan etkilerin sabit olmadığı, tesadüfi olduğu ifade edilmektedir (Hill vd., 2008). Birimlere özgü etkilerin, açıklayıcı değişkenlerle ilişkili olmayan rassal bir değişken olduğu belirtilmektedir (Nwakuya ve Ijomah, 2017: 277). Birim etkinin, modelde yer alan sabit terim içerisinde değil hata teriminin içerisinde yer aldığı varsayılmaktadır. Rassal etkiler modeli için diğer varsayımlar aşağıdaki gibidir:

$$E(X_{it}, \mu_i) = 0 \quad (11)$$

Rassal etkiler modelinde bağımsız değişken/değişkenler ile birim etki arasında ilişki olmadığı varsayılmaktadır. Bu da rassal etkiler modelini, sabit etkiler modelinden ayıran en önemli varsayımdır. Burada μ_i ile hata terimi tesadüfi bir parametre olarak düşünülür. Dolayısıyla μ_i hata teriminin içerisine dahil edilir ve oluşan hata terimine " ϑ_{it} " adı verilir. Şu şekilde gösterilmektedir:

$\vartheta_{it} = \mu_i + \varepsilon_{it}$ Bu özelliğinden dolayı Rassal Etkiler Modeline "Hata Bileşenleri Modeli" adı da verilmektedir.

$$E(\varepsilon_{it}, \mu_i) = 0 \quad (12)$$

Bu varsayıma göre, tesadüfi değişkenler olan ε_{it} ve μ_i birbirinden bağımsızdır.

$$\begin{aligned} E(\varepsilon_{it}) = 0 \text{ ve } E(\mu_i) = 0 \\ \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \text{ ve } \mu_i \sim N(0, \sigma_\mu^2) \end{aligned} \quad (13)$$

Hata terimi ve birim etki sıfır ortalama, sırasıyla σ_ε^2 ve σ_μ^2 varyansla normal dağılmaktadır.

$$E(v_{it} | X_{it}, \mu_i) = 0 \quad (14)$$

Burada v_{it} ile X_{it} ve μ_i arasında ilişki yoktur. Dolayısıyla dışsallık varsayımı sağlanmaktadır.

$$\text{rank } E(X' \Omega^{-1} X) = K \quad (15)$$

Ω ile gösterilen kalıntı karelerin matrisidir. Omega matrisi olarak ifade edilmektedir. Buna göre, tam çoklu doğrusal bağlantı srounu ile karşılaşılmamaktadır.

$$E(\varepsilon_i \varepsilon_i' | X_i, \mu_i) = \sigma_\varepsilon^2 I \quad (16)$$

$$E(\mu_i^2 | X_i) = \sigma_\mu^2 \quad (17)$$

Bu varsayım ise koşullu varyansların sabit, koşullu kovaryansların ise sıfır olduğunu belirtmektedir (Baltagi, 2008).

3.2. Model Tercihinde Kullanılan Testler

3.2.1. F Testi

Bu testte temel hipotez karşılaştırılan iki modelin kalıntılarının kareleri arasında fark olmadığını, alternatif hipotez ise kalıntılarının kareleri arasında fark olduğunu belirtmektedir. F test istatistiği aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$F = \frac{(SSE_R - SSE_U)/N-1}{SSE_U/(N(T-1)-K)} \quad (18)$$

SSE_R kısıtlı modelin (bir diğer ifadeyle klasik model) kalıntı kareler toplamını, SSE_U kısıtsız modelin (sabit ya da rassal etkili model) kalıntı kareler toplamını belirtmektedir. K ise modeldeki parametre sayısını göstermektedir. F hesap değeri ile N-1; N(T-1)-K serbestlik dereceli F tablo değeri karşılaştırılır. Test sonucunda H_0 hipotezi reddedilirse birimler arası etkinin var olduğuna, dolayısıyla klasik modelin geçerli olmadığı ve tercih edilemeyeceğine karar verilmektedir.

