

İLİŞKİLİ VE İLİŞKİSİZ ÇEŞİTLİLİĞİN AR-GE FAALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ: TÜRKİYE DÜZEY-1 BÖLGELERİNDEN KANITLAR

Yusuf ÜNSAL*

Öz

Yerel yenilikçi çabaların artışı, bilgi yayılımını hızlandırarak, Ar-Ge yoğun bölgelerdeki firmaların daha karmaşık bilgi akışlarıyla yüksek inovasyon potansiyeli kazanmasını sağlamaktadır. Bu doğrultuda, çalışma 2010-2022 yılları arasında Türkiye'nin Düzey-1 bölgelerinde ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge faaliyetleri üzerindeki etkilerini incelemektedir. Öncelikle, Türkiye Düzey-1 bölgeleri için ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik değerleri hesaplanmış, ardından sabit etkiler ve Yarım Panel Jackknife (HPJ) yöntemi kullanılarak bu çeşitlilik ölçütlerinin Ar-Ge harcamaları ve Ar-Ge insan gücü üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Ayrıca çalışma, ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin Türkiye Düzey-1 bölgelerindeki etkilerini araştırmasıyla öne çıkmaktadır. Panel veri analizlerinde elde edilen sonuçlara göre, ilişkili çeşitlilik Ar-Ge insan gücü üzerinde pozitif bir etkiye sahipken, ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge harcamaları üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Bu bulgular, ilişkili endüstriler arasında bilgi değişimi ve bölgesel iş birliğinin Ar-Ge kapasitesini artırmada kritik bir rol oynadığını, ancak ilişkisiz çeşitliliğin radikal yenilik potansiyelinin henüz tam olarak kullanılamadığını göstermektedir. Bu nedenle, politika yapımcıların Türkiye'de sürdürülebilir inovasyonu ve bölgesel kalkınmayı desteklemek amacıyla Ar-Ge kapasitelerini ve çeşitlilik türlerini güçlendirmeye odaklanmaları önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge Harcaması, Ar-Ge Personeli, İlişkili Çeşitlilik, İlişkisiz Çeşitlilik.

THE IMPACT OF RELATED AND UNRELATED VARIETY ON R&D ACTIVITIES: EVIDENCE FROM TURKEY'S LEVEL-1 REGIONS

Abstract

Local innovative efforts accelerate knowledge spillovers, helping firms in R&D-focused regions achieve greater innovation potential. This study investigates the effects of related and unrelated variety on R&D activities in Turkey's Level-1 regions (2010–2022). The study first calculates related and unrelated variety values for these regions and then uses fixed effects and Half Panel Jackknife (HPJ) methods

* Araş. Gör. Dr., Anadolu Üniversitesi İİBF İktisat Bölümü, y_unsal@anadolu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7856-5402>

to assess how these measures influence R&D expenditures and R&D human capital. The study uniquely examines how both types of diversity influence Turkey's Level-1 regions. The panel data analysis reveals that while related variety positively impacts R&D human capital, neither related nor unrelated variety significantly influences R&D expenditures. These results indicate that knowledge sharing and collaboration among related industries are crucial for boosting R&D capacity, but the disruptive innovation potential of unrelated variety remains underutilized. Consequently, policymakers are encouraged to enhance R&D capacities and focus on different variety types to foster sustainable innovation and regional development in Turkey.

Keywords: R&D Expenditure, R&D Personnel, Related Variety, Unrelated Variety.

Giriş

Yenilik süreci, bir firmanın bilgiyle ilişkili kaynakları özümseme ve dönüştürme yeteneğiyle yakından ilişkilidir. Yeniliğin, bölgesel bağlamda köklendiği ve yetkinliklerin kümelenmesinin yeniliği teşvik etmede önemli bir rol oynadığı literatürde yaygın olarak kabul edilmektedir (Mascarini vd., 2023). Yerel yenilikçi girişimlerin artışı, bilgi yayılımının yerel aktörler arasında ortaya çıkması ve yayılması için temel bir koşuldur. Ar-Ge harcamalarının yoğun olduğu bölgelerde bulunan firmalar, daha karmaşık ve çeşitlendirilmiş bilgi akışlarına maruz kalarak yüksek düzeyde inovasyon potansiyeli kazanırlar (Mascarini vd., 2023). Bölgesel Ar-Ge yatırımları arttıkça, teknolojik yetenekler ve yeni bilgiyi özümseme kapasitesi geliştirmektedir (Audretsch ve Belitski, 2020; Crescenzi ve Jaax, 2016; Mascarini vd., 2023).

Bilginin çeşitli sektörlerden elde edilmesi, bölgesel sektörel yapının teknik değişim üzerindeki etkisini artırabilmektedir. Sektörlerin birbiriyle ilişkili olması, bir sektörde üretilen bilginin diğer sektörlerle aktarılmasını kolaylaştırırken, firmalardaki sınırlı bilişsel yetenekler ve bilgi birleştirme kapasiteleri bu süreci kısıtlayabilir. Bu bağlamda, çeşitlilik tek başına yeniliği teşvik etmekte yeterli olmayabilir. İlişkili çeşitlilik, bilgi yayılımını ve yenilik süreçlerini destekleyerek verimlilik artışını teşvik eden kritik bir temel sunar (Frenken vd., 2007; Castaldi vd., 2015). İlişkili çeşitlilik, endüstriler arasındaki bilgi tabanlarındaki benzerliklerden kaynaklanan çeşitlenme potansiyelini yansıtır ve firmaların ürün portföylerini çeşitlendirmelerine olanak tanır (Grillitsch vd., 2018). İlişkili çeşitlilik, firmaların veya bölgelerin mevcut bilgi ve teknolojik altyapılarına bilişsel olarak daha yakın sektörlerle yönelerek ekonomik faaliyetlerini çeşitlendirmesini ifade etmektedir. Bu yaklaşım, bilgi yayılımı ve karşılıklı öğrenme yoluyla dışsallıkları yaratılabileceğini, bunun da yüksek büyüme oranlarına yol açacağını öne sürmektedir (Frenken vd., 2007; Boschma ve Iammarino, 2009). İlişkili teknolojiler, kademeli inovasyon süreçlerine olanak sağlarken, ilişkisiz bilgi tabanlarının birleşimi daha yenilikçi atılımlar yapma potansiyeline sahiptir. Bu doğrultuda Boschma ve Iammarino (2009), Boschma vd. (2013) ve

Dettmann vd. (2016), ilişkili çeşitlilik gösteren firmaların ve bölgelerin inovasyona daha açık olduğunu vurgulamaktadır. Ancak, ilişkili faaliyetlere yoğunlaşmanın çeşitlilik eksikliği nedeniyle dış şoklara karşı riskleri artırabileceğine dikkat çekilmektedir (Zabala-Iturriagoitia vd., 2020). Bunun yanında daha yüksek ilişkili çeşitlilik, firmaların rekabet gücünü artırırken aynı zamanda ek çeşitlenmeye yol açarak pazar yapısını ve performansını zayıflatabilmektedir (Adner ve Zemsky, 2016; Zabala-Iturriagoitia vd., 2020).

