

## Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları ve Ar-Ge İnsan Kaynağı Dinamiklerinin Zaman Serisi Yöntemiyle İncelenmesi

*An Analysis Of Research And Development Expenditures and Research and Development Human Resource Dynamics in Turkey Using Time Series Methods*

### ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları (ARGEH) ile Ar-Ge İnsan Kaynağı (ARGEK) arasındaki ilişkinin dinamikleri, 1990–2023 dönemine ait yıllık zaman serisi verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sürecinde öncelikle değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler sunulmuş, ardından serilerin durağanlık özellikleri Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi aracılığıyla incelenmiştir. Elde edilen bulgular, her iki serinin de birinci dereceden bütünsel olduğunu göstermiştir. Serilerin aynı dereceden bütünsel olması nedeniyle, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Engle-Granger eşbütünselme testi ile araştırılmıştır. Korelasyon analizi sonuçları, LNARGEH ve LNARGEK değişkenleri arasında pozitif yönlü ve yüksek düzeyde ( $r = 0.9531$ ) istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur. Eşbütünselme testi bulguları ise söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığına işaret etmektedir. Uzun dönemli ilişkinin dinamiklerini incelemek amacıyla kurulan Hata Düzeltme Modeli (ECM) sonuçları, negatif işaretli hata düzeltme katsayısı ( $\lambda = -0.039173$ ) ile sistemin uzun dönem dengesine geri dönüş eğilimini doğrulamıştır. Bununla birlikte, söz konusu katsayının büyüklüğü, dengenin yeniden sağlanma hızının görece düşük olduğunu ve yıllık yaklaşık %3,91 düzeyinde gerçekleştiğini göstermektedir. Kısa dönem dinamikleri incelendiğinde ise Ar-Ge harcamalarının kendi gecikmeli değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülürken, Ar-Ge insan kaynağındaki kısa dönemli değişimlerin cari dönem Ar-Ge harcamaları üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, Türkiye’de Ar-Ge harcamaları ile Ar-Ge insan kaynağı arasındaki ilişkinin kısa vadeli dalgalanmalardan ziyade uzun dönemli denge mekanizması çerçevesinde şekillendiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** AR-GE harcaması, AR-GE insan kaynağı, zaman serisi analizi.

### ABSTRACT

In this study, the dynamics of the relationship between Research and Development Expenditures (R&DEx) and Research and Development Human Resources (R&DHum) in Turkey were analysed using annual time series data from the period 1990–2023. During the analysis process, descriptive statistics for the variables were first presented, and then the stationarity properties of the series were examined using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) unit root test. The findings showed that both series were first-order integrated. Due to the series being integrated to the same degree, the long-term relationship between the variables was investigated using the Engle-Granger cointegration test. The correlation analysis results revealed a positive and highly statistically significant relationship ( $r = 0.9531$ ) between the LNARGEH and LNARGEK variables. The cointegration test findings indicate the existence of a long-term equilibrium relationship between these variables. The results of the Error Correction Model (ECM), established to examine the dynamics of the long-term relationship, confirmed the system's tendency to return to long-term equilibrium with a negative error correction coefficient ( $\lambda = -0.039173$ ). However, the magnitude of this coefficient indicates that the speed at which equilibrium is restored is relatively low, occurring at an annual rate of approximately 3.91%. When examining short-term dynamics, it was found that the lagged values of R&D expenditures were statistically significant, while short-term changes in R&D human resources had no significant effect on current R&D expenditures. These findings indicate that the relationship between R&D expenditure and R&D human resources in Turkey is shaped by long-term equilibrium mechanisms rather than short-term fluctuations.

**Keywords:** R&D expenditure, R&D human resources, time series analysis.

### GİRİŞ

Bu araştırma Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları (ARGEH) ile Ar-Ge İnsan Kaynağı (ARGEK) arasındaki ilişki dinamiklerini 1990–2023 dönemine ait yıllık zaman serisi verileri üzerinden derinlemesine incelemektedir. Bir kurumun yenilik kapasitesi sadece ar-ge harcamalarına ayırdığı bütçenin miktarıyla değil aynı zamanda kaynaklardan en etkin şekilde yararlanabilecek insan sermayesi ile biçimlenmektedir. Ar-ge harcamaları ile insan kaynağı arasında karşılıklı etkileşimin olduğu bir süreç bulunmaktadır. Özellikle finansal yatırımlarda nitelikli insan kaynağının etkin rol oynaması ve kaynakları en verimli şekilde kullanması kurumun yenilik çıktılarının artmasına olanak tanımaktadır. Bu doğrultuda ar-ge harcamaları ile insan kaynağı arasındaki uyum kurumların sürdürülebilir yenilikçi stratejiler belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Sinem Demiroğlu<sup>1</sup>  
Ayşegül Akmeşe<sup>2</sup>

How to Cite This Article  
Demiroğlu, S. & Akmeşe, A. (2026). Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları ve Ar-Ge İnsan Kaynağı Dinamiklerinin Zaman Serisi Yöntemiyle İncelenmesi. *International Academic Social Resources Journal*, 11(2), 158-165. (e-ISSN: 2636-7637). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19786188>

