

Yüksek Teknolojili Ürün İhracatında Ar-Ge Harcamalarının Rolü: OECD Ülkeleri İçin Panel Nedensellik Analizi

The Role of R&D Expenditures on High Technology Product Exports: A Panel Causality Analysis for OECD Countries

Sema Yaşar¹ , Dilan Dayanan² 

¹(Doç. Dr.), Şırnak Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Şırnak, Türkiye

²(Öğr. Gör.) Bitlis Eren Üniversitesi, Tatvan Meslek Yüksekokulu, Bitlis, Türkiye

ÖZ

Yüksek teknoloji ürün ihracatı sağlamış olduğu yüksek katma değer dolayısıyla son yıllarda uluslararası ticaretin en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir. Küreselleşen ekonomide önemi artan ve rekabet gücü açısından da etkili olan yüksek teknoloji ürün ihracatı için araştırma geliştirme harcamalarının etkisi yadsınamaz. Bu çalışmada, seçilen 22 OECD ülkesi için 1996-2021 dönemini içeren panel veri seti kullanılarak yüksek teknoloji ihracatı (HTECH), araştırma ve geliştirme harcamaları (RD), ticari açıklık (TRADE) ve gayri safi sabit sermaye yatırımları (GFCF) arasındaki ilişki incelenmektedir. Çalışmada, OECD ülkelerinde yüksek teknoloji ürün ihracatı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki nedenselliği test etmek için Juodis, Karavias ve Sarafidis'in (2021) Granger nedensellik testinin Xiao vd. (2023) tarafından geliştirilen yeni versiyonu uygulanmıştır. Yapılan analizler neticesinde yüksek teknoloji ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca yüksek teknoloji ürün ihracatı ile modele kontrol değişken olarak eklenen gayri safi sabit sermaye yatırımları ve ticari açıklık ile arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Yapılan analizlerin neticesinde politika yapıcıların araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yönelik yatırımları artırmaları, milli gelirden bu faaliyetlere yönelik daha fazla kaynak aktarmaları ve vergi indirimleri, düşük faizli kredi imkanları, nitelikli işgücü temini için eğitim düzenlemeleri, teknolojik gelişmeler için fiziki altyapı temini gibi teşvik edici politikaları uygulamaları gerektiği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

High-technology exports have become one of the most important components of international trade in recent years due to their high added value. In the context of the globalising economy, there is no doubt about the impact of research and development spending on high-tech exports, which are also advantageous in terms of competitiveness. This study examines the nexus between high-tech exports (HTECH), research and development expenditures (RD), trade openness (TRADE), and gross fixed capital formation (GFCF) for selected 22 OECD countries within a model using a panel dataset over the period 1996–2021. In this study, the new version of the Granger causality test by Juodis, Karavias and Sarafidis (2021) developed by Xiao et al. (2023) was used to test the causality between high-technology product exports and R&D expenditures in OECD countries. The empirical findings show a bidirectional causal link between high-technology exports and R&D expenditure. Additionally, a bidirectional causality relationship was found between high-tech product exports and the gross fixed capital investments and trade openness added to the model as control variables. As a result of the analysis, it is concluded that policymakers should increase investments in R&D activities, allocate more resources from the national income to these activities, and implement incentive policies such as tax reductions, low-interest loan opportunities, educational arrangements for the supply of qualified labour, and the provision of physical infrastructure for technological developments.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge harcamaları, Yüksek teknoloji ürün ihracatı, Panel Nedensellik Analizi

Keywords: R&D expenditures, High-technology exports, Panel Causality Analysis

EXTENDED SUMMARY

Technological innovations, which are among the most important factors that form the basis of competition between countries, can affect the level of competition in foreign trade and lead to an increase in welfare. As a result, high-technology exports are

Corresponding Author: Sema Yaşar **E-mail:** semayasar@sirnak.edu.tr

Submitted: 20.09.2024 • **Revision Requested:** 28.10.2024 • **Last Revision Received:** 04.11.2024 • **Accepted:** 15.11.2024



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

critical for establishing competitiveness in foreign trade. Especially when the added value it provides is taken into consideration, high-technology exports take its place among the priorities of countries. The main factor that is indispensable for technological innovations is research and development activities. The answer to the question of how investments made in R&D activities affect high-technology product exports is important. For this reason, the aim of the study is to determine the role of R&D expenditures in high-technology exports, to determine whether there is a causal relationship between them, and if so, to determine the direction of this relationship. Determining the causal relationship and the direction of this relationship is extremely important in the economic policies to be implemented.

The study used econometric analysis to investigate the link between high-technology exports and R&D spending. This study explores the relationship between high-tech exports (HTECH), research and development expenditures (RD), trade openness (TRADE), and gross fixed capital formation (GFCF) in a panel dataset of 22 OECD countries from 1996 to 2021. Following the cross-section dependency test and unit root test, a homogeneity test was used to evaluate whether the slope coefficients were homogenous or heterogeneous. Then, the panel causality analysis technique is used to analyse the causation between high-tech exports and R&D spending.

According to the Cross-Section Dependency test results, it was determined that there was a cross-sectional dependency between the series in the panel. Therefore, a second generation test, the Cross-Sectional Augmented Dickey-Fuller (CADF) unit root test, which takes into account the existence of cross-sectional dependency in the analysis, was applied. According to the unit root test result, all variables show non-stationary properties at the level but become stationary at the first difference. Determining whether the slope coefficients are homogenous or heterogeneous is critical in deciding which panel unit root and panel causality analysis methods to use. According to the results of the homogeneity test of the model, it was concluded that the slope coefficients are not homogeneous but heterogeneous. In other words, according to the results obtained, the slope parameters vary between the horizontal sections. Finally, according to the new version of the Granger causality test by Juodis, Karavias, and Sarafidis (2021) developed by Xiao et al. (2023), which was conducted to determine the causality relationship between high-technology exports and R&D expenditures, a bidirectional causality relationship was found between high-technology exports (HTECH) and R&D expenditures (RD). A bidirectional causality relationship was found between high-tech product exports and the gross fixed capital investments (GFCF) and trade openness (TRADE) added to the model as control variables.