Buna karşın, ilişkisiz çeşitlilik, benzer olmayan bilgi tabanlarının birleştirilmesini ifade eder (Grillitsch vd., 2018). Özellikle gelişmekte olan bölgelerde; özel sektör Ar-Ge harcamalarının artışı, dış bilginin bölgeye kazandırılma hızını artırarak emilim kapasitesini geliştirir ve yerel firmaların teknolojik bilgi sınırına olan uzaklığını azaltmaktadır (Plechero ve Chaminade, 2016; Gonçalves vd., 2019; Mascariini vd., 2023). İlişkisiz çeşitlilik, firmaların, sektörlerin veya bölgelerin farklı ve uzak faaliyet alanlarında çeşitlenmesini ifade eder (Frenken vd., 2007). Bu çeşitlilik türü, büyük teknolojik ve bilişsel mesafeler nedeniyle bilgi yayılımı ve öğrenme etkilerini sınırlandırabilmektedir (Fritsch ve Kublina, 2018). İlişkili çeşitlilik bilgi yayılımını teşvik ederken, ilişkisiz çeşitlilik genellikle daha radikal inovasyonlara olanak sağlamaktadır (Castaldi vd., 2015). Bunun yanında ilişkili çeşitlilik yeni ürünlerin geliştirilmesine olanak tanırken, ilişkisiz çeşitlilik daha uzak bilgi temellerini bir araya getirme zorluğu nedeniyle verimlilik üzerinde olumsuz bir etki yaratabilmektedir (Aarstad vd., 2016). Ancak, uzun vadede ilişkisiz çeşitliliğin yapısal dönüşümlere katkıda bulunarak yenilikçi atılımlar yapma potansiyeline sahip olduğu da öngörülmektedir (Castaldi vd., 2015; Zabala-Iturriagoitia vd., 2020).

Türkiye’de de 2022 yılında Ar-Ge harcamalarının 198 milyar 670 milyon TL’ye ulaşması ve GSYH içindeki payının %1,32 olarak gerçekleşmesi, ülkenin Ar-Ge kapasitesinin arttığını göstermektedir. Ar-Ge harcamalarının en fazla yapıldığı bölge %30,2 ile İstanbul (TR10) olurken, bunu %29,7 ile Ankara (TR51) ve %8,4 ile Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova (TR42) bölgeleri izlemiştir. Ar-Ge personelinin bölgesel dağılımı da bu eğilimi yansıtarak, personelin %30,8’inin İstanbul’da, %20,1’inin Ankara’da ve %7,7’sinin TR42 bölgesinde istihdam edilmesiyle paralellik göstermiştir. Türkiye’deki teknoloji odaklı Ar-Ge faaliyetlerinin artan payı da dikkat çekicidir; örneğin, 2015 yılında %35,1 olan yüksek teknoloji faaliyetlerinin Ar-Ge harcamalarındaki payı, 2022’de %49,1’e yükselmiştir (TÜİK, 2024). Bu durum Türkiye’de teknoloji odaklı Ar-Ge yatırımlarının hızla artış gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye’de bölgesel düzeyde Ar-Ge harcamaları, yenilik potansiyelini artırmak ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek açısından kritik bir rol oynamaktadır. İmalat sanayinde yüksek teknolojiye yönelik Ar-Ge harcamalarının artması da Türkiye’nin bölgesel kalkınma stratejileri açısından önem taşımaktadır. Ar-Ge personel sayısının yoğun olduğu bu bölgelerde,

bilgiye dayalı yenilik süreçlerinin hızlanması beklenmektedir ve bu durum, ekonomik büyüme ile istihdam artışı üzerinde olumlu etkiler yaratacaktır.

Literatürde Türkiye üzerine yapılan çalışmalarda, ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin bölgesel işgücü verimliliği (Falcıoğlu, 2011), ekonomik büyüme (Akgüngör vd., 2013; Çınar, 2024) ve gelir dağılımı ile bölgesel kalkınma (Çınar, 2023) gibi alanlarla ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Ancak, Türkiye özelinde ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik ile Ar-Ge faaliyetleri arasındaki ilişkinin şimdiye kadar yeterince ele alınmadığı dikkat çekmektedir. Bu çalışma, 2010-2022 döneminde Türkiye Düzey-1 bölgeleri kapsamında söz konusu boşluğu doldurmayı ve ilişkili-ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge politikaları üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın ilerleyen bölümleri şu şekilde oluşturulmuştur. İkinci bölümde, teorik ve ampirik literatüre yer verilmektedir. Üçüncü bölüm, ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin hesaplanmasını içermektedir. Dördüncü bölümü ekonometrik metodoloji oluşturmaktadır. Beşinci bölüm ekonometrik analiz sonrası elde edilen bulgular gösterilmiştir. Son bölümde ise sonuç ve tartışmalar yer almaktadır.

1. TEORİK VE AMPİRİK LİTERATÜR

Bir sektörde veya ülkede gerçekleşen yenilikler genellikle başka bir sektör veya ülkede üretilen bilgiye dayanmaktadır (Aghion ve Akcigit, 2014). Bu bağlamda, birçok sektörde deneyimlerden elde edilen bilgiler önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Dasgupta ve Stiglitz, 1988). Bilgi birikiminin nihai belirleyicisi, bireylerin üretim sürecini iyileştirme yollarını düşünerek mal üretmeye devam etmesidir (Romer, 2012). Verimlilik artışları ise kaynakların sermaye birikimi ve Ar-Ge'ye ayrılmasıyla mümkün olmaktadır (Dasgupta ve Stiglitz, 1988). Arrow (1962) bu süreçte ortaya çıkan bilgi dışsallığını "yaparak öğrenme" olarak adlandırmıştır. Romer (1986), Arrow'un modeline dayanarak geliştirdiği Ar-Ge büyüme modelinde bilginin hem firma düzeyinde hem de ekonomi genelinde üretim kapasitesine katkı sağlayarak önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Böylece bilgi, firmalar için rekabet avantajı yaratırken aynı zamanda sürdürülebilir ekonomik büyümeye olanak tanımaktadır (Romer, 2012). İçsel büyüme teorisi, teknolojik ilerlemenin ekonomik sistemin içinden doğduğunu ve bilgi birikimi ile etkileşimlerin yeni bilgi kombinasyonları oluşturarak çıktı artışını teşvik ettiğini savunmaktadır.