Arrival: 14 March 2026  
Published: 28 April 2026

Academic Social Resources Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

<sup>1</sup> Dr., Bağımsız Araştırmacı, Elazığ, Türkiye. ORCID: 0000-0002-5243-0403

<sup>2</sup> Öğr. Gör. Dr., Harran Üniversitesi, Şanlıurfa Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Büro Hizmetleri ve Sekreterlik Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. ORCID: 0000-0001-6513-5094

## Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Kavramı ve Önemi

Modern toplumlarda araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerindeki sürekli artış, yeniliklerin temelini oluşturan bilgi üretiminde uzmanlaşma ve profesyonelleşmenin güçlendiğini göstermektedir. 19. yüzyıldan itibaren işletmeler bünyesinde işlevsel olarak uzmanlaşmış Ar-Ge birimleri ortaya çıkmış, üniversitelerde yürütülen daha teorik araştırma ve eğitim faaliyetleri ise bu süreci tamamlayıcı bir rol üstlenmiştir. Ekonomik gelişmeye paralel olarak ulusal Ar-Ge harcamalarının ve işletmeler tarafından finanse edilen araştırma faaliyetlerinin payı artmıştır. Bununla birlikte Ar-Ge, yenilik sürecinin yalnızca bir aşamasını oluşturmakta; araştırma sonuçlarının pazara aktarılması sürecinde ortaya çıkabilecek belirsizlikleri azaltmak amacıyla çeşitli bilim ve teknoloji göstergeleri kullanılmaktadır (Pavitt&Hu, 2015). Ar-Ge, mevcut bilgi birikimini genişletmeyi ve elde edilen bilgiyi yeni uygulamalar geliştirmek amacıyla kullanmayı hedefleyen, planlı ve yaratıcı araştırma faaliyetlerinin bütünü olarak ifade edilmektedir (Yaman, 2020). Ar-Ge, ürün ve süreçlerde yenilik gerçekleştirmeyi ya da bilimsel bilgi birikimini artırmayı amaçlayan planlı ve sistematik araştırma faaliyetleri olarak tanımlanmaktadır Zerenler vd., 2007).

Araştırma faaliyetleri, genellikle belirli bir ihtiyaç veya çözülmesi gereken bir sorunla başlar ve sistematik bir şekilde yürütülür. Bu çalışmalar, insan yaşamını etkileyen sorunların çözülmesine, yeni bilgi edinimine veya henüz keşfedilmemiş durumların açığa çıkarılmasına yöneliktir; yani araştırma, bilinmeyen ortaya çıkarma ve anlamlandırma sürecidir. İşletmeler açısından araştırma, yalnızca ürün veya teknoloji geliştirmeyle sınırlı kalmayıp; üretim süreçleri, yönetim ve organizasyon yapıları, pazarlama, finans ve insan kaynakları gibi birimlerin verimliliğini artırmayı amaçlayan kapsamlı bir faaliyettir. Bu bağlamda, araştırma yeni bilgi, teknoloji veya ürünleri ortaya çıkarıp bunları uygulamaya dönüştürmek için yürütülen planlı çalışmaların bütünü kapsar. Araştırmalar, amaç ve yöntemlerine göre temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirme olarak üç ana kategoriye ayrılır. Temel araştırma bilgi birikimini artırmayı, uygulamalı araştırma belirli bir sorunun çözümünü veya yeni ürün geliştirmeyi, deneysel geliştirme ise mevcut bilgi ve teknolojiyi kullanarak somut ürün, süreç veya hizmetlerin oluşturulmasını hedefler (Ünal ve Seçilmiş, 2013).

İşletmelerin yeni ürün ve/veya hizmet geliştirebilmelerinin temel koşulu Ar-Ge faaliyetlerine yatırım yapmalarındır. Ar-Ge, inovasyonun ortaya çıkmasını sağlayan başlıca unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Özellikle rekabetin yoğun olduğu sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin pazardaki varlıklarını sürdürebilmeleri için yenilikçi ürün ve hizmetler geliştirmeleri büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda yenilikçi yaklaşımlar benimsemeyen veya değişime karşı daha tutucu bir tutum sergileyen işletmelerin, inovasyona önem veren rakipleri karşısında rekabet avantajı elde etmeleri zorlaşabilmektedir (Pala, 2021).

Ar-Ge süreçleri sonucunda ortaya çıkan bilgi, yeni ürün ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesinde ve henüz oluşmamış pazarların ortaya çıkmasında temel bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Bu bilgi, firmaların rekabet avantajlarını güçlendirerek sürdürülebilir büyümelerine katkı sağlar. Ayrıca, firmalarda üretilen bilgi, modern teknoloji ve ağ sistemleri aracılığıyla hızla diğer bölgesel işletmelere aktarılabilen ve böylece bulunduğu bölgenin ekonomik ve teknolojik gelişimine olumlu etkiler sunmaktadır (Işık&Kılınç, 2011).