According to the results of this study, in which the effect of R&D expenditures on high-technology exports is examined and the causality relationship between them is determined, policy makers need to increase investments in R&D expenditures in order for countries to gain competitive advantage in foreign trade, maintain their advantages and increase their welfare levels. For this purpose, more resources should be allocated from the national income to R&D expenditures. In addition, incentive policies can be implemented by providing tax deductions for R&D investments and offering low-interest credit opportunities, as well as making educational arrangements to provide the qualified workforce required for R&D activities, physical infrastructure investments to provide the necessary technological infrastructure, and increasing the share of the private sector in R&D activities by ensuring public and private sector cooperation are also extremely important.

Giriş

Ülkeler arasındaki rekabet ve refah düzeyi farklılıklarının temelini oluşturan en önemli faktörlerden birisi teknolojik yeniliklerdir. Özellikle ekonomideki serbestleşme eğilimleriyle birlikte artan rekabetçilik nedeniyle kalite ve maliyet avantajı sunması teknolojik yeniliklerin önemini artırmıştır. Küresel rekabetin teknoloji odaklı olduğu günümüzde özellikle ihracata konu olan ürünleri yüksek teknolojileri içerecek biçimde yeniden şekillendirerek kalitesini iyileştirmek dış ticarete rekabet düzeyini artırarak refah artışına yol açmaktadır (Yaşar ve Taşar, 2019: 190). Bu ise dış ticarete üstünlük elde edebilmek için yüksek teknoloji ürün ihracatının önemini artırmaktadır.

Yüksek teknoloji ürün ihracatının geliştirilmesi özellikle imalat sanayideki katma değeri artırarak sürdürülebilir büyümenin vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Sanayileşme ile doğru orantılı olan katma değer artışı neticesinde gelişmiş teknolojilere sahip ülkeler genellikle yüksek katma değer üretirken, geleneksel teknolojilere sahip ülkeler düşük, ara teknolojilere sahip olan ülkeler ise ortalama katma değer üretmektedir (Leinfellner ve Eberlein, 1997:12). Daha fazla katma değer oluşturması ve dolayısıyla ülkeler arasındaki pazar gücünü de olumlu yönde etkilemesi nedeniyle yüksek teknoloji ürün ihracatını artırmaya yönelik politikalara öncelik verilmektedir (Tebaldi, 2011: 344).

Son yarım yüzyılda yüksek teknoloji ürün ihracatının toplam ihracat içerisindeki oranının önemi bir kat daha artmış ve yüksek teknoloji ihracatı uluslararası ticaretin en hızlı büyüyen parçası haline gelmiştir. Gerek ulusal gerekse küresel ölçekte ekonomilerin sürdürülebilirliğini sağlayabilmeleri açısından önemli olan teknolojik ilerlemeyi sağlayarak yüksek teknoloji sanayinin geliştirilmesi diğer endüstrilerin üretkenliğine de önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (Bayar vd., 2020:144). Yüksek teknoloji ürünlerin üretiminde yer alan endüstrilerin dünyadaki en hızlı büyüyen endüstriler olduğu ve bu endüstrilerin diğer tamamlayıcı endüstrilerdeki üretkenliği artırmada yardımcı olduğu gerçeği artan rekabet ortamının da etkisiyle yüksek teknoloji ürün üretimini artırmaya teşvik etmektedir (Gaur vd. 2020: 1).

Ülkeler arasındaki teknolojik fark küresel üretim ve ticarete ülkelerin hangi alanda uzmanlaşacağını da belirlemekte ve ülkelerin teknolojik kabiliyeti dış ticaret bileşimleri üzerinde de etkili olmaktadır. Teknolojik farklılaşmalar dış ticaret rekabeti ve uzmanlaşma açısından farklı teorilerin de konusu olmuştur.

Klasik liberal iktisadın en önemli temsilcilerinden Adam Smith, imalat sanayinde verimliliğin sermaye birikimi ve uzmanlaşmış işgücünün yanı sıra teknolojik ilerleme ile gerçekleşeceğini ileri sürmekte (Freeman ve Soete, 2003: 39), David Ricardo da teknolojinin sanayi sektöründe artan verimliliği sağlayarak teknolojik yenilik ile uluslararası ticaretin ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkileyeceğini kabul etmektedir (Yaşar ve Taşar, 2019: 51). Teknolojiyi dışsal kabul eden klasik ekol teknolojik gelişmelerin emek ve sermaye üzerinde bir tasarrufa yol açarak ulusal farklılıkların uzmanlaşmada ve uluslararası ticarete üstünlük sağlayacağını ifade etmektedir. Bunun en önemli örneği de Ricardo tarafından geliştirilen mukayeseli üstünlük teorisidir (Uzay vd., 2012: 150). Mukayeseli üstünlük teorisine göre ülkeler arası karlı dış ticaret yapılabilmesi yurtiçi üretim maliyetlerindeki farklılıklara dayandırılmaktadır. Mukayeseli üstünlüğün sağlanabilmesi ise özellikle emeğin verimli kullanılmasına bu ise üretimde ülkelerarası teknolojik farklılıklara bağlıdır (Utkulu, 2005: 9). Emek değer teorisine dayanan mukayeseli üstünlük teorisinden sonra üretimde sermaye başta olmak üzere diğer üretim faktörlerinin de etkili olduğunu ileri süren Heckscher-Ohlin teorisi de teknolojinin dış ticarete rekabet üstünlüğü açısından etkisini ifade etmesi bakımından önemlidir.

Bir ülkenin zaman içerisinde karşılaştırmalı üstünlüğünü değiştirmede araştırma geliştirme (Ar-Ge) yatırımları başta olmak üzere bilgi artırıcı faaliyetlere yapılan yatırımlara önemli bir rol veren geleneksel dış ticaret teorilerinden biri Hecksher-Ohlin teorisidir. İhracat performansını endüstrilerin faktör yoğunluğu ekonomilerin ise faktör donatımına bağlayan Hecksher-Ohlin teorisine göre bilgi sermayesi vasıflı işgücü açısından yüksek teknolojili ürünlerin üretiminde girdi olarak görülebilmektedir. Rybczynski teoremine göre de bir üretim faktörünün donanımının artması, bu faktörü yoğun kullanan mal arzının artmasına sebep olacaktır. Bir başka ifadeyle belirli bir üretim faktöründe zaman içerisinde meydana gelen artış ile o üretim faktörünü yoğun olarak kullanan mallar arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Bu ilişki ilgili ürünlere yönelik ihracatın artması ithalatın ise azalmasına neden olmaktadır (Braunerhjelm ve Thulin, 2008: 97). Bu durumun ise dış ticaret açıklarının kapanmasına, rekabet edebilirlik düzeyinin artmasına ve ekonomide sürdürülebilirliğin sağlanmasına yol açacağı beklenmektedir.