İnovasyon süreci, iş bölümünün yüksek düzeyde olduğu bir yapıya sahiptir ve firmaların yalnızca kendi iç kaynaklarıyla yenilik yapmaları zorlaşmaktadır (Antonelli, 2002; Mascariini vd., 2023). Bilgi akışları, yoğun inovasyon faaliyetlerinin gerçekleştiği, aktörlerin sık sık etkileşim kurduğu ve doğrudan iletişim sağladığı bölgelerde daha erişilebilir hale gelir. Aktörlerin bir araya gelerek kümelenmesi, etkileşimli öğrenme ve bilgi kombinasyonuna olanak tanıyarak iş birliği fırsatlarını artırır (Mascariini vd., 2023). Frenken vd. (2007), bilgi yayılımının çoğunlukla benzer bilgiye dayanan sektörler arasında

gerçekleştiğini vurgulamaktadır. Buna göre, bir sektörden kaynaklanan bilgi, benzer bilgiye dayanan ve bu bilgiyi özümseyebilen sektörler için daha değerlidir. Firmalar, teknoloji ve pazar gibi alanlarda benzer bilgi tabanlarına sahip oldukları ölçüde bu sektörel ilişkiler güçlenmektedir (Content ve Frenken, 2016; Grillitsch vd., 2018). Bilgi akışlarının yoğun olduğu bölgelerde, firmaların daha üretken ve yenilikçi olmaları beklenmektedir. Firmaların yenilik kapasiteleri, özellikle bölgesel bilgi tabanlarının çeşitliliği ve heterojenliği ile ilişkilidir.

Bilgi yayılımı ile inovasyon arasındaki ilişkiyi inceleyen ampirik literatür, bilgi paylaşımının yenilikçilik üzerindeki belirleyici rolüne dikkat çekmektedir. Xu vd. (2021), 2003-2017 yılları arasında Çin'deki bölgesel etkin endüstriyel yapı ve teknolojik kümelenme inovasyonu arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu ortaya koymuş ve bu etkilerin teknoloji ithalatı, teknoloji yükseltme ve bağımsız yenilik perspektiflerinde artarak gözlemlendiğini belirtmiştir. Hu (2021), BRICS ülkelerini incelediği çalışmasında, uzun vadede gayri safi yurtiçi hasıla, insan sermayesi, Ar-Ge harcamaları ve doğrudan yabancı yatırımların bilgi yayılımı yoluyla teknolojik inovasyonu artırdığını tespit etmiştir. Ayrıca, insan sermayesindeki iyileşmelerin, bilgi yayılımı ve teknolojik inovasyon arasındaki ilişkiyi güçlendirdiği belirtilmiştir. Çin'e odaklanan diğer bir çalışmada, Hu vd. (2021), ters bilgi yayılımının genişliği ve derinliğinin yatırımcı işletmelerin teknolojik ilerlemesine katkı sağladığını ve bu etkinin bilgi yayılımı yoğunluğunun pozitif düzenleyici bir rolü olduğunu göstermiştir. Duan vd. (2021) ise Çin'in yüksek teknoloji imalat sektörlerini analiz etmiş ve bilinçsiz uluslararası bilgi yayılımının başlangıçta inovasyon kalitesini düşürdüğünü, ancak zamanla artırdığını; buna karşılık bilinçli uluslararası bilgi yayılımının başlangıçta inovasyon kalitesini artırırken daha sonra düşürdüğünü bulmuştur.

Ferreira vd. (2017), bilgi yayılımının temel olarak bilginin dışsallığından kaynaklandığını ve firmaların diğer firmaların Ar-Ge ve teknolojik inovasyon faaliyetlerinden faydalanabileceğini savunmuş, Pan ve Liu (2013) ise bilgi yayılımını, firmaların Ar-Ge faaliyetlerinin inovasyon üzerindeki etkisi olarak tanımlamıştır. Choi ve Lee (2021), ABD'li imalat firmalarını inceledikleri çalışmada, firma özgü bilgi yayılımlarının, teknolojik çeşitlendirme ile Ar-Ge verimliliği arasındaki ilişkiyi pozitif yönde düzenlediğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Ahamed vd. (2023), Hint firmalarına ait verileri analiz etmiş ve hem endüstri içi hem de endüstriler arası bilgi yayılımlarının, Ar-Ge yapan ve yapmayan firmalar tarafından fayda sağlamak için kullanıldığını göstermiştir.

Sergio vd. (2023), OECD bölgelerinde, teknolojik yakınlık ve mekânsal yakınlık gibi faktörlerden kaynaklanan inovasyon yayılımını incelemiş ve bu faktörlerin sektörler ve bölgeler arası bilgi aktarımını kolaylaştırdığını belirtmiştir. Mahn ve Poblete (2023) ise yüksek teknoloji sektörüne odaklanarak, bilgi yayılımlarının ve çeşitliliğin firmaların yenilik performansı üzerindeki etkisini vurgulamıştır. Bu literatür genel olarak, bilgi yayılımının

sektörel, mekânsal ve teknolojik bağlamlarda inovasyon süreçlerini güçlendiren kritik bir mekanizma olduğunu ortaya koymaktadır.

Bilginin bir bölgede yayılmasını sağlayan mekanizmalar çeşitlendirilebilmektedir. Bu mekanizmalar arasında gösterilen iş gücü hareketliliği, genellikle yerel firmalar arasında bilgi aktarımının önemli yollarından biri olarak görülmektedir (Neffke ve Henning, 2013). Bu bağlamda, literatürde iş gücü hareketliliğinin hem genel hem de sektörel düzeyde bilgi yayılımı üzerindeki etkilerini inceleyen çeşitli ampirik çalışmalar bulunmaktadır. Le ve Bayrak (2024), Laos inşaat sektöründe faaliyet gösteren yüksek vasıflı Vietnamlı göçmenlerin bilgi paylaşımı süreçlerini incelemeyi hedeflemiştir. Araştırmanın sonuçları, Vietnamlı göçmenler ile Laoslu çalışanlar arasında yoğun bir bilgi alışverişinin gerçekleştiğini göstermektedir. Abolhassani (2024), Hollanda imalat sektörü bağlamında yaptığı çalışmada, işgücü hareketliliğinin özellikle sektör içi hareketlilikte bilgi yayılımını ve beceri transferini güçlendirdiğini vurgulamıştır. Xu vd. (2024) ise Çin’de, tasarım ve yüksek kaliteli yeniliklere odaklanan bölgelerde işgücü hareketliliğinin teknolojik yenilikçiliği önemli ölçüde teşvik ettiğini bulmuştur. Benzer şekilde, Barboza vd. (2023), İtalya’daki yenilikçi girişimlerde, bölgesel uzmanlaşmanın istihdam verimliliği ve bilgi yayılımı üzerinde olumlu etkiler yarattığını, ancak yüksek rekabet seviyelerinin ve bölgesel çeşitliliğin bu etkileri sınırladığını tespit etmişlerdir. Cooper (2001) ise teorik modelinde, çalışanların firmalar arasında geçiş yaparak edindikleri bilgiyi taşımalarının sektörel bilgi yayılımını desteklediğini ifade etmiştir. Genel olarak bu çalışmalar, iş gücü hareketliliğinin bilgi transferi ve yenilikçilik üzerindeki etkilerinin sektörel bağlam ve bölgesel farklılıklar gibi dinamiklere bağlı olarak verimlilik üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Bir bölgenin ilişkili bilgiye odaklanması, bölgenin bilgi tabanını genişleterek daha yüksek bilgi üretim verimliliği sağlayabilecek bir etkileşimsel zenginleşme etkisiyle sonuçlanabilir (Wang vd., 2016). İlişkili çeşitlilik, optimal seviyedeki bilişsel mesafe sayesinde bilgi yayılımını ve öğrenme olasılığını artırabilmektedir (Aarstad vd., 2016). Hassink vd. (2014), ilişkili çeşitliliğin inovasyonu mümkün kılan bir bölgedeki uygun düzeydeki bilişsel farklılığı sağladığını belirtmektedir. Bu bağlamda, ampirik literatürde ilişkili çeşitliliğin bilgi yayılımı üzerindeki etkisini ortaya koyan çalışmalar (Hartog vd., 2012; Cortinovis ve van Oort, 2015; Content vd., 2017; Huang vd., 2022) bulunmaktadır. Hartog vd. (2012), ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik mekanizmalarının önemine dikkat çekerken, bilgi ve teknolojik kaynaklar açısından zengin yenilikçi bölgelerde konumlanmanın kritik bir faktör olduğunu vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Cortinovis ve van Oort (2015), ilişkili çeşitliliğin, bir bölgenin bilgi ve teknoloji birikiminin yüksek olduğu durumlarda büyüme üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini ifade etmektedir. Content vd. (2017), girişimciliğin bilgi yayılımlarına aracılık edebilecek önemli bir mekanizma olabileceğini vurgulamıştır. Çalışmada, ilişkili