### Ar-Ge Harcamaları

Gelişmiş ülkelerde Ar-Ge faaliyetlerindeki sürekli artış, ürünler, süreçler, hizmetler ve organizasyon yapılarında yenilik ve icatların temelini oluşturan bilginin üretiminde artan uzmanlaşma ve profesyonelleşmeyi göstermektedir. 19. yüzyılda işletmeler bünyesinde işlevsel olarak uzmanlaşmış Ar-Ge birimleri ortaya çıkmış, buna paralel olarak üniversiteler ve ilgili kurumlarda daha teorik ve tamamlayıcı nitelikte Ar-Ge çalışmaları ve eğitim programları gelişmiştir. Ulusal gelir arttıkça Ar-Ge harcamaları da yükselmiş ve işletmelerin bu alandaki finansman ve uygulama payı önemli ölçüde büyümüştür. Bununla birlikte, Ar-Ge faaliyetleri yenilik ve icat sürecinin yalnızca bir boyutunu temsil etmektedir. Bu nedenle günümüzde bilim ve teknoloji göstergeleri analiz ve politika geliştirmede kritik bir rol oynamaktadır. Mevcut Ar-Ge ortamının temel sorunları arasında artan teknolojik ve organizasyonel karmaşıklık, uluslararasılaşmanın yaygınlaşması ve akademik araştırmanın değişen rolü öne çıkmaktadır (Pavitt, 2001).

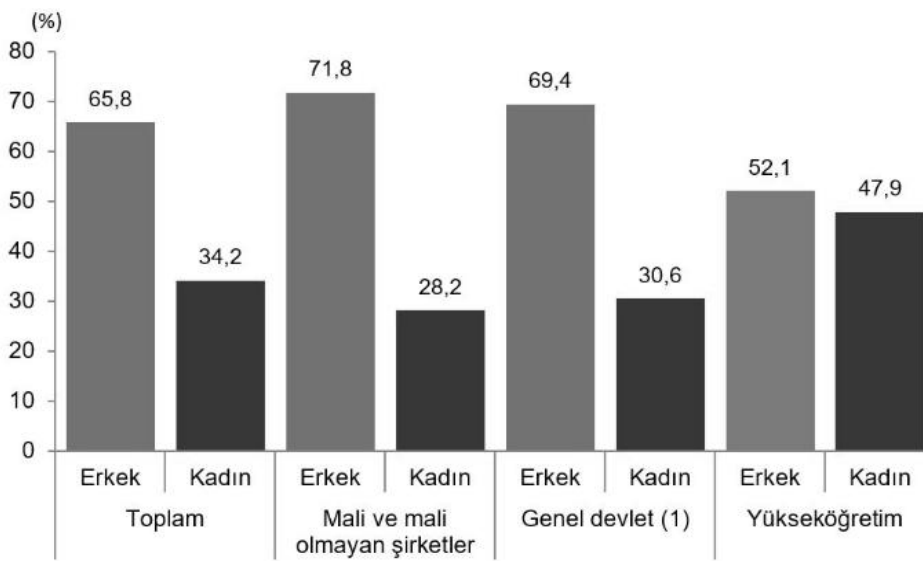
Ar-Ge yatırımları, bilgi ve teknoloji temelli üretim yöntemlerinin geliştirilmesine olanak sağlayarak, verimlilik artışı ve yüksek katma değerli yeni ürünlerin ortaya çıkmasını mümkün kılmaktadır. Bu süreç, ülkelerin uluslararası rekabet gücünü artırmakta ve yabancı sermayenin teknoloji odaklı yatırımlarını çekerek ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle hem gelişmiş hem de gelişmekte olan birçok ülkede, özel ve kamu sektörleri Ar-Ge harcamalarına önem vermekte ve bu alana kayda değer kaynak ayırmaktadır (Taş vd., 2017).

Ar-Ge harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, özellikle gelişmiş ülkeler başta olmak üzere birçok ülkede gözlemlenmiş ve bu farkındalık çeşitli araştırmaların yapılmasını teşvik etmiştir. Günümüzde teknolojik ilerlemeler sayesinde Ar-Ge harcamalarına ilişkin ayrıntılı verilere ulaşmak mümkün olmakta ve bu durum araştırmacılar için ek bir teşvik unsuru oluşturmaktadır. Ar-Ge yatırımlarının ekonomiye etkisi hem ülke bazında hem de birden fazla ülkeyi kapsayan karşılaştırmalı analizlerle incelenmektedir (Duman ve Aydın, 2018).

2024 yılı itibarıyla Türkiye’de gerçekleştirilen Ar-Ge harcamalarının sektörler ve harcama gruplarına göre dağılımı incelendiğinde, sektörler bazında en yüksek payın %64,8 ile mali ve mali olmayan şirketlere ait olduğu, bunu %30,9 ile yükseköğretim kurumlarının ve %4,3 ile kamu kurumlarının takip ettiği görülmektedir. Harcama grupları açısından değerlendirildiğinde ise personel giderlerinin toplam Ar-Ge harcamaları içindeki payının %59,5 ile en yüksek düzeyde olduğu; bunu diğer cari harcamaların %31,4 ve yatırım harcamalarının %9,1 ile takip ettiği belirlenmiştir (TÜİK, 2026).