Teknolojinin homojen olduğunu varsayan Hecksher-Ohlin teorisinin aksine Posner'in (1961) ileri sürdüğü teknolojik boşluk hipotezi ile Vernon'un (1966) geliştirmiş olduğu ürün döngüsü teoremi teknolojideki farklılaşmanın öncüleri olmuştur. Ayrıca Krugman (1979) ve Grossman ve Helpman (1991) ülkeler arasındaki teknolojik farklılıkları uluslararası ticaretin önemli bir farkı olarak görmektedirler (Bayraktutan ve Bırdırdı, 2018: 3). Teknolojik gelişmeler ülkelerin uzmanlaşma modellerini değiştirmekte, ticaret maliyetlerini düşürerek daha büyük ticaret hacimlerini teşvik etmektedir (Helpman, 1999: 142). Bu ise teknoloji üreten ve ihraç eden ülkelerin daha yüksek refah seviyesine sahip oldukları anlamına gelmektedir.

Teknoloji seviyesi ne kadar yükselirse hem bireysel hem de ulusal açıdan kazanılan refah da o kadar artmaktadır. Bu argüman Kuzey-Güney modeli gibi uluslararası ticaret teorileri tarafından da desteklenmektedir (Bayraktutan, 2018). Kuzey-Güney modelinde ifade edilen Kuzey ekonomileri yenilikçi yapıya sahip, teknolojik yenilikleri hayata geçiren gelişmiş ekonomiler iken Güney ekonomileri ise yeni teknolojilerin üretilmesine yönelik herhangi bir faaliyetin olmadığı, Kuzeyin geliştirdiği teknolojileri adapte eden gelişmekte olan ülkeleri temsil etmektedir (Özer ve Çiftçi, 2009: 227). Grossman ve Helpman (1989) tarafından geliştirilen ürünlerin yaşam döngüsü modelinde de ürünlerin ilk olarak teknolojik gelişmeyi sağlamış Kuzey ülkeleri tarafından üretildiği daha sonra da Güney ülkeleri tarafından Kuzey ülkeleri ile benzer refah düzeyine ulaşabilmek amacıyla taklit edilmek suretiyle alındığı varsayılmaktadır (Türker, 2009: 91).

Uluslararası arenada rekabet üstünlüğü elde edebilmek için önemli bir faktör olan yüksek teknolojili ürün üretimini artırmanın en önemli yolu ise araştırma geliştirme harcamalarını artırmaktan geçmektedir (Sandu ve Cioaceni, 2014: 80; Lall, 2000; Xing, 2012). Dolayısıyla daha fazla katma değer oluşturmak, refah düzeyini artırmak amacıyla gerçekleştirilmesi arzulan yüksek teknolojili ürün ihracatı araştırma geliştirme faaliyetlerine yönelik yatırımların teşvik edilmesini de beraberinde getirmektedir.

Küresel rekabetin etkin olması dolayısıyla ürün yelpazesini genişleterek uluslararası alanda rekabet üstünlüğü sağlaması, dış ticarete özellikle ihracata konu olan malların kalitesindeki artışla beraber de refah seviyesini artırması yüksek teknolojinin önemini daha da artırmaktadır. Ar-ge harcamalarının yüksek teknolojilerin geliştirilmesinin potansiyelini oluşturması dolayısıyla bu çalışmada yüksek teknoloji yoğunluklu ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasındaki ilişki incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalara kıyasla gayri safi sabit sermaye yatırımları ve ticari açıklık değişkenleri modele kontrol değişkeni olarak eklenmiş yüksek teknoloji yoğunluklu ihracat üzerindeki etkisi incelenmiştir. Güncel verilerin ve farklı kontrol değişkenlerin kullanılmasının yanı sıra geliştirilmiş güçlü performans sunan güncel analiz yöntemlerinin kullanılması çalışmanın sonuçlarının güvenilirliğini artırarak literatüre katkısını ortaya koymaktadır.

Literatür Taraması

Yüksek teknolojili ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaların büyük çoğunluğunda değişkenler arasında pozitif yönlü ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Le (1987), G7-ülkelerinin 1975, 1979, 1980 ve 1983

yıllarındaki araştırma geliştirme harcamaları ve yüksek teknoloji ürün ihracatı arasındaki ilişkiyi incelemiş olduğu çalışmasında araştırma geliştirme harcamaları yükseldikçe yüksek teknoloji ürün ihracatının da arttığını belirtmiştir. Braunerhjelm ve Thulin (2008), 19 OECD ülkesi için 1881-1999 dönemi verileriyle yapmış oldukları çalışmanın neticesinde araştırma geliştirme harcamalarındaki artışın yüksek teknoloji ürün ihracatını artırdığı sonucuna ulaşılmışlardır. Elde ettikleri sonuca göre araştırma geliştirme harcamalarında %1'lik bir artış yüksek teknoloji ürün ihracatında %3'lük bir artışa yol açmaktadır. Benzer şekilde Göçer (2013) tarafından 11 Asya ülkesi için yapılan çalışmanın neticesinde de araştırma geliştirme harcamalarındaki %1 seviyesindeki artışın yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde %6,5 düzeyinde bir artışa yol açtığı tespit edilmiştir.

Falk (2009), 22 OECD ülkesi için 1980-2004 dönemi, Altay Topçu (2018) 24 OECD ülkesi için 1996-2015 dönemi, Ackrill ve Çetin (2019) 1996-2014 dönemi Brezilya, Meksika, Malezya, Çin, Güney Afrika, Hindistan, Tayland ve son olarak Türkiye'den oluşan yeni sanayileşmiş sekiz ülke için yaptıkları çalışma neticesinde yüksek teknoloji ürün ihracatı ile Ar-Ge harcamaları arasında anlamlı ve pozitif bir ilişkiye ulaşılmıştır. Gaur vd. (2020), gelişmiş ve gelişmekte olan toplam 15 ülke için 2007-2018 dönemi verileri ile yaptıkları çalışmada yüksek teknoloji ürün ihracatının ülkelerin araştırma geliştirme harcamalarının sonucunda gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Yaman vd. (2020), 35 OECD ülkesi için 1998-2017 dönemini, Karagöz ve Şener (2023) de 35 OECD ülkesi için 2008-2017 dönemini inceledikleri çalışmalarında Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji ihracatı üzerinde pozitif yönlü etkiler meydana getirdiğini bulmuşlardır. Akar ve Topoğlu (2022) ise G7 ve Türkiye ekonomisi için 2007-2019 dönemini ele aldıkları çalışmalarında yaptıkları analizler neticesinde Ar-Ge harcamalarındaki artışın yüksek teknoloji ürün ihracatını artırdığı sonucunu elde etmişlerdir. Lee ve Kwon (2023), ABD imalat firmaları için yaptıkları çalışmada elde ettikleri bulgular Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji firmalarında ihracatı pozitif yönde etkilediğine yöneliktir. Rauf vd. (2023), 1998-2016 dönemi Çin'in imalat sanayisi için yaptıkları çalışmada Ar-Ge için yapılan yatırım ve harcamaların teknoloji yoğun ihracat için kritik belirleyici olduğunu tespit etmişlerdir.