sektörler arasındaki bilgi yayılımının girişimcilik aracılığıyla daha etkin bir şekilde gerçekleşebileceğini ve bunun bölgesel inovasyon üzerinde olumlu etkiler yaratabileceğini ortaya koymaktadır. Huang vd. (2022), ilişkili çeşitliliğin bilgi yayılımı aracılığıyla inovasyonu teşvik ettiğini ve Çin’de ekonomik olarak benzer düzeyde gelişmiş bölgeler arasında bölgesel yayılma ve yığılma etkileri oluşturduğunu belirtmiştir.

Literatüre bakıldığında, ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik ile ekonomik büyüme arasındaki ampirik çalışmaların yoğunlukta olduğu görülmektedir (Frenken vd., 2007; Boschma ve Iammarino, 2009; Boschma vd., 2012; Kublina ve Schiller, 2015; Fritsch ve Kublina, 2018; Qin vd., 2019; Ishaq vd., 2024). Bunun yanında, ülkeler ve bölgeler düzeyinde ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin; yenilik, Ar-Ge ve patent gibi alanlarla ilişkisini ortaya koyan ampirik çalışmalara da rastlanmaktadır (Saviotti ve Frenken, 2008; Antonietti ve Cainelli, 2011; Tavassoli ve Carbonara, 2014; Castaldi vd., 2015; Aarstad vd., 2016; Boschma, 2017; Fritsch ve Kublina, 2018; Miguelez ve Moreno, 2018; Antonietti ve Gambarotto, 2020; Ejdemo ve Örtqvist, 2020; Hesse ve Fornahl, 2020; Yang vd., 2020; Mascarini vd., 2021; Boschma vd., 2023; Mascarini vd., 2023; Plunket ve De Waldemar, 2023).

Castaldi vd. (2015) ABD eyaletleri üzerine yaptıkları araştırmada, yüksek düzeyde ilişkisiz çeşitliliğin çığır açan yeniliklerin payını artırdığını, yarı-ilşkili çeşitliliğin ise olumsuz etkiler yarattığını bulmuşlardır. Buna karşın, ilişkili çeşitliliğin çığır açan yenilikler üzerinde anlamlı bir etkisi olmamakla birlikte genel yenilik çıktısını artırdığı vurgulanmıştır. Aarstad vd. (2016) Norveç’teki çalışmasında, ilişkili endüstriyel çeşitliliğin ürün inovasyonu üzerinde olumlu ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde, Antonietti ve Cainelli (2011) İtalya’da, yoğun nüfuslu ve ilişkili çeşitliliğin yüksek olduğu bölgelerdeki firmaların Ar-Ge yoğunluğunun daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Öte yandan, Antonietti ve Gambarotto (2020) tarafından yapılan çalışmada, yenilikçi girişimlerin daha çok ilişkisiz çeşitliliğin yüksek olduğu bölgelerde ortaya çıktığı gösterilmiştir. İsveç kapsamında yapılan çalışmalarda, Ejdemo ve Örtqvist (2020) ilişkili çeşitliliğin patent yoğunluğunu artırdığı, Tavassoli ve Carbonara (2014) ise ilişkili çeşitliliğin patent sayılarıyla pozitif ilişki gösterdiği ve ilişkisiz çeşitliliğin bölgesel inovasyonu teşvik ettiği yönünde sonuçlar ortaya koymuştur. Boschma vd. (2023) 1981-2010 yılları arasında Avrupa’nın 277 NUTS-2 bölgesini inceledikleri çalışmada, çığır açan buluşların büyük oranda ilişkili teknolojiler arasında gerçekleştiğini, yalnızca ilişkisiz teknolojilerden oluşan patentlerin neredeyse hiç bulunmadığını göstermiştir. Benzer şekilde, Yang vd. (2020), çalışmalarında tüm sektörlerde ilişkili çeşitliliğin bölgesel inovasyonu teşvik ettiğini, ancak ilişkili olmayan çeşitliliğin bu konuda bir rol oynamadığını göstermektedir. Miguelez ve Moreno (2018) ile Hesse ve Fornahl (2020), ilişkili çeşitliliğin çığır açan teknolojilerin ortaya çıkışını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuşlardır. Boschma (2017) ise yeni faaliyetlerin büyük olasılıkla ilişkili ve ilişkisiz

yetkinliklerin bir araya gelmesiyle ortaya çıktığını ileri sürmektedir. Mascarini vd. (2021) tarafından Brezilya mikro bölgeleri üzerine yapılan çalışmada, ilişkili çeşitliliğin artımlı yenilikler ve patent sayısı ile ilişkili olduğu, ilişkisiz çeşitliliğin ise radikal yenilikler üzerinde daha güçlü etkiye sahip olduğu gösterilmiştir.