### Ar-Ge İnsan Kaynağı

Literatürde, yüksek düzeyde eğitim almış ve nitelikli Ar-Ge personeline sahip olmanın, işletmelerin ürün ve üretim süreçlerinde yenilik yapma kapasitesini önemli ölçüde artırdığı vurgulanmaktadır (Capozza & Divella, 2018; Ma & Yu, 2020). Bununla birlikte, yönetici eğitimi ve görev süresi bazı durumlarda patent üretiminin sürekliliğini destekleyebilmektedir. Ancak yönetim ekiplerinin yaş ortalamasının yükselmesi, kimi zaman daha fazla risk alma eğilimi veya aşırı karar davranışlarının ortaya çıkmasına yol açabilmektedir (Sun vd., 2017). Ayrıca Ar-Ge faaliyetlerinde mevcut ihtiyaçların üzerinde bulunan insan kaynağı fazlalığının (slack), özellikle teknolojik çeşitliliğin genişletilmesi aracılığıyla bağımsız yenilikçi çalışmaların gelişimini destekleyebilecek bir unsur olduğu ifade edilmektedir (Li vd., 2024).



Görsel 1. Ar-Ge İnsan Kaynağının Cinsiyete Göre Dağılımı (2024 Yılı)

Kaynak: TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)

Türkiye’de 2024 yılı ar-ge insan kaynağının cinsiyete göre dağılımı değerlendirildiğinde toplam ar-ge insan kaynağı içerisinde erkek personel oranının %65,8, kadın personel oranının ise %34,2 olduğu görülmektedir. Ar-Ge personelinin öğrenim durumuna göre dağılımı incelendiğinde, en yüksek payın lisans mezunlarına ait olduğu görülmektedir. Bu grubu doktora ve eşdeğer düzeyde eğitime sahip olanlar izlerken, üçüncü sırada yüksek lisans mezunları yer almaktadır. Meslek yüksekokulu ve lise mezunları ise Ar-Ge personeli dağılımında daha düşük paylara sahip gruplar arasında bulunmaktadır.

Literatürde, Ar-Ge harcamaları ile Ar-Ge insan kaynağı arasındaki ilişki doğrudan ele alınmamış olmakla birlikte, çoğu çalışma ekonomik performans veya büyüme bağlamında Ar-Ge personeli ve araştırmacı sayısı gibi göstergeleri dikkate almıştır. Türkiye özelinde yapılan analizler, Ar-Ge yatırımlarının ekonomik büyüme üzerindeki önemini ortaya koymaktadır. Örneğin, Şenol ve Onaran (2022), 1990–2020 dönemi için yaptıkları zaman serisi analizinde, Ar-Ge ve sağlık harcamalarının uzun dönemde ekonomik büyümeyi desteklediğini, işsizlik oranının ise olumsuz etkilediğini göstermiştir. Benzer biçimde, Altın ve Kaya (2009) VEC modeli ile yaptıkları çalışmada, kısa dönemde bu ilişkinin belirgin olmasa da uzun dönemde Ar-Ge harcamalarının büyümenin önemli bir belirleyicisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Uluslararası perspektifte ise Özer ve Çiftçi (2008), OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı ve patent üretiminin GSYİH üzerinde pozitif ve güçlü etkiler yarattığını saptamış; Tsamadias vd. (2019) ise hem Ar-Ge yatırımları hem de insan sermayesinin toplam faktör verimliliğini artırdığını, Ar-Ge’nin katkısının insan sermayesi ve doğrudan yabancı yatırımlardan daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, Ar-Ge harcamalarının ve nitelikli insan kaynağının ekonomik performans ve inovasyon kapasitesinde merkezi bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Ar-Ge harcamaları ile Ar-Ge insan kaynağı arasındaki ilişkiyi doğrudan inceleyen bir çalışmanın bulunmaması ve dolaylı olarak inceleyen çalışmaların sınırlı sayıda olmasından dolayı araştırmanın literatürdeki boşluğu dolduracağı

düşünülmektedir. Ayrıca çalışma Ar-Ge faaliyetlerinin sürdürülebilirliği ve etkinliği için nitelikli personelin önemine dikkat çekmektedir.

## VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Türkiye'deki Ar-Ge İnsan Kaynağı (ARGEK) ile Ar-Ge Harcamaları (ARGEH) değişkenleri arasındaki ilişkiyi zaman serisi analizi yöntemleri ile araştırmıştır.

Analizlerde, ilgili dönemlere ait yıllık veriler esas alınmıştır. Veri kaynağı olarak Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) kullanılmıştır. İncelenen zaman aralığı 1990 - 2023 yılına kadar olan dönem ele alınmıştır. Analizlerde kullanılan değişkenler aşağıdaki gibidir:

**ARGEK (Ar-Ge İnsan Kaynağı):** Toplam Ar-Ge personel sayısını temsil etmektedir.

**ARGEH (Ar-Ge Harcamaları):** Cari fiyatlarla gerçekleştirilen toplam Ar-Ge harcamalarının reel değerlerini ifade etmektedir. İstatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesi ve serilerin daha tutarlı bir yapıya kavuşturulması amacıyla, her iki değişken de doğal logaritma dönüşümüne tabi tutulmuş ve analizler sırasıyla LNARGEK ve LNARGEH değişkenleri üzerinden yürütülmüştür.