3.2.2. Olabilirlik Oranı (LR) Testi

LR testine ait hipotezler F testinde ifade edildiği gibidir. Olabilirlik fonksiyonu kullanılarak hesaplanan LR istatistiği:

$$LR = -\log \frac{l(H_0)}{l(H_1)} \quad (19)$$

şeklinde ifade edilmektedir. " l " burada olabilirlik fonksiyonunun değerini göstermektedir. Test istatistiğinde yer alan değerler fonksiyonu maksimize eden değerlerdir. LR test istatistiğinin dağılımı q (kısıt sayısı) serbestlik dereceli X^2 dağılımdır. Hesaplanan LR test istatistiği X^2 tablosundan elde edilen değerler ile karşılaştırılır. LR test istatistiği tablo değerinden büyükse H_0 hipotezi reddedilir. Bu nedenle birim ve/veya zaman etkilerinin varlığına (klasik modelin uygun olmadığına) karar verilir (Yerdelen Tatoğlu, 2012).

3.2.3. Hausman Testi

Birim etkinin varlığı yani, klasik modelin geçerli olmadığı belirlendikten sonra sabit etkiler ile rassal etkiler modeli arasında bir tercih yapmak gerekmektedir. Sabit etkiler modelinde bağımsız değişken/değişkenler ile hata terimi bileşenlerinin ilişkili olduğu varsayımı varken, rassal etkiler modelinde hata terimi bileşenleri ile bağımsız değişken/değişkenler arasında ilişki olmadığı varsayılır. Eğer rassal etkili modelin hata terimi bileşenleri, modelde yer alan açıklayıcı değişkenler ile ilişkiliyse sabit etkiler modelinin tahmincileri tutarlı olmakta, rassal etkili modelin tahmincileri ise tutarsız olmakta ve sabit etkili modelin tercih edilmesi daha uygun olmaktadır. Bu ana yapıya dayanarak oluşturulan Hausman testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir (Yerdelen Tatoğlu, 2016):

$$H_0: E(\varepsilon_{it}|X_{it}) = 0 \text{ veya } E(\mu_i|X_{it}) = 0, E(\lambda_t|X_{it}) = 0 \quad \rightarrow \text{SE tutarlı-RE tutarlı ve etkin}$$
$$H_1: E(\varepsilon_{it}|X_{it}) \neq 0 \text{ veya } E(\mu_i|X_{it}) \neq 0, E(\lambda_t|X_{it}) \neq 0 \quad \rightarrow \text{SE tutarlı-RE tutarsız}$$

Wald kriterine dayalı test istatistiği ise;

$$H: (\widehat{\beta}_{SE} - \widehat{\beta}_{RE})' (Var(\widehat{\beta}_{SE} - \widehat{\beta}_{RE}))^{-1} (\widehat{\beta}_{SE} - \widehat{\beta}_{RE})$$

şeklinde. Burada $\widehat{\beta}_{SE}$ sabit etkiler modelinin parametrelerini, $\widehat{\beta}_{RE}$ ise rassal etkiler modelinin parametrelerini göstermektedir. Test istatistiğinin dağılımı K serbestlik dereceli X^2 dağılımıdır. Hesaplanan test istatistik değeri X^2 tablo değerinden büyükse H_0 hipotezi reddedilir. Yani rassal etkili modelin hata terimi bileşenlerinin bazı bağımsız değişkenler ile ilişkili olduğu saptanırsa, sabit etkiler modelinin tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır. Hesaplanan test istatistik değeri X^2 tablo değerinden küçükse H_0 hipotezi reddedilemez. Dolayısıyla hata terimi bileşenlerinin bağımsız değişkenler ile ilişkili olduğuna karar verilerek rassal etkili model tercih edilir.

4. UYGULAMA VE ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada OECD ülkelerinde Ekonomik Büyüme, Beşeri Sermaye ve İnovasyon arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yıllık veriler kullanılmıştır. Analiz Stata ve R paket programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan ekonometrik model aşağıdaki gibidir;

$$\ln GDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln INO_{it} + \beta_2 \ln SR_{it} + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

Modelde yer alan bağımlı değişken logaritması alınmış kişi başına düşen reel GSYH'yı, $\ln INO$ değişkeni logaritması alınmış endeks değerlerini, $\ln SR$ logaritması alınmış ortalama okullaşma oranını belirtmektedir. β 'lar parametre değerlerini, ε_{it} ise hata terimini ifade etmektedir.