Sandu ve Ciocanel (2014) çalışmalarında özel sektörün Ar-Ge harcaması ile kamu sektörünün Ar-Ge harcamasının yüksek teknoloji ürünlerin ihracatındaki etkisini incelemişlerdir. 26 AB ülkesinin 2006-2010 dönemi için yapmış oldukları analizler neticesinde özel sektörün araştırma geliştirme harcamalarının ileri teknoloji ürünlerin ihracatındaki etkisinin kamu sektörünün araştırma geliştirme harcamalarının etkisinden yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kılıç vd. (2014), G-8 ülkelerini inceledikleri çalışmalarında yüksek teknoloji yoğunluklu ürün ihracatı ile Ar-Ge harcamaları arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir. Yani ilgili çalışmanın sonucuna göre araştırma geliştirme harcamalarındaki artış yüksek teknoloji yoğunluklu ürün ihracatını artırırken yüksek teknoloji ürün ihracatındaki artış da araştırma geliştirme harcamalarına yapılan yatırımların artmasına neden olmaktadır. Özçelik (2022), yeni sanayileşen 13 ülke için 1996-2020 dönemini inceledikleri çalışmada Ar-Ge harcamalarındaki artışın yüksek teknoloji ihracatını artırdığını, ele alınan ülkelerden Çin, Endonezya, Türkiye, Singapur için karşılıklı, Hindistan, Malezya ve Güney Kore'de Ar-Ge harcamalarından yüksek teknoloji ihracatına, Brezilya ve Hong Kong'da ise yüksek teknoloji ihracatından Ar-Ge harcamalarına doğru olmak üzere tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmiştir.

Yüksek teknoloji ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını bulan çalışmaların yanı sıra kısa dönemde araştırma geliştirme harcamalarının yüksek teknoloji ürünlerin ihracatında herhangi bir etkisinin olmadığını bulan çalışmalar da mevcuttur. Bayar, Remeikienė ve Gasparėnienė (2020) çalışmalarında 2000-2016 döneminde AB geçiş ekonomileri için yaptıkları nedensellik analizi neticesinde araştırma geliştirme harcamalarının kısa dönemde yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ancak uzun dönemde yüksek teknoloji ürün ihracatını arttırmada etkili bir faktör olduğu bulgusuna ulaşmışlardır.

Yöntem

Yüksek teknoloji ürün ihracatı ve Ar-Ge harcamaları arasındaki nedensellik ilişkisinin incelendiği bu çalışmada yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) bağımlı değişken, Ar-Ge harcamaları (RD) ise bağımsız değişken olarak değerlendirilmiştir. Kontrol değişkeni olarak ise gayri safi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) değişkenleri modele eklenmiştir.

Tablo 1. Değişkenlerin Tanımları ve Kaynakları

Değişkenler	Açıklama	Ölçüm	Kaynak
HTECH	Yüksek teknoloji ürün ihracatı	Yüksek ve orta teknoloji yoğunluklu imalat ihracatının toplam imalat ihracatına oranı, %	
RD	Ar-Ge harcamaları	Ar-Ge harcamalarının GSYH'ye oranı, %	World Bank- World Development Indicators
GFCF	Gayri safi sabit sermaye yatırımları	Gayri safi sabit sermaye yatırımlarının GSYH'ye oranı, %	
TRADE	Ticari açıklık	Dış ticaretin GSYH'ye oranı, %	

Çalışmada yüksek teknoloji ürün ihracatı ile Ar-Ge harcamaları arasındaki nedensellik ilişkisi Türkiye, Almanya, İngiltere, ABD, Japonya, Fransa, Kanada, Güney Kore, Belçika, Hollanda, Avusturya, Danimarka, Macaristan, Çekya, İspanya, Litvanya,

Estonya, Letonya, Polonya, Meksika, Portekiz ve Slovakya'dan oluşan 22 OECD ülkesi için 1996-2021 dönemi yıllık verileri kullanılarak panel analiz yöntemleri ile incelenmiştir. Bağımlı değişken olarak yer alan yüksek teknolojili ürün ihracatına (HTECH) karşılık olarak yüksek ve orta teknolojili imalat ihracatının toplam imalat ihracatına oranı, bağımsız değişken olarak yer alan Ar-Ge harcamaları (RD) için de araştırma geliştirme harcamalarının GSYH'ye oranı alınmıştır. Kontrol değişkenlerden gayri safi sabit sermaye yatırımları (GFCF) için bu yatırımların GSYH'ye oranı, ticari açıklık (TRADE) değişkeni için de dış ticaretin GSYH'ye oranı analize dahil edilmiştir. Değişkenlere ait veriler World Bank tarafından yayınlanan World Development Indicators veri tabanından temin edilmiştir.

Söz konusu ilişkinin incelenmesi amacıyla oluşturulan model aşağıdaki gibidir:

$$HTECH = \beta_0 + \beta_1 RD_{it} + \beta_2 GFCF_{it} + \beta_3 TRADE_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Metodoloji

Paneli oluşturan değişkenlere ait yatay kesit bağımlılığının tespiti ekonometrik tahminlerde yapılması gereken öncelikli işlemlerden birini oluşturmaktadır. Özellikle uygulanacak birim kök analizi yönteminin belirlenmesi değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı içerip içermediğine bağlıdır. Bu amaçla öncelikle değişkenlere ve ardından modele yönelik yatay kesit bağımlılığı testi yapılmıştır.