Zaman serisi verilerinin analizi, serilerin durağanlık özelliklerine bağlı olarak uzun dönemli denge ilişkilerini tespit etmeye odaklanmıştır. Metodoloji, Engel-Granger (1987) İki Aşamalı Eşbütünleşme çerçevesinde aşağıdaki adımları içermektedir:

İlk olarak, serilerin merkezi eğilim, yayılım ve dağılım özellikleri ortalama, medyan, standart sapma, çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) istatistikleri ile incelenmiştir. Serilerin dağılım yapısının normal dağılıma uygunluğu ise Jarque-Bera (JB) testi ile kontrol edilmiştir.

Değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin yönü ve gücü, Pearson Korelasyon Katsayısı kullanılarak belirlenmiş ve ilişkinin istatistiksel anlamlılığı test edilmiştir.

Serilerin durağanlık özelliğini belirlemek amacıyla Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi uygulanmıştır. Bu test sonucunda serilerin bütünlük dereceleri tespit edilmiş ve bu bulgu, bir sonraki aşama olan eşbütünleşme testinin uygulanabilirliğini belirlemiştir.

Serilerin birinci dereceden bütünlük (I(1)) olduğunun tespit edilmesi üzerine, değişkenler arasında uzun dönemli denge ilişkisinin varlığını test etmek için Engle-Granger (1987) iki aşamalı eşbütünleşme yöntemi kullanılmıştır.

Bu metodolojide, ilk aşamada  $LNARGEH_t = \alpha + \beta \cdot LNARGEK_t + e_t$  şeklinde uzun dönemli regresyon modeli tahmin edilmiştir. İkinci aşamada ise bu regresyondan elde edilen artık terimlerin ( $e_t$ ) durağanlığı ADF testi ile sınanmıştır. Artıkların durağan çıkması, değişkenler arasında eşbütünleşmenin bulunduğu ve dolayısıyla uzun dönemli bir denge ilişkisinin varlığına işaret etmektedir.

Uzun dönemli ilişkinin teyit edilmesi durumunda, kısa dönem dinamiklerini ve dengeye dönüş hızını modellemek amacıyla Hata Düzeltme Modeli (Error Correction Model - ECM) kurulmuştur. Bu model, hem uzun dönemli dengeyi hem de kısa dönemli şoklara verilen tepkileri bir arada analiz etme imkânı sunar.

$$NARGEH_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^p \gamma_{1i} \Delta LNARGEH_{t-i} + \sum_{j=0}^q \gamma_{2j} \Delta LNARGEK_{t-j} + \lambda \cdot e_{t-1} + \varepsilon_t$$

Burada  $e_{t-1}$  bir önceki dönemin uzun dönemli denge hatasını temsil eden hata düzeltme terimidir.  $\lambda$  katsayısı ise kısa dönemde dengeye dönüş hızını göstermektedir.

## ANALİZ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler, korelasyon analizi, birim kök testleri ve Engle-Granger eş bütünleşme analizinden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Analizler, serilerin dağılım özelliklerini, değişkenler arasındaki ilişkilerin yönünü ve anlamlılığını, serilerin durağanlık düzeylerini ve uzun dönemli ilişkilerin varlığını ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Her bir analiz sonucuna ilişkin tablo ve yorumlar aşağıda sunulmuştur.

**Tablo 1.** Tanımlayıcı İstatistikler

	LNARGEK	LNARGEH
Ortalama	11.6694	21.4637
Ortanca	11.6275	22.3675
Maksimum	12.8921	26.6570
Minimum	10.5017	14.0590
Standart Sapma	0.7334	3.3515
Çarpıklık	0.0758	-0.6805
Basıklık	1.7719	2.4848
Jarque-Bera	2.1693	3.0002
Olasılık	0.3380	0.2231
Gözlem	34	34

Tablo 1 incelendiğinde, LNARGEK (Ar-Ge insan kaynağı) değişkeninin ortalama değerinin 11.6694, LNARGEH (Ar-Ge harcamaları) değişkeninin ise 21.4637 olduğu görülmektedir. Her iki değişkenin de ortalama ile ortanca (medyan) değerlerinin birbirine oldukça yakın olması, veri setinde aşırı uç gözlemlerin bulunmadığını ve dağılımın dengeli olduğunu göstermektedir.

LNARGEK değişkeni için standart sapma 0.7334 olup, gözlemler arasındaki varyasyonun görece düşük olduğunu, yani serinin istikrarlı bir seyir izlediğini göstermektedir. Buna karşılık LNARGEH değişkeninin standart sapması 3.3515 olup, harcamalarda insan kaynağına kıyasla daha yüksek bir değişkenlik bulunduğuna işaret etmektedir.

Çarpıklık (skewness) değerleri LNARGEK için 1.0758, LNARGEH için -0.6805 olarak bulunmuştur. Bu değerler, LNARGEK serisinin sağa (pozitif) çarpık, LNARGEH serisinin ise sola (negatif) çarpık dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Basıklık (kurtosis) değerlerinin her iki değişken için 3 civarında olması (LNARGEK=2.1693; LNARGEH=3.0002), serilerin normal dağılıma yakın bir yapıda olduğunu düşündürmektedir.