Buonaccorsi (2010), verilere logaritmik dönüşüm yapıldığında ölçüm hatalarının önlenebileceğini belirtmiştir. Böylece ekonomideki marjinal etkiler, oransal değişiklikler gibi farklı davranışların bulunduğu modellerin parametre tahminleri için tercih edilebilmektedir. Ayrıca gelir, fiyatlar ve harcamalar gibi parasal değerlerden oluşan ve genellikle "büyüklüğü" ölçülebilen değişkenler için kullanılmaktadır. Bu tür veriler analize dahil edilmeden önce logaritmaları alınmalıdır. Verilerin logaritmasını almadan yorum yapmak; bağımsız değişken/değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisini 1 birim artırır veya azaltır şeklinde olmaktadır. Ancak bu ifade muğlaktır. Yani bir birim derken santimetre mi, kilo mu ne ifade edilmek istendiği bilinmemektedir. Ancak verilerin logaritması alındığında "yüzde" cinsi üzerinden yorum yapmak mümkün olmaktadır. Bu nedenle Log-Log model oluşturulmuş ve bağımlı değişken üzerindeki etkiler yüzde üzerinden yorumlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak tanımlayıcı istatistikler özetlenmiştir:

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

	GDP	INO	SR
Ortalama	10,371	3,917	2,465
Maksimum	11,685	4,225	2,653
Minimum	8,678	3,497	2,015
Standart Sapma	0,661	0,168	0,140

Panel veri analizi yapılmadan önce, tahminlerin güvenilir sonuçlar vermesi için verilerin durağan olup olmadığı incelenmelidir. Bunu belirlemek amacıyla da birim kök testleri yapılmaktadır. Ancak gerek geleneksel gerekse yeni nesil birim kök testlerinin zaman boyutu kısa olan çalışmalarda uygulanması risk barındırmaktadır. Yani model normal şartlarda durağan olsa da zaman boyutunun kısa olması nedeniyle, yapılan birim kök testleri

durağan olmama problemini ortaya çıkarmaktadır (Karlsson ve Lothgren, 1999: 9). Ayrıca zaman boyutu 30 yıldan az olan çalışmalarda kısa dönem analizi yapılmış olduğundan, birim kök testlerinin gerçekleştirilmesi uygun görülmemektedir. Bu çalışmada da zaman boyutu kısa olduğundan (2013-2019), Harris-Tzavalis ve Breitung panel birim kök testleri sonucu durağan olmama problemiyle karşılaşmış ve birim kök testlerinin sonuçları paylaşılmamıştır. Ve dolayısıyla birim kök testlerinin gerçekleştirilmesi gerekli görülmemiştir. Çalışmada 20 numaralı model öncelikle klasik model ardından sabit ve rassal etkiler modellere göre tahmin edilmiş ve ardından Hausman testi ile uygun modele karar verilmiştir.

Tablo 3. Model Tahmin Sonuçları

	Klasik Model	Sabit Etkiler Modeli	Rassal Etkiler Modeli
INO	3,402 (0,000)***	-0,144 (0,557)	1,063 (0,000)***
SR	0,654 (0,742)	0,102 (0,767)	1,205 (0,000)*
Sabit Terim	-3,115 (0,000)***	10,683 (0,000)***	3,237 (0,001)***
R^2	0,760	0,003	0,656
F istatistik	408,90 (0,000)***	0,28 (0,753)	-
Wald istatistik	-	-	50,58 (0,000)***
Rho	-	0,983	0,924

Not: Parantez içerisindeki değerler olasılık değerleridir. *** ifadesi ilgili katsayının %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Yukarıda yer alan tahmin sonuçlarına göre klasik model için okullaşma oranı değişkeninin, sabit etkiler modeli için hem okullaşma oranı hem de inovasyon değişkeninin istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Değişkenlerin tümünün anlamlı sonuç verdiği tek model rassal etkiler modelidir.