Mascarini vd. (2023), ilişkili çeşitliliğin artmasının bir firmanın sektöre yeni bir yenilik getirme olasılığını azalttığını, buna karşılık ilişkisiz çeşitliliğin artmasının bu olasılığı artırdığını bulmuşlardır. Fritsch ve Kublina (2018) Batı Almanya'da Ar-Ge yoğunluğu yüksek olan bölgelerde ilişkili çeşitliliğin büyüme ve yeni iş kurma üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu, ancak ilişkisiz çeşitliliğin bu etkileri göstermediğini tespit etmişlerdir. Plunket ve De Waldemar (2023) Fransa'da, ilişkili teknolojilerin yeniden kullanılmasıyla kademeli yeniliklerin teşvik edildiğini, ancak ilişkili çeşitliliğin artmasının yenilik olasılığını azalttığını belirtmişlerdir. Ancak, yeni ve ilişkisiz teknolojilerin birleştirilmesi durumunda bu olumsuz etkinin azaldığı da vurgulanmıştır. Kore'de çevre endüstrisini inceleyen Park ve Choi (2022), ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge yatırımları ile pozitif bir korelasyon gösterdiğini, ancak ilişkili çeşitliliğin anlamlı bir etkisi olmadığını bulmuşlardır. Bu bulgular, ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin yenilik ve ekonomik performans üzerindeki farklı etkilerini ortaya koymakta ve bölgesel heterojenliğin bu etkilerde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Türkiye özelinde ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik kapsamında gerçekleştirilen azınlıkta olan ampirik çalışmalar, farklı bölgesel dinamiklerin ekonomik performans üzerindeki etkilerini incelemiştir. Falcıoğlu (2011) tarafından Türkiye'nin 26 NUTS-2 bölgesi için yapılan araştırmada, ilişkili çeşitlilik ile bölgesel iş gücü verimliliği arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Akgüngör vd. (2013) ise Türkiye'nin 81 ili üzerine yaptıkları çalışmada, ilişkili çeşitlilik ile GSYİH büyümesi arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulmuş, ancak ilişkisiz çeşitlilik ile GSYİH büyümesi arasında anlamlı bir ilişki olmadığını ortaya koymuşlardır. Çınar (2024) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, Türkiye'de yalnızca ilişkili çeşitliliğin bölgesel ekonomik büyümeye katkı sağladığı, batı illerinde istihdam artışına olumlu etkide bulunduğu, ancak iş gücü verimliliği ile ilişkili çeşitlilik arasındaki ilişkinin sadece nispeten daha az gelişmiş doğu illerinde geçerli olduğu belirtilmiştir. Çınar'ın (2023) diğer bir araştırmasında, Türkiye'nin 26 NUTS-2 bölgesinde ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik ile bölgesel kalkınma tuzakları arasındaki ilişki incelenmiş ve ilişkili çeşitliliğin artırılmasının kalkınma tuzaklarına düşme riskini azaltma potansiyeline sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı yıl, Çınar'ın (2023) bir başka çalışması ise ilişkili ve ilişkisiz ihracat çeşitliliği ile gelir dağılımı arasındaki ilişkiyi analiz etmiş ve Türkiye genelinde ilişkili çeşitlilik ile gelir dağılımı arasında anlamlı bir ilişki bulunmazken, batı bölgelerinde ilişkisiz çeşitliliğin artmasının portföy etkisi aracılığıyla gelir dağılımını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Gültekin vd. (2023) tarafından yapılan araştırmada ise iller

arasında ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik bakımından önemli heterojenlik gözlemlenmiştir. Metropollerin her iki çeşitlilik türünde de yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilirken, illerin ihracat portföylerinin genellikle mevcut üretken yapılarıyla ilişkili ürünlere doğru çeşitlenme eğilimi gösterdiği yönünde bulgular elde edilmiştir.

2. İLİŞKİLİ VE İLİŞKİSİZ ÇEŞİTLİLİĞİN HESAPLANMASI

İlişkili ve ilişkisiz çeşitlilik kavramı ilk kez Frenken vd. (2007) tarafından ortaya atılmıştır. Ancak ilereyn yıllarda Boschma vd. (2012), Frenken vd.'nin (2007) yaklaşımının bazı zayıflıklarının olduğunu ifade etmiştir. Bu zayıflıklardan ilki, Frenken vd. (2007) tarafından kullanılan ex ante ölçümün, önceden var olan bir ürün kodu sınıflandırmasına dayalı olduğu yönündedir. Diğer zayıflık ise ilişkili olma durumunun yalnızca ürün kodlarına dayandırılması, sadece ürünlerin özelliklerini ve üretim süreçlerini dikkate alması olarak gösterilmiştir. Oysa ürünlerin birbirini tamamlama potansiyeli ve ortak altyapı ihtiyacı gibi diğer ilişkili olma kaynakları göz önüne alınmamaktadır (Çınar, 2023). Frenken vd. (2007) çalışmasının aksine, Porter (2003) ve Hidalgo vd. (2007) ex post yaklaşımlar sunmaktadır. Bu sayede, ürünlerin ilişkili olmasını belirleyen diğer faktörler örtük olarak göz ardı edilmemektedir. Ayrıca, Hidalgo vd. (2007) tarafından sunulan yakınlık yaklaşımının, Porter'ın (2003) yaklaşımına göre avantajı, belirli bir ürün için birden fazla ilişkili olma durumuna olanak tanımasıdır (Çınar, 2023).

Elekes vd. (2019), bölgesel üretim faaliyetlerinin çoğunlukla sıfırdan başlamadığını, aksine, bölgenin mevcut yetkinliklerine dayandığını belirtmektedir. Bu durum, ekonomik faaliyetlerin gerçekleştirildiği yer ile güçlü bir bağlantıya sahip olduğunu ve bölgedeki mevcut üretimlerin yeni faaliyetlerin oluşumuna zemin hazırladığını göstermektedir (Çınar, 2023). Benzer şekilde, Hidalgo vd. (2007) bu olguyu ülke düzeyinde inceleyerek, ülkelerin genellikle mevcut ihraç ürünleriyle ilişkili yeni ürünlerde karşılaştırmalı üstünlük geliştirme eğiliminde olduklarını bulmuştur.

Bu bağlamda, çalışmada öncelikle, ekonomik faaliyet ile yerleşim birimini eşleştirilmiştir. Yakınlık yaklaşımında bu işlem, Balassa (1965) tarafından geliştirilen ve ihracat verilerine dayanan Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler (RCA) matrisi kullanılarak yapılmaktadır. RCA'nın tercih edilme nedenlerinden biri, fiyat ve döviz kuru gibi parasal etkilerin yanı sıra mevsimsel etkilerin de ayarlanabilmesine olanak tanımasıdır (Hidalgo, 2021). Ayrıca, sektör ya da ürün gruplarına göre ayrıştırılmış üretim veya istihdam verilerinin bulunmadığı durumlarda ihracat verileri, bölgesel sanayi yapısını ve uzmanlaşmayı yansıtan güçlü bir göstergedir. Bunun yanı sıra, ihracat verilerinin küresel düzeyde standart bir sınıflandırmaya sahip olması, uluslararası karşılaştırmalar için de kolaylık sağlamaktadır (Boschma ve Iammarino, 2009).