Jarque-Bera istatistiği ve buna ilişkin olasılık değerleri (LNARGEK için 0.3380, LNARGEH için 0.2231) %5 anlamlılık düzeyinin üzerinde olduğundan, her iki serinin de normal dağılım varsayımını karşıladığı söylenebilir. Bu sonuç, serilerin istatistiksel analizler için uygun özelliklere sahip olduğunu desteklemektedir.

Tanımlayıcı istatistiklerin ardından, değişkenler arasındaki ilişkilerin yönünü ve gücünü belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır.

**Tablo 2:** Korelasyon Analizi

Olasılık	LNARGEK	LNARGEH
LNARGEK	1	
LNARGEH	0.9531	1
	0	-----

Tablo 2’de görüldüğü üzere LNARGEK (Ar-Ge insan kaynağı) ile LNARGEH (Ar-Ge harcamaları) değişkenleri arasında pozitif yönlü ve yüksek düzeyde bir ilişki bulunmaktadır ( $r=0.9531$ ). Elde edilen korelasyon katsayısı, değişkenler arasında güçlü bir doğrusal bağ olduğunu göstermektedir.

Olasılık değerinin 0.05 anlamlılık düzeyinin oldukça altında olması ( $p=0.0000$ ), bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuç, Ar-Ge harcamalarındaki artışların Ar-Ge insan kaynağında da artışa yol açtığını ve iki değişkenin birbirine paralel hareket ettiğini göstermektedir. Dolayısıyla, Ar-Ge’ye yapılan finansal yatırımların insan kaynağı kapasitesine doğrudan yansıtıldığı söylenebilir.

Korelasyon analizinden sonra, değişkenlerin durağanlık durumunu incelemek amacıyla Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi uygulanmıştır. Test sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur.

**Tablo 3:** Birim Kök Testi

UNIT ROOT TEST TABLE (ADF)			
	Seviye	LNARGEK	LNARGEH
Sabitli	t-Statistic	0.2504	-0.1172
	Olasılık	0.9718	0.9391
		n0	n0
Sabitli ve Trendli	t-Statistic	-2.768	-1.4741
	Olasılık	0.2183	0.8176
		n0	n0
Sabitli ve Trendsiz	t-Statistic	10.2562	2.0243
	Olasılık	1	0.9879
		n0	n0
	<b>Birinci Fark</b>		
Sabitli		<b>d(LNARGEK)</b>	<b>d(LNARGEH)</b>
	t-Statistic	-6.709	-2.7026
	Olasılık	0	0.0846
		***	*

Sabitli ve Trendli	t-Statistic	-6.6186	-1.8459
	Olasılık	0	0.6585
Sabitsiz ve Trendsiz	t-Statistic	-0.3951	-1.6867
	Olasılık	0.5323	0.0863
		n0	*

Not: (\*)10% önem düzeyini; (\*\*)5% önem düzeyini; (\*\*\*)1% önem düzeyini ifade etmektedir.

Analizler, hem LNARGEK (AR-GE insan kaynağı) hem de LNARGEH (AR-GE harcamaları) serilerinin seviyede durağan olmadığını göstermektedir. Bu seriler, birim kök içermektedir.

Bununla birlikte, serilerin birinci farkları alındığında durağanlık sağlanmıştır. LNARGEK serisinin birinci farkı (d(LNARGEK)), Sabitli ve Sabitli ve Trendli modellerinde %1 anlamlılık düzeyinde durağandır. Bu bulgu, LNARGEK serisinin birinci dereceden bütünleşik I(1) olduğunu göstermektedir. LNARGEH serisi ise, Sabitli ve Sabitsiz ve Trendsiz modelinde %10 anlamlılık düzeyinde durağandır. Bu bulgu, LNARGEH serisinin birinci dereceden bütünleşik I(1) olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, serilerin I(1) olduğunu ve eşbütünleşme analizlerine devam edileceğini göstermektedir.

Serilerin aynı dereceden bütünleşik (I(1)) olduğunun belirlenmesi üzerine, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını test etmek amacıyla, Engle-Granger (1987) tarafından önerilen eşbütünleşme analizine geçilmiştir. Bu analizin bulguları Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 4:** Engle-Granger Eşbütünleşme Testi

Değişken	tau-statistic	Olasılık	z-statistic	Olasılık	p -1*	p S.E.	Artık Varyansı	Uzun Dönem Artık Varyansı
LNARGEK	-2.360	0.362	-21.744	0.011	-0.102	0.043	0.002	0.115
LNARGEH	-2.522	0.293	-18.190	0.035	-0.110	0.043	0.045	1.357

Not: \*p-1, artıkların otoregresif katsayısının birim kökten farkını göstermektedir. Bu değer negatif ve sıfırdan uzak olması, serilerin uzun dönemli ilişki içinde olduğuna işaret eder.

Engle-Granger eşbütünleşme testi sonuçları, incelenen seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını araştırmaktadır. Her iki regresyon için elde edilen tau-statistic olasılıkları (0.362 ve 0.293) standart anlamlılık düzeylerinde sıfır hipotezini (eşbütünleşmenin yokluğu) reddetmek için yeterli olmasa da, z-statistic olasılıkları (0.011 ve 0.035), %5 anlamlılık düzeyinde eşbütünleşme ilişkisinin varlığına işaret etmektedir.