Tablo 4. Model Tercihinde Kullanılan Test Sonuçları

	Amaç	Temel Hipotez	İstatistiksel Değer
F Testi	Klasik Modelin Geçerliliği	Birim etki yoktur, Klasik Model geçerlidir	88.06 (0.000)***
Olabilirlik Oranı Testi	Klasik Modelin Geçerliliği	Birim etki yoktur	456.24 (0.000)***
Hausman Testi	Rassal Etkiler ile Sabit Etkiler Modeli Arasında Seçim	Rassal Etkiler Modeli geçerlidir	6.61 (0.036)**

Not: *** ve ** ifadeleri ilgili katsayıların sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

F ve olabilirlik oranı test sonuçlarına göre olasılık değeri 0.01'den küçük olduğundan H_0 hipotezi reddedilerek birim ve zaman etkilerin var olduğuna, yani klasik modelin geçerli olmadığına karar verilmektedir. Dolayısıyla klasik model sonuçlarını dikkate almak ve yorumlamak doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Sabit etkiler modeli ile rassal etkiler modeli arasında seçim yapabilmek amacıyla Hausman testinin sonuçları incelendiğinde %5 anlamlılık düzeyine göre H_0 hipotezinin reddedildiğini ($0.036 < 0.05$), %1 anlamlılık

düzeyine göre ise H_0 hipotezinin reddedilemediği ($0.036 > 0.01$) görülmektedir. Fakat analizin başlangıcından itibaren anlamlılık seviyesi için %1 dikkate alındığından Hausman test sonucu için de %1 anlamlılık düzeyi dikkate alınarak temel hipotezin reddedilemediği sonucuna varılmaktadır. Buna göre rassal etkiler modeli geçerlidir.

4.1. Rassal Etkiler Modeli Temel Varsayım Sınamaları

Her ne kadar rassal etkiler modelinde tüm açıklayıcı değişkenler anlamlı bulunsa da söz konusu modelde heteroskedasite ve otokorelasyon^d problemi olup olmadığı incelenmelidir. Heteroskedasite temel anlamda, hata teriminin tüm gözlemler için sabit varyanslı olma durumunu ifade eden homoskedasiteden sapmadır. Model kurma aşamasındaki tanımlama hataları, modelde yer alması gereken bir değişkenin modelde yer almaması, modelin fonksiyonel yapısı, veri derleme hataları ve bağımlı değişkende ortaya çıkan ölçme hataları nedeniyle heteroskedasite problemi ile karşılaşılabilir. Bu durumda tahmin sonuçları sapmasız, tutarlı ve doğrusal olduğu halde etkin olma özelliğini kaybetmektedir.

Otokorelasyon ise hata terimlerinin birbirleriyle ilişkili olma durumunu ifade etmektedir. Tutarlı ve etkin sonuçlar elde edebilmek için modelde otokorelasyon sorununun olmaması gerekir. Modelin fonksiyonel yapısının yanlış belirlenmesi, açıklayıcı değişkenlerin aynı trende sahip olmaları, bağımlı ve bağımsız değişkende meydana gelen ölçme hataları otokorelasyona sebep olabilmektedir. Otokorelasyonun varlığı parametre tahminlerinin standart hatalarının büyümesine, t istatistik değerlerinin ise küçülmesine sebebiyet vermektedir.

Bu çalışmada heteroskedasite Levene-Brown-Forsythe'nın testi ile incelenmiştir. Bu teste ait hipotezler aşağıdaki gibidir;

H_0 : Birimlerin varyansları eşittir.

H_1 : Birimlerin varyansları farklıdır.

Levene, Brown ve Forsythe'nin testinde hesaplanan istatistik değerleri (W_0 , W_{50} , W_{10}) Snedecor F tablo değeri ile karşılaştırılarak karara varılmaktadır (Şahin, 2018: 425).