Pesaran (2004) tarafından incelenen ülkelerden birinde gerçekleşen ekonomik şokun diğer ülkeler üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla Cross-Section Dependence (CD) testi geliştirilmiştir. Ancak Juodis ve Reese (2021) tarafından yapılan son çalışmalarda CD testi yarı güçlü veya güçlü gizli faktörlere sahip panellerden gelen kalıntılara uygulanmasının aşırı reddedilmeye yol açabileceğinin ve sıfır hipotezinin yanlış reddedildiğinin belirlenmesi üzerine CDw testi türetilmiştir. İlgili sorunu hafifletmeye yardımcı olan CDw testindeki potansiyel güç eksikliğini gidermek için Juodis ve Reese (2021), Fan vd. (2015) tarafından önerilen bir tarama bileşenini dahil ederek CDw test istatistiğini değiştirerek CDw+ test istatistiğini geliştirmişlerdir. Güçlendirilmiş CD testi olarak da ifade edilen CDw+ testi zaman boyutu arttığında model artıklarında ortaya çıkan sorunlara ve tesadüfi parametrelerin etkilerine odaklanmaktadır.

Eğim katsayılarının homojen ya da heterojen olduğunun belirlenmesi uygulanacak olan panel birim kök ve panel nedensellik analizi yöntemlerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Swamy (1970) testi uygulanarak eğim katsayılarının kesitler arasında homojen olup olmadığı belirlenmektedir. Ayrıca Pesaran ve Yamagata (2008) ve Blomquist ve Westerlund (2013), Δ testi için hem heteroskedastisiteyi hem de otokorelasyonu dikkate alan Δ HAC testini geliştirmişlerdir. Eğim katsayıları homojenlik testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H_0 : Eğim katsayıları homojendir

H_1 : Eğim katsayıları heterojendir

Yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik test sonuçları doğru tahminler yapabilmek ve etkili politika önerileri sunabilmek adına birinci nesil ya da ikinci nesil panel birim kök testlerinden hangisinin kullanılması gerektiğini göstermesi açısından önemlidir. Yatay kesit bağımlılığın olması durumunda panel birim kök testlerinden ikinci nesil testler uygulanmaktadır. Pesaran'ın (2006) geliştirmiş olduğu CADF (Cross-sectionally Augmented Dickey Fuller) testi bu testlerden biridir. $T > N$ koşuluna da uygun olan test istatistiği denklem 2'de görüldüğü gibidir:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + b_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{i,t-1} + d_i \Delta \bar{y}_{i,t} + e_{it} \quad (2)$$

Denklemdaki $\Delta y_{it} = y_{it} - y_{i,t-1}$ ifadesi;

$$\bar{y}_t = N^{-1} \sum_{i=1}^N y_{it} \quad (3)$$

$$\Delta y_i = N^{-1} \sum_{i=1}^N \Delta y_{it} \text{ dir.} \quad (4)$$

CADF birim kök testi hipotezlerinden bütün i 'ler için $H_0 : \beta_i = 0$ durağan değildir anlamına gelirken $i=1, 2, \dots, N$, $i=N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N$ için $H_1 : \beta_i < 0$, ise durağandır anlamına gelmektedir (Pesaran, 2007: 268):

Panelde ülkelerin her birinin bir yatay kesite karşılık gelmeleri dolayısıyla her bir ülkenin birim köklerinin ortalamalarının alınmasıyla elde edilen CIPS (Cross-Sectionally Augmented IPS) birim kök istatistiği ise denklem 5'te yer almaktadır (Pesaran, 2007: 267):

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (5)$$

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmek için Juodis, Karavias ve Sarafidis'in (2021) Granger nedensellik testinin Xiao vd. (2023) tarafından geliştirilen yeni versiyonu kullanılmıştır. Bu panel testi, modelde homojen ya da heterojen katsayılar varlığında Granger nedenselliğinin bulunmadığı H_0 hipotezini sınamaktadır. Yaklaşımın yeniliği, H_0 hipotezinde Granger nedensellik parametrelerinin sıfır ve homojen olması gerektiği fikrine dayanmakta olup, yalnızca bu parametreler için ortak bir tahmin edici kullanılmasını öngörmektedir. Bu tahmin edici, \sqrt{NT} yakınsama oranına ulaşılmasını sağlamaktadır; burada N, paneldeki kesit birim sayısını, T ise zaman serisi gözlemlerinin sayısını ifade etmektedir. Testin uygulanmasında, "Nickell Yanlılığı" etkisini hesaba katmak amacıyla Dhaene ve Jochmans'ın (2015) Half Panel Jackknife (HPJ) yöntemi tercih edilmiştir. Bu yaklaşımla, özellikle orta uzunluktaki zaman boyutunun, heterojen parametreler ve yüksek kalıcılık gibi koşullar altında etkin sonuçlar elde edilmiştir (Juodis vd., 2021). Testin sağladığı \sqrt{NT} yakınsama oranına sahip havuzlanmış tahmin edicileri sayesinde mevcut testlere göre daha iyi boyut ve güç performansı elde edilmekte olup, ayrıca çok değişkenli sistemlerde kullanılabilir olması ve hem homojen hem de heterojen alternatifler karşısında etkili olması dolayısıyla iki önemli avantaja sahiptir (Xiao vd., 2023: 231).

Bayesian bilgi kriteri (BIC) kullanarak hem manuel hem de otomatik gecikme uzunluğu seçimi için seçenekler sunan, hatalardaki kesitsel bağımlılığa ve kesitsel heteroskedastisiteye izin veren ve tek veya birden fazla ilgili değişkene sahip denklemlerde Granger nedenselliğini analiz eden bu testin denklemi aşağıdaki gibidir (Xiao vd., 2023: 232).

$$y_{i,t} = \varphi_{0,i} + \sum_{p=1}^P \varphi_{p,i} y_{i,t-p} + \sum_{p=1}^P \beta_{p,i} x_{i,t-p} + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, N \text{ ve } t = 1, \dots, T.$$

Xiao vd. (2023) tarafından güncellenen, Juodis, Karavias ve Sarafidis (2021) nedensellik testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H_0 : $\beta_{q,i} = 0$ tüm i ve q için Granger nedeni değildir.

H_1 : $\beta_1 \neq 0$ bazı i ve q için Granger nedenidir.