Özellikle, artıkların otoregresif katsayısının birim kökten farkını gösteren p -1\* değerlerinin (-0.102 ve -0.110) her ikisinin de negatif ve sıfırdan uzak olması, seriler arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin (eş bütünleşme) mevcut olduğunu güçlü bir şekilde göstermektedir.

Gecikme uzunluğu Schwarz kriterine göre otomatik belirlenmiştir (maksimum gecikme = 7), MacKinnon (1996) p-değerleri kullanılmıştır.

**Tablo 5:** Hata Düzeltme Modeli (ECM) Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı (Coefficient)	t-İstatistik (t-Statistic)	Olasılık (Prob.)
Sabit Terim (C)	0.064617	0.739977	0.4657
D(LNARGEH(-1))	0.699334***	6.566277	0.0000
D(LNARGEK)	0.747419	1.262494	0.2176
D(LNARGEK(-1))	-0.188836	-0.319994	0.7514
HATA1(-1) ( $\lambda$ )	-0.039173	-1.516138	0.1411
R-squared	0.676301	F-statistic	14.10271
Adj. R-squared	0.628346	Prob(F-statistic)	0.000002

Not: \*HATA1(-1): Hata Düzeltme Terimidir. \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini ifade eder.

Hata Düzeltme Modeli (ECM) tahmin sonuçları (Tablo 5), LNARGEH ve LNARGEK serileri arasında Engle-Granger testiyle belirlenen uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin dinamiklerini incelemektedir. Modelin genel performansı yüksek olup, R<sup>2</sup> değeri 0.6763 ve Prob (F-statistic) değeri 0.000002 ile modelin bütünü istatistiksel açıdan yüksek düzeyde anlamlıdır. Uzun dönemli denge mekanizmasını temsil eden Hata Düzeltme Katsayısı (HATA1(-1)) -0.039173 olarak negatif işaretli bulunmuştur. Bu işaret, sistemin denge noktasından sapma olduğunda dengeye geri dönme eğilimine sahip olduğunu göstererek, eşbütünleşme bulgusunu dinamik olarak teyit etmektedir. Katsayının mutlak değeri, dengeye dönüş hızının her dönemde yaklaşık %3.91 olduğunu ifade eder. Ancak, 0.1411

olasılık değeri ile katsayının istatistiksel anlamlılığı geleneksel düzeylerin altında kalmaktadır, bu da dengeye dönüş mekanizmasının zayıf veya yavaş işlediğine işaret edebilir. Kısa dönem dinamiklerinde ise,  $D(LNARGEH(-1))$  katsayısı 0.6993 ile %1 düzeyinde anlamlıdır, bu da Ar-Ge harcamalarındaki önceki dönemdeki değişimin yaklaşık %70'inin cari değişimi etkilediğini, yani harcama süreçlerinde güçlü bir atalet bulunduğunu göstermektedir. Öte yandan, Ar-Ge insan kaynağındaki cari ve gecikmeli değişimleri temsil eden  $D(LNARGEK)$  ve  $D(LNARGEK(-1))$  katsayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.10$ ). Bu bulgular, Ar-Ge Harcamaları ile İnsan Kaynağı arasındaki ilişkinin temelde uzun dönemli bir denge tarafından yönetildiğini, ancak kısa dönemdeki değişimlerin insan kaynağındaki anlık şoklardan ziyade, harcamaların kendi iç sürekliliği tarafından yönetildiğini ortaya koymaktadır.

## SONUÇ

1990–2023 dönemine ait yıllık zaman serisi verileri kullanılarak Türkiye’de Ar-Ge harcamaları (ARGEH) ile Ar-Ge insan kaynağı (ARGEK) arasındaki uzun dönemli denge ilişkisini ve kısa dönemli etkileşimleri inceleyen çalışma önemli bulgular sunmaktadır. Analiz sürecinde öncelikle serilerin durağanlık özellikleri Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi aracılığıyla değerlendirilmiş, ardından değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi belirlemek amacıyla Engle–Granger eşbütünlük testi uygulanmıştır. Uzun dönemli ilişkinin kısa dönem dinamikleri üzerindeki etkisini ortaya koymak için ise Hata Düzeltme Modeli (ECM) kurulmuştur.

Gerçekleştirilen ekonometrik analizler sonucunda, her iki serinin de seviyelerinde durağan olmadığı ancak birinci farkları alındığında durağan hale geldiği, yani  $I(1)$  mertebesinde bütünlük oldukları belirlenmiştir. Bu bulgu, Engle–Granger eşbütünlük analizinin uygulanması açısından metodolojik açıdan uygun bir zemin oluşturmıştır. Ayrıca LNARGEH ve LNARGEK değişkenleri arasında yüksek düzeyde ( $r = 0.9531$ ), pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Engle–Granger eşbütünlük testi sonuçları, söz konusu iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir uzun dönemli denge ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Türkiye’de Ar-Ge faaliyetlerine yönelik finansal kaynakların zaman içerisinde Ar-Ge insan kaynağı kapasitesi ile uyumlu bir gelişim gösterdiğini ve iki değişkenin uzun vadede birlikte hareket etme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Kurulan Hata Düzeltme Modeli (ECM) sonuçları da uzun dönemli ilişkinin varlığını destekleyen negatif işaretli bir hata düzeltme katsayısı ( $\lambda = -0.039173$ ) ortaya koymuştur. Bununla birlikte, söz konusu katsayının istatistiksel anlamlılığının görece düşük olması (yaklaşık %14 olasılık değeri), sistemde oluşan dengesizliklerin giderilme sürecinin yavaş ve kademeli bir biçimde gerçekleştiğine işaret etmektedir.