Otokorelasyon ise LM testi ile incelenmiştir. Bu teste ait hipotezler;

$H_0: \rho = 0$

Burada temel hipotez otokorelasyon yoktur şeklinde oluşturulmuştur. 1 serbestlik dereceli X^2 dağılımına uygunluk gösteren bu test aynı zamanda F tablo değeri kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Tablo 5. Rassal Etkiler Modeli Temel Varsayım Sınamaları

Levene, Brown ve Forsythe	LM Test
$W_0 = 1,773 (0,007)^{***}$	ALM = 15,23 (0,0001) ^{***}
$W_{50} = 1,056 (0,391)$	LM = 570,84 (0,0000) ^{***}
$W_{10} = 1,773 (0,007)^{***}$	

Not: *** ifadesi ilgili katsayının %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmektedir. Ayrıca ilgili istatistik değerine göre heteroskedasite ve otokorelasyon sorunları ile karşılaşıldığını göstermektedir.

^d Rassal etkiler modelinde birimler heterojen olduğundan, birimler arası korelasyon (ilişki) probleminin görülmesi beklenmez. Bu nedenle birimler arası korelasyonun varlığı sınanmamıştır.

Burada W0 ile W10 istatistiklerine göre olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinde temel hipotezin reddedildiği sonucuna varılmıştır. Bu iki istatistik sonucunda birimlerin varyansları farklıdır sonucuna varılmıştır. W50 istatistiğine göre olasılık değeri %1 anlamlılık düzeyinde temel hipotezin reddedilmemesi gerektiğini belirtmektedir. Böylece birimlerin varyansları eşittir sonucuna ulaşılmıştır.

LM test sonuçları incelendiğinde ise olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyine göre H₀ hipotezinin reddedilmesi gerektiğini göstermektedir. Böylece modelde otokorelasyon vardır sonucuna ulaşılmıştır. Hem heteroskedasite hem de otokorelasyon problemi ile karşılaşıldığından Arellano (1987), Froot (1989) ve Rogers (1993) tarafından geliştirilen rassal etkiler tahmincisi ile dirençli tahminciler elde edilebilmektedir.

Tablo 6. Rassal Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları

	Katsayı	Robust Standart Hatalar	Olasılık Değerleri
INO	1,063	0,290	0,000***
SR	1,205	0,313	0,000***
Sabit Terim	3,237	1,176	0,006***
R ²	0,656	Wald X ²	39,79 (0,0000)***

Not: *** ifadesi ilgili katsayının %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 6'da yer alan sonuçlara göre, ekonometrik modelde yer alan tüm değişkenlerin katsayılarının pozitif olduğu ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu görülmektedir. Belirginlik katsayısı bu modele göre %65,6 olarak bulunmuştur. Buna göre, modele yer alan açıklayıcı değişkenlerin, bağımlı değişkeni açıklamadaki gücü %65,6'dır. Wald X² ise modelin genel anlamlılığını ifade etmektedir. Olasılık değeri 0,01'den küçük olduğundan, oluşturulan ekonometrik modelin anlamlı olduğu da görülmektedir.

Analiz bulguları değerlendirildiğinde, her iki açıklayıcı değişkenin de bağımlı değişken üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Buna göre; inovasyon ve beşeri sermaye değişkeninde meydana gelen %1 birimlik artış, ekonomik büyümeyi sırasıyla %1.06 ve %1.20 olmak üzere pozitif yönde etkilemektedir. Bu sonuçların inovasyon değişkeni açısından Ülkü (2004), Gülmez ve Akpolat (2014), Galindo ve Mendez (2014), Kesbiç ve Şimşek (2020)'in çalışmalarıyla paralellik göstermekte olduğunu ifade etmek mümkündür. Beşeri sermaye değişkeni açısından elde edilen sonuçlar da Cohen ve Soto (2001), Pelinescu (2015), Parlakyıldız (2015) ile Diebolt ve Hippe (2019)'nin çalışmalarıyla paralellik göstermektedir. Ayrıca inovasyonun ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin, beşeri sermaye ile karşılaştırıldığında, daha az olduğunu söylemek mümkündür. Bu yönüyle Eygü ve Coşkun (2020)'un çalışması (sadece Türkiye üzerine yapılan bir analiz olsa da) ile paralellik göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnovasyon, beşeri sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisinin araştırıldığı bu çalışmada, panel veri analizi kullanılmıştır. Ekonometrik modelde yer alan tüm değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır. 2013-2019 yıllarına ait veri seti için sırasıyla klasik model, sabit etkiler modeli ve rassal etkiler modeli tahmin edilmiştir. Hangi modelin etkin ve tutarlı