Bu bağlamda bir ülkenin (x), a ürünü gibi bir alanda karşılaştırmalı avantaja sahip olup olmadığı, a ürününün o ülkenin toplam ihracatı içindeki payının, aynı ürünün dünya ticaretindeki toplam ihracattaki payına oranlanmasıyla belirlenmektedir (Hidalgo, 2021). Bu durumun matematiksel ifadesi, Denklem 1'de gösterilmektedir:

$$RCA_{xa} = \frac{\frac{q_{xa}}{\sum_{x'a} q_{x'a}}}{\frac{\sum_{a'} q_{xa'}}{\sum_{x'a'} q_{x'a'}}} \quad (1)$$

Denklem 1'de, RCA_{xa} , RCA matrisinin her bir elemanını temsil eden RCA_{xa} 'nin birden büyük veya eşit olması durumunda bir, birden küçük bir değer ise sıfır değerini almaktadır. Bu durum, Denklem 2'de şu şekilde gösterilebilir:

$$\begin{aligned} RCA_{xa} \geq 1 &\Rightarrow RCA_{xa} = 1 \\ RCA_{xa} < 1 &\Rightarrow RCA_{xa} = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

RCA, x lokasyonunun a ürünüde uzmanlaşmasının bir ölçüsü olarak yorumlanabilmektedir. Yakınlık yaklaşımı, iki ürün benzer altyapı, girdi bileşimi ve kurumsal yapılar gerektiriyorsa, muhtemelen birlikte üretilcekleri fikrine dayanmaktadır (Çınar, 2023). Dolayısıyla, Hidalgo vd. (2007) ülkelerin a ve b ürünlerini aynı anda ihraç etme konusunda uzmanlaşmaları halinde, bu iki ürünün birbiriyle ilişkili olduğunu savunmaktadır. Bu fikre dayanarak, t yılında a ürünü ile b ürünü arasındaki yakınlığı (ϕ) şu şekilde hesaplanmaktadır (Boschma vd., 2012):

$$\phi_{abt} = \min \left\{ P(RCA_{x,a,t} | RCA_{x,b,t}), P(RCA_{x,b,t} | RCA_{x,a,t}) \right\} \quad (3)$$

Denklem 3'de $P(RCA_{x,b,t} | RCA_{x,a,t})$, t döneminde a ürününün ihracatında karşılaştırmalı üstünlüğe sahip bir x ülkesinin aynı dönemde b ürününün ihracatında da karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olma koşullu olasılığını göstermektedir.

Boschma vd. (2012), yakınlık yaklaşımının en zorlu yönlerinden birinin, iki ürünün ilişkili sayılabilmesi için yakınlık (ϕ) değerinin ne olması gerektiği konusundaki belirsizlik olduğunu belirtmektedir. Hidalgo vd. (2007) bu konuda net bir açıklama yapmasa da 0,20'nin altındaki değerlerin ilişkili olma açısından önemsiz kabul edilebileceğini öne sürmektedir. Bu çerçevede, Boschma vd. (2012) çalışmalarında 0,25'i ilişkili olma için eşik değer olarak belirlemiş ve iki ürün arasındaki yakınlık 0,25 veya daha yüksek olduğunda, bu ürünlerin ilişkili kabul edileceğini ifade etmiştir. Bu bağlamda Boschma

vd. (2012) çalışmasını temel alarak, çalışmada ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik hesaplamalarında ϕ için eşik değeri olarak 0,25'i benimsenmiştir.

Küresel yakınlık değerlerini elde ettikten sonra, bölgesel düzeyde ilişkili ve ilişkisiz çeşit endekslerini hesaplamak için entropi ölçümleri kullanılmaktadır. Bu amaçla, ilk olarak her a ürünü için bir ilişkili çeşit kümesini içeren K_a , tanımlanmaktadır. K_a , her a ürününün 0,25 ve üzeri bir yakınlık değerine sahip olduğu ürün grubunu ifade etmektedir (Boschma ve Iammarino, 2009). Dolayısıyla ilişkili çeşitliliğin hesaplanması için kullanılan entropi (Z), Denklem 4'de gösterilmektedir.

$$Z_I = \sum_{a \in K_a} \frac{P_a}{P_k} \log_2 \left(\frac{1}{P_a / P_k} \right) \quad (4)$$

Denklem 4'de P_a , a ürününün x bölgesinin toplam ihracatına oranını, P_k ise her a ürünü için K_a içinde yer alan tüm ürünlerin toplam ihracatının x bölgesinin toplam ihracatına oranını ifade etmektedir. Buradan hareketle, ilişkili çeşitlilik endeksinin (İC) hesaplanması için kullanılan matematiksel ifade Denklem 5'de gösterilmektedir.

$$IC = \sum P_k Z \quad (5)$$

İlişkisiz çeşitlilik (NİC), ilişkili çeşitliliğin hesaplanma yöntemine benzer bir süreçle hesaplanmaktadır. Ancak temel fark olarak, her bir a ürününün yakınlık değeri 0,25'ten düşük olan ürünleri içeren KU_a adında bir ilişkisiz çeşitlilik kümesi tanımlanmaktadır (Boschma ve Iammarino, 2009). Bu doğrultuda ilişkisiz çeşitliliğin hesaplanması Denklem 6 ve Denklem 7'de yer almaktadır.

$$Z_{NI} = \sum_{a \in KU_a} \frac{P_a}{P_n} \log_2 \left(\frac{1}{P_a / P_n} \right) \quad (6)$$

$$NIC = \sum P_n Z \quad (7)$$

Denklem 6 ve Denklem 7'de yer alan P_n , her bir a ürünü için KU_a içindeki tüm ürünlerin toplam ihracatının x bölgesinin toplam ihracatına oranının gösterimidir.

3.EKONOMETRİK YÖNTEM

3.1. Veri ve Model

Bu çalışma, 2010-2022 dönemi için Türkiye Düzey-1 bölgeleri kapsamında ilişkili-ilişkisiz çeşitliliğin araştırma ve geliştirme faaliyetleri üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Türkiye'nin Düzey-3 ve Düzey-2

bölgeleri için çalışma döneminde verilerin dengesiz ve veri kayıplarının çok olması nedeniyle Düzey-1 bölgesi seçilmiştir. Bunun yanında Düzey-1 bölgelerinin verilerinin 2010 yılından başlaması ve ilişkili-ilişkisiz çeşitlilik verilerinde 2022 yılında sonlanması nedeniyle çalışmada ilgili dönem seçilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlerin Tanımları

Değişken	Tanım	Kaynak
LNARGE1	Logaritması alınmış Gayri Safi Yurtiçi AR-GE Harcaması (1000 TL)	TÜİK (2024)
LNARGE2	Logaritması alınmış AR-GE insan gücü	TÜİK (2024)
LNGDP	Logaritması alınmış kişi başına GSYİH (TL)	TÜİK (2024)
H	Logaritması alınmış beşeri sermaye (Yüksek okul veya fakülte mezun oranı)	TÜİK (2024)
LNE	Girişim sayısı (İş kayıtlarına göre toplam girişim sayıları)	TÜİK (2024)
İC	İlişkili çeşitlilik	Gaulier ve Zignago (2010)
İNC	İlişkisiz çeşitlilik	Gaulier ve Zignago (2010)