Bulgular ve Tartışma

Yüksek teknoloji ürün ihracatında Ar-Ge harcamalarının etkisinin belirlenmesi amacıyla ilk olarak yatay kesit bağımlılığı testi ve sonrasında ise değişkenlerin hangi seviyede durağan olduklarını belirlemek için birim kök testi yapılmıştır. Eğim katsayılarının homojenliğinin belirlenebilmesi için homojenlik testi yapılmış ve sonrasında değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespiti amacıyla da nedensellik testi uygulanmıştır. Tablo2'de ve Tablo3'te sırasıyla değişkenlere ve modele yönelik yapılan yatay kesit bağımlılığı testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 2. Değişkenler İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları

	HTECH	RD	GFCF	TRADE
CDw+	576.04	760.27	463.06	908.62
Prob. Değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sonuç	Ret	Ret	Ret	Ret

Sonuçlar incelendiğinde tüm değişkenler için prob değerinin 0.0000 olması dolayısıyla yatay kesit bağımlılığı olmadığını ileri süren H_0 hipotezi reddedilmiş ve yatay kesit bağımlılığı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Tablo 3. Model İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları

	Test İstatistiği	Probability	Sonuç
CDw+	601.83	0.0000	Ret

Değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının olduğuna yönelik bulguların elde edilmesinin yanı sıra model için yapılan analiz neticesinde prob değerinin 0.0000 elde edilmesi ile H_0 hipotezi reddedilerek modelde de yatay kesit bağımlılığı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. Eğim Homojenliği Testi Sonuçları

Delta Test	Test İstatistiği	Probability
Δ_Tilde	19.830	0.0000
Δ_Tilde_adj	22.065	0.0000
HAC* Test	Test İstatistiği	Probability
Δ_Tilde (HAC)	22.632	0.0000
Δ_Tilde (HAC) _{adj}	25.132	0.0000

*HAC test istatistiğini hesaplamada Bartlett-Kernel fonksiyonu kullanılmıştır.

Modele ait homojenlik standart Delta testi ve HAC testi kullanılarak test edilmiştir. Delta testi sonuçlarına göre H_0 hipotezinin reddedildiği, eğim katsayılarının homojen değil heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Blomquist ve Westerlund (2013) tarafından önerilen HAC testi sonuçları da H_0 hipotezinin reddedildiğini, eğim katsayılarının heterojen olduğunu ifade etmektedir. Birbirini destekler nitelikte sonuçlar sunan her iki teste göre de eğim parametreleri yatay kesitler arasında değişkenlik göstermektedir.

Modelde ve değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının varlığının ve modele ait eğim katsayılarının heterojen olduğunun tespit edilmesinin neticesinde ikinci nesil birim kök testlerinden olan CADF (Cross- Sectionally Augmented Dickey Fuller) testi uygulanmıştır.

Tablo 5. CADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Seviye			1.Fark			
	Gecikme	Sabit(0)/Trend(1)	CIPS istatistiği	Gecikme	Sabit(0)/Trend(1)	CIPS istatistiği	
HTECH	1	1	-2.067	1	1	-4.777***	
RD	1	0	-1.635	1	0	-3.989***	
GFCF	1	0	-2.028	1	0	-4.085***	
TRADE	1	0	-1.642	1	0	-3.752***	
Bireysel yatay kesitli genişletilmiş Dickey-Fuller dağılımının ortalamalarının kritik değerleri:							
Sabit (0)	%1	%5	%10	Trend (1)	%1	%5	%10
N:22 T:26	-2.3	-2.15	-2.07	N:22 T:26	-2.81	-2.66	-2.58

Gecikme uzunlukları max 1 olarak belirlenmiştir. ***, %1'de anlamlılığı ifade etmektedir

Birim kök testi sonucunda elde edilen bulgular değişkenlerin tamamı için seviyede H_0 hipotezinin reddedildiğini ve değişkenlerin seviyede birim köke sahip olduğunu ancak değişkenlerin birinci farkının alınmasıyla değişkenlerin %1 önem düzeyinde durağan hale geldiğini göstermektedir.

Tablo 6. Panel Nedensellik Testi Sonuçları

Çok Değişkenli Nedensellik Testi				
H_0 : Seçilen değişkenler htech değişkeninin Granger nedeni değildir.	Lags	HPJ Wald Test	p-value	Karar
RD, GFCF, TRADE \rightarrow HTECH	3	171.3953	0.0000***	H_0 reddedilir
Tek Değişkenli Nedensellik Testi				
H_0 : x, y'nin Granger nedeni değildir.	Lags	HPJ Wald Test	p-value	Karar
HTECH \rightarrow RD	3	30.3632	0.0000***	H_0 reddedilir
RD \rightarrow HTECH	1	21.8468	0.0000***	
HTECH \rightarrow TRADE	3	52.7186	0.0000***	
TRADE \rightarrow HTECH	3	5.0984	0.0000***	
HTECH \rightarrow GFCF	3	106.7023	0.0000***	
GFCF \rightarrow HTECH	3	36.3193	0.0000***	

*** %1 önem düzeyini ifade etmektedir.

Nedensellik testi sonucuna göre ilk olarak çok değişkenli fonksiyonlar için seçilen bağımsız değişken ve kontrol değişkenlerin

bağımlı değişkenin nedeni olup olmadığı incelenmiştir. Elde edilen bulgular bağımsız değişken ve kontrol değişkenlerin bağımlı değişken olan yüksek teknoloji ürün ihracatının (HTECH) nedeni olmadığı şeklindeki H_0 hipotezinin %1 önem düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Bir başka ifadeyle seçilen OECD ülkeleri için Ar-Ge harcamaları (RD), gayrisafi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) değişkenleri yüksek teknoloji ürün ihracatının (HTECH) nedenidir. Her değişken için nedenselliğin ayrı ayrı incelenmesiyle elde edilen tek değişkenli nedensellik sonuçlarına göre yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) ile Ar-Ge harcamaları (RD) arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Yani araştırma geliştirme harcamaları yüksek teknoloji ürün ihracatının nedeniyken yüksek teknoloji ürün ihracatı da araştırma geliştirme harcamalarının nedeni. Benzer şekilde gayrisafi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) ile yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

Sonuç

Uluslararası rekabette en etkili faktörlerden biri teknolojik gelişmelerdir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile yakından ilişkili olan teknolojik yenilik seviyesi sağlamış olduğu katma değer dolayısıyla da rekabet edebilirlik düzeyinde önemli bir katkı sunmaktadır. Özellikle uluslararası ticaret açısından incelendiğinde ihracatta katma değeri yüksek olan malların payını artırmak öncelikli politikalar haline gelmiştir. Bu bağlamda yüksek teknoloji ürün ihracatının temel belirleyici unsurlarından biri Ar-Ge harcamaları olarak kabul edilmektedir. Ar-Ge harcamalarına yapılan yatırımların artması neticesinde yüksek teknoloji ürün üretiminin artacağı, bunun ise ülkelere karşılaştırmalı üstünlük sağlayarak ülkelerin ihracat performansını olumlu yönde etkileyeceği kabul edilmektedir.