Kısa dönem dinamikleri incelendiğinde ise Ar-Ge harcamalarındaki bir önceki döneme ait değişimlerin cari dönemi güçlü biçimde etkilediği görülmektedir. Bu sonuç, Ar-Ge harcamalarının belirli bir iç süreklilik ve süreklilik dinamiği sergilediğini göstermektedir. Buna karşılık, Ar-Ge insan kaynağında meydana gelen kısa dönemli dalgalanmaların cari dönem Ar-Ge harcamaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Bu çerçevede Ar-Ge faaliyetlerinin verimlilik ve etkinliğinin artırılmasının sadece finansal kaynaklara bağlı olmadığı aynı zamanda nitelikli Ar-Ge personeli yetiştirmeye yönelik güçlü politikalar oluşturulmasının da önemli olduğu vurgulanmaktadır.

## KAYNAKÇA

- Altın, O., & Kaya, A. (2009). “Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişkinin Analizi”. *Ege Akademik Bakış*, 9(1), 251-259.
- Capozza, C., & Divella, M. (2018). “Human Capital and Firm Innovation: Evidence from Emerging Economies”. *Innovation and New Technology Economy*, 28, 741 - 757.
- Duman, K. & Aydın, K. (2018). “Türkiye’de Ar-Ge Harcamaları ile GSYİH İlişkisi”. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 4(1), 49-66.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). “Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing”. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Işık, N. & Kılınç, E. C. (2011). “Bölgesel Kalkınma’da Ar-Ge ve İnovasyonun Önemi: Karşılaştırmalı Bir Analiz”. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 6(2), 9-54.
- Li, H., Zhao, Y., Li, Y., & Wang, Y. (2024). “Turning Inward in Difficulties: R&D Human Resource Slack, Technological Diversification and Independent Innovation”. *PLOS ONE*, 19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298453>.

- Ma, B. & Yu, D. (2020). "Research on the Impact of R&D Human Resources on Innovation Capability—Empirical Study on GEM-Listed Enterprises in China". *Management and Decision Economics*.
- Mackinnon, J. G. (1996). Numerical Distribution Functions For Unit Root And Cointegration Tests. *Journal Of Applied Econometrics*, 11(6), 601-618.
- Özer, M., & Çiftçi, N. (2009). "Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi". *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 219-240.
- Pala, F. (2021). "Girişimcilik Yönelimi İle Finansal Performans Arasındaki İlişkide Araştırma ve Geliştirme (AR-GE) Kapasitesinin Aracı Rolü Üzerine Bir Araştırma: İstanbul ve Kocaeli Bölgesi Örneği", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(2), 497-521.
- Pavitt, K. & Hu, M.C., (2015), "Research and Development in Organizations, Editor(s): James D. Wright, *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)*", Elsevier, 496-501.
- Pavitt, K., (2001), "Research and Development in Organizations", Editor(s): Neil J. Smelser, Paul B. Baltes, *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, Pergamon, 13220-13224.
- Şenol, N., & Onaran, S. (2022). "Türkiye’de Ekonomik Büyüme İle Sağlık, Ar-Ge Harcamaları Ve İşsizlik İlişkisi". *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 6(1), 141-155.
- Sun, X., Li, H., & Ghosal, V. (2017). "Firm-Level Human Capital and Innovation: Evidence from China". *ERN: Knowledge Management & Innovation (Topic)*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2920028>.
- Taş, Ş., Taşar, İ., & Açı, Y. (2017). "Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği". *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 178-187.
- Tsamadias, C., Pegkas, P., Mamatzakis, E., & Staikouras, C. (2019). "Does R&D, Human Capital and FDI Matter For TFP in OECD Countries?". *Economics of Innovation and New Technology*, 28(4), 386-406.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), <https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/53932/metadata>. (Erişim Tarihi: 04.02.2026)
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2025). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=bilgi-teknolojileri-ve-bilgi-toplumu-102&dil=1>, (Erişim Tarihi: 04.11.2026)
- Ünal, T., & Seçilmiş, N. (2013). "Ar-Ge Göstergeleri Açısından Türkiye ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslaması". *İşletme Ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 1(1), 12-25.
- Yaman, H. (2020). "Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri ile Ekonomik Büyüme İlişkisinin Meta Analiz Yöntemiyle Değerlendirilmesi". *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. <https://doi.org/10.18506/anemon.614029>.
- Zerenler, M., Türker, N. ve Şahin, E. (2007). "Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme Ar-Ge ve Yenilik İlişkisi". *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 653-667.