Çalışmada, ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik hesaplamaları için Uluslararası Ticaret Veritabanı (BACI) veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti, ürün gruplarına göre sınıflandırılan 200’den fazla ülkenin ihracat verilerini içermektedir. BACI veri tabanı, ürün gruplarını Harmonize Sistem (HS) sınıflandırmasına göre düzenlenmektedir. Hidalgo (2021), 1 milyar doların altında ihracata sahip ülkelerin, nüfusu 1 milyonun altında olan ülkelerin ve küresel ihracat değeri 500 milyon doların altında kalan ürünlerin veri setinden çıkarılmasını önermektedir. Bu sayede, ihracat verilerindeki gürültü azaltılarak ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik indeksleri için daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu çerçevede, veri temizleme işlemi sonrasında, 132 ülke ve yaklaşık 970 ürün grubu için küresel ürün yakınlık değerleri hesaplanmıştır. Ardından, küresel yakınlık değerleri ve TÜİK’ten alınan bölgesel ihracat veri seti kullanılarak Türkiye’nin 12 Düzey 1 bölgesi için 2007-2022 yılları arasındaki ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik değerleri hesaplanmıştır.

$$LNARGE1_{it} = \beta_0 + \beta_1 \dot{IC}_{it} + \beta_2 \dot{INC}_{it} + \beta_3 LNGDP_{it} + \beta_4 H_{it} + \beta_5 LNE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$LNARGE2_{it} = \beta_0 + \beta_1 \dot{IC}_{it} + \beta_2 \dot{INC}_{it} + \beta_3 LNGDP_{it} + \beta_4 H_{it} + \beta_5 LNE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

Çalışmada iki model kullanılmıştır. Bu modellerin birincisinde bağımlı değişken, Türkiye Düzey-1 bölgeleri kapsamında gayri safi Ar-Ge harcaması olarak yer almaktadır. Diğer modelde ise Ar-Ge insan gücü bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Herk iki modelde kullanılan bağımsız değişkenler ise

aynıdır. Literatürdeki çalışmalardan hareketle (Tavassoli ve Carbonara, 2014; Migueleza ve Moreno, 2018; Ejdemo ve Örtqvist, 2020; Hesse ve Fornahl, 2020; Boschmavd., 2023; Mascarini vd., 2023), modellerde yer alan açıklayıcı değişkenler eklenmiştir. Bu bağlamda açıklayıcı değişkenler; kişi başına GSYİH, beşeri sermaye ve girişim sayıları şeklindedir. Beşeri sermaye için yüksek okul veya fakülte mezunları vekil değişken olarak kullanılmıştır. Bunun yanında modellerde yer alan Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge insan gücü, kişi başı GSYİH ve girişim sayıları değişkenlerinin logaritması alınmıştır. Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge insan gücü, kişi başı GSYİH, beşeri sermaye ve girişim sayıları TÜİK veri tabanından temin edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, söz konusu değişkenler kullanılarak oluşturulan modeller, Denklem 8 ve Denklem 9'da sunulmuştur. Ayrıca, çalışmada kullanılan değişkenlerin özeti Tablo 1'de raporlanmaktadır.

3.2. Metodoloji

Bu çalışmada yöntem olarak, panel veri analizi kullanılmıştır. Panel verinin kullanılmasının nedeni, çalışmanın 2010-2022 yılları arasındaki nispeten kısa bir dönemi kapsamasıdır. Bu süre zarfında zaman serisi analizine dayalı tahmincilerin kullanılması, sonuçların yanlı olma riskini artırabileceğinden, panel veri tercih edilmiştir (Çınar vd., 2022; Çınar, 2023). Bu bağlamda, panel veri analizinin ilk adımı, yatay kesit bağımlılığı ve katsayı homojenliğinin incelenmesidir. Zaman boyutunun kesit boyutundan büyük olduğu durumlar yada kesit boyutunun zaman boyutundan büyük olduğu durumlarda yatay kesit bağımlılığını tespit etmek için kullanılan testler farklılık gösterebilmektedir. Ancak Pesaran'ın (2004) yatay kesit bağımlılığı (CD) testi, her iki duruma da uygulanabilir niteliktedir. Bu çalışmada da yatay kesit bağımlılığı, Pesaran'ın (2004) CD testi ile analiz edilmiştir. Eğitim homojenliği katsayısının değerlendirilmesi amacıyla ise Blomquist ve Westerlund (2013) tarafından geliştirilen eğitim homojenliği testi kullanılmıştır. Bu test, homojen eğim katsayılarının sıfır hipotezi altında normal dağılımlı bir test istatistiği üretmektedir. Ayrıca test, değişen varyans ve otokorelasyon problemlerini başarılı bir şekilde ele alabilmesi nedeniyle diğer testlere kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır (Lin vd., 2024). Ayrıca Blomquist ve Westerlund (2013) testi, HAC tutarlı test istatistiği kullanarak eğitim homojenliğini değerlendirmektedir.

Çalışmada, serilerin durağanlık seviyeleri Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS testi ile belirlenmiştir. CIPS testi, birimler arasındaki yatay kesit bağımlılığını ve heterojenliği dikkate alması önemli bir avantaj sağlamaktadır. Aynı zamanda, Pesaran'ın (2004) testinde olduğu gibi, CIPS testi de zaman boyutunun kesit boyutundan büyük olduğu durumlar ya da kesit boyutunun zaman boyutundan büyük olduğu durumlarda kullanılabilir (Pesaran, 2007).

Baltagi (2021), rastgele seçilen örneklemelerle çalışıldığında rassal etkiler tahmincisinin daha uygun olduğunu ifade ederken, sabit etkiler tahmincisinin benzer özelliklere sahip bir grup firma veya belirli bir ülke ya da bölge üzerinde odaklanıldığında daha isabetli bir seçenek olarak öne çıktığını belirtmektedir. Bu doğrultuda çalışmada sabit etkiler (FE) panel veri tahmincisi kullanılmıştır. Ayrıca sabit etkiler tahmininden edilen bulguların sağlamlığı, Juodis vd. (2021) tarafından önerilen Yarım Panel Jackknife (HPJ) testi kullanılarak kontrol edilmiştir.

Sabit etkiler yönteminde, sabit terim her bir grup için ayrı ayrı ele alınmaktadır. Bu, modelin her grup için farklı sabit terimlere izin verdiği anlamına gelmektedir. Sabit etkiler tahmincisi, her grup için ayrı sabit terimler kullanılmasını sağlamak amacıyla gruplara özgü kukla değişkenleri içermektedir. Bu model, belirli bir bireye özgü ve zamanla değişmeyen tüm etkileri yakalamaktadır. Ancak, zamanla değişmeyen ülke büyüklüğü gibi bazı ek değişkenler modele dahil edilemez, çünkü bu tür değişkenler sabit etkilerle tam bir örtüşme göstermektedir (Asteriou ve Hall, 2021).