Bu çalışmada 22 OECD ülkesinin 1996-2021 dönemi yıllık verileri kullanılarak Ar-Ge harcamaları ile yüksek teknoloji ürün ihracatı arasındaki nedensellik ilişkisi panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Modele kontrol değişken olarak gayrisafi sabit sermaye yatırımları ile ticari açıklık verileri de eklenmiştir. Değişkenlerin ve modelin yatay kesit bağımlılıkları ile modele ait eğim homojenliği testinin ardından değişkenlerin durağanlık düzeyleri panel birim kök testleri ile incelenmiştir. Gerek değişkenlere gerekse modele ait yatay kesit bağımlılığı elde edilmesi ikinci nesil birim kök testlerinin uygulanması gerektiğini göstermiştir. Değişkenlerinin her birinin seviyede birim köke sahip oldukları birinci farklarında ise durağanlaştıkları tespit edilmiştir.

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin tespiti için Juodis, Karavias ve Sarafidis'in (2021) Granger panel nedensellik testinin Xiao vd. (2023) tarafından geliştirilen yeni versiyonu yapılmıştır. Panel nedensellik analizi sonuçlarına göre seçilen OECD ülkeleri için bağımsız değişken Ar-Ge harcamaları ile kontrol değişkenler olan gayrisafi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) değişkenlerinin yüksek teknoloji ürün ihracatının (HTECH) nedeni olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca analiz sonucuna göre yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) ile Ar-Ge harcamaları (RD) arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Bir başka ifadeyle yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) ile araştırma geliştirme harcamalarının (RD) birbirlerinin nedeni olduğu sonucu elde edilmiştir. Kontrol değişkenler olan gayrisafi sabit sermaye yatırımları (GFCF) ve ticari açıklık (TRADE) ile yüksek teknoloji ürün ihracatı (HTECH) arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Yüksek teknoloji ürün ihracatı ile araştırma geliştirme harcamaları arasındaki nedensellik ilişkinin tespit edildiği bu çalışma sonuçlarına göre ülkelerin dış ticarete rekabet üstünlüğü elde edebilmeleri, sahip oldukları üstünlükleri koruyabilmeleri, refah düzeylerini artırabilmeleri için politika yapıcıların araştırma geliştirme harcamalarına yönelik yatırımları artırmaları bunun için de öncelikli olarak araştırma geliştirme harcamalarına milli gelirden daha fazla kaynak aktarmaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren firmalara Ar-Ge projeleri için belirli bir oranda hibe desteği sağlanması yenilikçi projelerin başlangıç aşamalarında mali yükü azaltacağı için teşvik edici olacaktır. Ar-Ge harcamalarının belirli bir yüzdesinin vergi matrahından düşülerek vergi indirimlerinin sağlanması, düşük faizli kredi olanakları sunarak ve risk sermayesi fonları oluşturularak yüksek teknoloji projeleri finansmanında önemli bir kaynak sağlanması finansal açıdan yapılabilecek teşviklerden bazılarıdır. Ayrıca kamu ve özel sektör işbirliğini sağlayarak Ar-Ge faaliyetlerinde özel sektörün payının artırılması ve kaynakların etkin kullanımının sağlanması, üniversite-sanayi işbirliği ile bilgi transferinin artırılması, belirli teknoloji geliştirme bölgeleri oluşturularak bu bölgelerdeki firmalara fiziki altyapı desteği, düşük kira hizmetlerinin sunulması, nitelikli işgücü temini amacıyla eğitim düzenlemelerinin yapılması, yenilikçi fikirleri artırabilmek amacıyla belirli periyotlarla yarışmalar düzenleyerek başarılı projelerin ödüllendirilmesi gibi teşvik edici uygulamalar da son derece önemlidir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkısı: Çalışma Konsepti/Tasarımı: S.Y., D.D.; Veri Toplama: S.Y.; Veri Analizi /Yorumlama: S.Y.; Yazı Taslağı: : S.Y., D.D.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: S.Y.; Son Onay ve Sorumluluk: S.Y., D.D.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer Review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of study: : S.Y., D.D.; Data Acquisition: S.Y.; Data Analysis/Interpretation: S.Y.; Drafting Manuscript: S.Y., D.D.; Critical Revision of Manuscript: S.Y.; Final Approval and Accountability: S.Y., D.D.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Grant Support: The authors declared that this study has received no financial support.

ORCID:

Sema Yaşar 0000-0002-7056-9265

Dilan Dayanan 0000-0003-2834-8722

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Ackrill, R. ve Çetin, R. (2019). The impacts of patent and R&D expenditures on the high-tech exports of newly industrialised countries: A panel cointegration analysis. *Nottingham Trent University Discussion Papers in Economics*, 2019/5, 1-31.
- Akar, T. ve Topoğlu, E. (2022). Ar-Ge harcamalarının ve patent başvurularının ileri teknoloji ürün ihracatı ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatı üzerindeki etkileri. *Anadolu University Journal of Faculty of Economics*, 4(1), 20-35.
- Altay Topçu, B. (2018). The effect of R&D expenditures on high-tech manufacturing industry export: The case of OECD countries. *Social Sciences Studies Journal*, 4(16), 1177-1183.
- Bayar, Y., Remeikienė, R., ve Gasparėnienė, L. (2020). Intellectual property rights, R&D expenditures, and high-tech exports in the EU transition economies. *Journal of International Studies*, 13(1), 143-154. doi:10.14254/2071-8330.2020/13-1/9
- Bayraktutan, Y (2018). *Uluslararası İktisat*, Kocaeli: Umutepe.
- Bayraktutan, Y. ve Bıdırdı, H. (2018). Innovation and high-tech exports in developed and developing countries. *Journal of International Commerce, Economics and Policy*, 9 (3), 1850011-1-21. doi: 10.1142/S1793993318500114
- Blomquist J. ve Westerlund, J. (2013). Testing slope homogeneity in large panels with serial correlation. *Economics Letters*, 121(3), 374-378.
- Braunerhjelm P. ve Thulin, P. (2008). Can countries create comparative advantages? R&D expenditures, high-tech exports and country size in 19 OECD countries, 1981–1999, *International Economic Journal*, 22(1), 95-111, doi: 10.1080/10168730801887026
- Dhaene, G. ve Jochmans, K. (2015). Split-panel jackknife estimation of fixed-effect models. *The Review of Economic Studies*, 82(3), 991-1030.
- Falk, M. (2009). High-tech exports and economic growth in industrialized countries. *Applied Economics Letters*, 16 (10), 1025-1028. doi:10.1080/13504850701222228
- Fan, J., Liao, Y. ve Yao, J. (2015). Power enhancement in high-dimensional cross-sectional tests. *Econometrica*, 83 (4), 1497–1541.
- Freeman, C. ve Soete, L. (2003). *The Economics of Industrial Innovation. Yenilik İktisatı*. (Çeviren: Ergun Türkcan). Ankara: TÜBİTAK Yayınları.
- Gaur, M., Kant, R. ve Verma, N.M.P. (2020). Macro-economic determinants of high technology exports. *European Journal of Business and Management Research*, 5(5), 1-6. doi: 10.24018/ejbmr.2020.5.5.506
- Göçer, İ. (2013). Ar-Ge harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatı, dış ticaret dengesi ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. *Maliye Dergisi*, 165, 215-240.
- Grossman, GM, and E Helpman (1991). *Innovation and growth in the global economy*, Massachusetts: The MIT Press.
- Helpman, E (1999). Structure of foreign trade. *The Journal of Economic Perspectives*, 13(2), 121–144.
- Juodis, A., Karavias, Y. ve Sarafidis, V. (2021). A homogeneous approach to testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Empirical Economics*, 60(1), 93-112.
- Karagoz, H. ve Şener, S. (2023). Sanayi sektörü önemini yitirdi mi? İhracat ve rekabet gücü ekseninde bir inceleme. *İstanbul İktisat Dergisi*, 73(1), 307-331. <https://doi.org/10.26650/ISTJECON2022-1208734>
- Kılıç, C., Bayar, Y. ve Özekicioğlu, H. (2014). Araştırma geliştirme harcamalarının yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerindeki etkisi: G-8 ülkeleri için bir panel veri analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 44: 115-130.
- Krugman, P. (1979). A model of innovation, technology transfer, and the world distribution of income, *The Journal of Political Economy*, 87(2), 253-266.

- Lall, S. (2000). The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985–98. *Oxford Development Studies*, 28(3), 337–369.
- Le, C. D. (1987). The role of R&D in high-technology trade: An empirical analysis, *Atlantic Economic Journal*, 15, 32-38.
- Lee, J. ve Kwon, H.B. (2023). Synergistic effect of R&D and exports on performance in US manufacturing industries: high-tech vs low-tech. *Journal of Modelling in Management*, 18(2), 343-371. <https://doi.org/10.1108/JM2-03-2021-0057>
- Leinfellner, W. ve Eberlein, G. (1997). *A methodological framework for techno-economic analyses*. İtalya: University of Bologna.
- Özçelik, O. (2022). Ar-Ge ve İnovasyonun yüksek teknoloji ürün ihracatı üzerindeki etkileri: NIC ülkeleri için fourier panel veri analizi. *Turkish Studies - Economy*, 17(2), 407-430. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.62007>
- Özer, M. ve Çiftçi, N. (2009). AR-GE tabanlı içsel büyüme modelleri ve AR-GE harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkisi: OECD ülkeleri panel veri analizi. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 219-240.
- Pesaran, M.H ve Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*. 142, 50-93.
- Pesaran, M.H, Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *Econometrics Journal*, 11, 105-127.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross section dependence. *Journal Of Applied Econometrics*, 22, 265-312. doi.org/10.1002/jae.951.
- Pesaran, M.H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure, *Econometrica*, 74, 4, 967-1012.
- Pesaran, M.H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. IZA Discussion Paper Series, No:1240, 1-39.
- Posner, MV (1961). International trade and technical change. *OxfordEconomicPapers*, 13(3), 323–341.
- Rauf, A., Ying, M. ve Jalil, A. (2023). Change in factor endowment, technological innovation and export: evidence from China'á manufacturing sector. *European Journal of Innovation Management*, 26(1), 134-156. doi.org/10.1108/EJIM-01-2021-0055
- Sandu, S. ve Bogdan, C. (2014). Impact of R&D and innovation on high-tech export. *Procedia Economics and Finance*, 15: 80-90.
- Tebaldi, E. (2011). The determinants of high-technology exports: A panel data analysis. *Atlantic Economic Journal*, 39(4), 343-353.
- Türker, M.T. (2009). İçsel büyüme teorilerinde içsel büyümenin kaynağı ve uluslararası ticaret olgusuyla ilişkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 25, 87-94.
- Utkulu, U. (2005). *Türkiye'nin Dış Ticareti ve Değişen Mukayeseli Üstünlükler*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.
- Uzay, N., Demir, M. ve Yıldırım, E. (2012). İhracat performansı açısından teknolojik yeniliğin önemi: Türkiye imalat sanayi örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*. 13(1), 147-160.
- Vernon, R (1966). International investment and international trade in the product cycle. *The Quarterly Journal of Economics*, 80(2), 190–207.
- Yaman, H., Çetin, D., ve Dulupçu, M. A. (2020). OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamaları ve ileri teknoloji ihracatı: Bir panel veri analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(3), 193-208.
- Yaşar, S. ve Taşar, M.O. (2019). Dış Ticaret ve Ekonomik Büyümenin Anahtarları: Teknoloji. Konya: Atlas Yayınevi.
- Xiao, J., Juodis, A., Karavias, Y., Sarafidis, V., veDitzen, J. (2023). Improved tests for Granger noncausality in panel data. *The Stata Journal*, 23 (1), 230-242.
- Xing, Y (2012). The people's republic of china's high-tech exports: Myth and reality, *ADB Working Paper No. 5055*, Tokyo: Asian Development Bank Institute.

Atıf Biçimi / How cite this article

Yaşar, S., & Dayanan, D. (2024). The role of R&D expenditures on high technology product exports: A panel causality analysis for OECD countries. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 41, 151-160. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2024.41.1553410>