sonuçlar verdiğini belirlemek amacıyla Hausman testi uygulanmış ve rassal etkiler modelinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Ardından rassal etkiler modeli için varsayımlardan sapmaların analizi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu modelde hem heteroskedasite hem de otokorelasyon problemi ile karşılaşıldığından, bu sapmalar robust standart hatalar kullanılarak giderilmiş ve nihai modele ulaşılmıştır.

Ekonomik büyümenin artırılması elbette ki her bir ülkenin temel amaçlarından biridir. Bu çalışmada da, inovasyon ve beşeri sermayenin OECD ülkelerinin tamamı için önemli olduğu tespit edildiğinden ve katsayı tahminlerine göre, bu ülkelerin ekonomik büyümelerinin sürdürülebilirliğini artırmak ve geliştirmek amacıyla uygulayacağı politikalar son derece önemlidir. Gerek ülkelerin kendi sorunlarını çözüme kavuşturmak gerekse de küresel ekonomik gelişmeyi artırmak açısından dikkate alınması gerektiğini söylemek mümkündür. Ayrıca beşeri sermayenin geliştirilmesi ve etkin bir şekilde kullanımı da oldukça önemlidir. Beşeri sermayedeki gelişim, emeğin gelişimi ile verimliliğini ve dolayısıyla ekonomik büyümeyi artıracaktır. Bu nedenle bu alandaki gelişmelerin ekonomideki verimli sektörlere aktarılması gerekmektedir. Ve özellikle gelişmekte olan ülkelerin beşeri sermaye faktörüne daha fazla önem göstererek, öncelikle daha yaratıcı ve donanımlı bir eğitim modelinin yanı sıra kişisel gelirin yükselmesi ve yoksulluğun azalması gibi birçok önemli görevi yerine getirmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, beşeri sermayeyi ve inovasyonu geliştirebilecek alanlarda iyileştirilmeler yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Acs, Z. J., Anselin, L., & Varga, A. (2002). Patents and Innovation Counts as Measures of Regional Production of New Knowledge. *Research Policy*, 31(7), 1069-1085.
- Al-Sudairi, M. & Haj Bakry, S. (2014). Knowledge Issues in the Global Innovation Index: Assessment of the State of Saudi Arabia Versus Countries with Distinct Development. *Innovation*, 16(2), 176-183.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis Of Panel Data*. Chichester, England: John Wiley Sons Ltd.
- Barro, R. J. (1991). Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407-443.
- Basilgan, M. (2011). Ekonomik Gelişmenin Yaratıcı Yıkımı: Schumpeteryan Girişimci. *Amme İdaresi Dergisi*, 44(3), 27-56.
- Berber, M. (2004). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma*. 4. Baskı. Trabzon: Derya Kitapevi.
- Brown, M. B. & Forsythe, A. B. (1974). Robust Tests for the Equality of Variances. *Journal of the American Statistical Association*, 69(346), 364-367.
- Buonaccorsi, J. P. (2010). *Measurement Error Models, Methods and Applications*. USA: CRC Press.
- Clark, T. S. & Linzer, D. A. (2015). Should I Use Fixed or Random Effects?, *Political Sciences Research and Method*, 3(2), 399-408.

- Crespo, N. F. & Crespo, C. F. (2016). Global Innovation Index: Moving Beyond the Absolute Value of Ranking with a Fuzzy-Set Analysis. *Journal of Business Research*, 69(11), 5265-5271.
- Çütçü, İ. ve Bozan, T. (2019). İnovasyon ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: G7 Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 3(2), 289-310.
- Dam, M. M. ve Yıldız, B. (2016). BRICS-TM Ülkelerinde Ar-Ge ve İnovasyonun Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Ekonometrik Bir Analiz. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, (33), 220-236.
- Demir, O. ve Üzümcü, A. (2003). İçsel Büyümenin Kaynakları. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 17(3-4), 17-38.
- Eygü, H. ve Coşkun, H. (2020). Türkiye'de Beşeri Sermaye, İnovasyon ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Ekonometrik Analizi (1995-2018). *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23, 503-522.
- Galindo, M. A. & Méndez, M. T. (2014). Entrepreneurship, Economic Growth and Innovation: Are Feedback Effect at Work?, *Journal of Business Research*, 67(5), 825-829.
- Global Innovation Index. (2021). URL: <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>, (Erişim: 25.03.2021).
- Gujarati, D. N. (1999). *Temel Ekonometri*. Çev. Ümit Şenesen, Gülay Günlük Şenesen, 7. Basım, Eylül 2010, İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Hasan, I. & Tucci, L. C. (2010). The Innovation Economic Growth Nexus: Global Evidence. *Research Policy*, 39(10), 1264-1276.
- Hsiao, Cheng. (2003). *Analysis of Panel Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jerry, A. H. & William, E. T. (1981). Panel Data and Unobservable Individual Effects. *Econometrica*, 49(6), 1377-1398.
- Karlsson, S. & Lothgren, M. (1999). On the Power and Interpretation of Panel Unit Root Test. *Working Paper Series in Economics and Finance*, (299), 1-10.
- Karpat Çatalbaş, G. ve Yazar, Ö. (2015). Türkiye'deki Bölgeler Arası İç Göçü Etkileyen Faktörlerin Panel Veri Analizi Belirlenmesi. *Alphanumeric Journal*, 3(1), 99-117.
- Kesbiç, C. Y. ve Şimşek, D. (2020). OECD Ülkelerinde İnovasyonun Ekonomik Büyüme Üzerinde Etkisi: Schumpeter Haklı mı? *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 38, 273-296.
- Matyas, L. & Sevestre, P. (Editors). (2008). *The Econometrics of Panel Data: Fundamentals and Recent Developments in Theory and Practice*. Springer, 97.
- Nart, Ç. E. (2008). Panel Veri Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Doktora Programı, Ekonometrik Yöntemler Analiz Teknikleri Seminer Sunumu, 1-61.
- Özkul, G. ve Örün, E. (2016). Girişimcilik ve İnovasyonun Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Araştırma. *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 5(2), 17-51.

- Pala F. ve Pilatin A. (2019). *Beşeri Sermaye ve İnovasyon İlişkisi: Teorik Bir Perspektif. Finansal Piyasalar Üzerine Güncel Araştırmalar*, 205-218. Ankara: Gazi Kitapevi.
- Sohn, S. Y., Kim, D. H. & Jeon, S. Y. (2016). Re-evaluation of Global Innovation Index Based on a Structural Equation Model. *Technology Analysis & Strategic Management*, 28(4), 492-505.
- Sonrexa, J. & Moodie, R. (2013). The Race to be The Perfect Nation. *Australian Economic Review*, 46(1), 70-77.
- Tatoğlu, F. Y. (2012). *Panel Veri Ekonometrisi*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Tatoğlu, F. Y. (2016). *Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Tunalı, H. N. ve Yılmaz, A. (2016). Büyüme, Beşeri Sermaye ve Kalkınma İlişkisi: OECD Ülkeleri'nin Ekonometrik Bir İncelemesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(4), 295-318.
- United Nations Development Programme. (2021). URL: <http://hdr.undp.org/en/data>, (Erişim: 28.03.2021).
- Vukoszavlyev, S. (2019). The Connection Between Global Innovation Index and Economics Well-Being Indexes. *Applied Studies in Agribusiness and Commerce – APSTRACT*, 13(3-4), 87-92.
- Zhang, L., Song, W., & He, J. (2012). Empirical Research on the Relationship Between Scientific Innovation and Economic Growth in Beijing. *Technology and Investment*, 3(3), 168-173.
- Wooldridge, J. M. (2001). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. London: The MIT Press.
- World Development Indicators. (2021). URL: <https://data.worldbank.org/>, (Erişim: 25.03.2021).