Juodis vd. (2021), Nickell yanlılığını net bir şekilde açıklayan ve heterojen panellerde etkili olan yeni bir nedensellik testi önermiştir. Nickell yanlılığı problemini aşmak ve bu yanlılığı düzeltmek amacıyla Juodis vd. (2021), Dhaene ve Jochmans'ın (2015) "Split Panel Jackknife" (SPJ) yöntemine dayanan "Half Panel Jackknife" (HPJ) yaklaşımını geliştirmiştir (Pata vd., 2023). HPJ yaklaşımı, kesit bağımlılığı ve değişen varyansa karşı Nickell yanlılığını düzelterek sağlam tahminler sunmaktadır. Bu nedenle, HPJ'nin güç özellikleri, Dumitrescu-Hurlin ve benzer panel veri yaklaşımlarına kıyasla daha sağlamdır (Pata vd., 2024).

4. BULGULAR

Analiz sonuçlarına geçmeden önce, çalışmanın veri setinde yer alan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler araştırılmıştır. Bu doğrultuda tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de raporlanmaktadır.

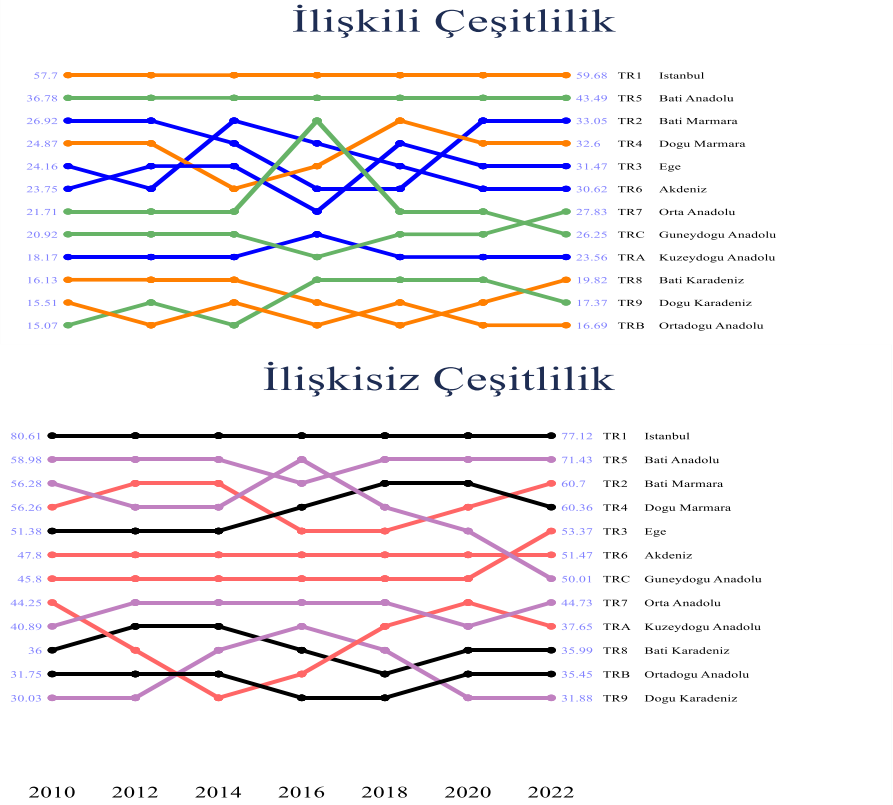
Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
LNARGE1	14.04736	1.371422	11.74458	17.94722
LNARGE2	9.518532	0.9004034	7.977282	11.667
LNGDP	10.3422	0.738614	8.957124	12.56906
H	13.45231	3.921181	4.67	23.29
LNE	12.38502	0.7365128	10.99966	13.95087
İC	26.773	10.82156	13.48776	59.89354
İNC	48.59428	13.69428	24.34496	82.51722

Şekil 1’de gösterilen Türkiye’nin Düzey 1 bölgelerinde 2010-2022 dönemine ait ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik verileri, bölgeler arasında önemli farklılıklar sergilemektedir.

Şekil 1’de İstanbul ve Batı Anadolu, analiz edilen yıllar boyunca en yüksek ilişkili çeşitliliği gösteren bölgeler olup, bu bölgelerde sanayilerin

Şekil 1. Türkiye Düzey-1 Bölgeleri Kapsamında İlişkili Ve İlişkisiz Çeşitlilik Değerleri



daha çeşitli ancak birbirleriyle bağlantılı olduğu görülmektedir, ki bu durum genellikle gelişmiş ve sanayileşmiş bölgelerde beklenir. Buna karşılık, Kuzeydoğu Anadolu ve Ortadoğu Anadolu sürekli olarak daha düşük ilişkili çeşitlilik sergilemekte olup, bu bölgelerde daha az çeşitli ve daha çok tarım ya da geleneksel ekonomik yapının hakim olduğunu işaret etmektedir. Yıllar içerisinde İstanbul gibi gelişmiş bölgelerle daha küçük bölgeler arasındaki bu çeşitlilik farkı belirgin şekilde devam etmekte, bu da sanayi çeşitliliği açısından kalıcı bir uçuruma işaret etmektedir. Ancak, birçok bölgede ilişkili çeşitlilikte kademeli bir artış gözlemlenmekte olup, bu da sanayi gelişiminin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Şekil 1’e göre İstanbul ve Batı Anadolu, ilişkisiz çeşitlilik açısından da önde gelen bölgeler arasında yer almakta olup, bu bölgelerde birbirleriyle

doğrudan bağlantılı olmayan geniş bir sanayi yelpazesinin bulunduğu gözlemlenmektedir; bu çeşitlilik, genellikle büyük kentsel ve sanayi merkezlerinde sıklıkla rastlanan bir durumdur. İlişkili çeşitlilikte olduğu gibi, Kuzeydoğu Anadolu ve Ortadoğu Anadolu bölgeleri de daha düşük ilişkisiz çeşitlilik seviyelerine sahiptir, bu da bu bölgelerde daha fazla uzmanlaşmış bir ekonomi yapısının var olduğunu göstermektedir. İlişkisiz çeşitlilik, genel olarak daha dinamik bir yapı sergilemekte ve özellikle Batı Anadolu ve Güneydoğu Anadolu gibi bölgelerde 2010'lu yılların ortalarında önemli dalgalanmalar yaşandığı gözlemlenmektedir.

İstanbul hem ilişkili hem de ilişkisiz çeşitlilikte lider konumda olup, bu durum İstanbul'un oldukça çeşitli ve ekonomik açıdan karmaşık bir bölge olduğunu teyit etmektedir. Hem ilişkili hem de ilişkisiz çeşitlilik açısından gelişmiş bölgeler ile daha az gelişmiş bölgeler arasında belirgin farklılıklar bulunmakta, bu da daha az gelişmiş bölgelerde ekonomik faaliyetlerin çeşitlendirilmesini teşvik edecek politika müdahalelerine ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Çeşitliliğin her iki türünde de bazı bölgelerde artış gözlenmekle birlikte, ilişkili çeşitlilik daha istikrarlı bir gelişim sergilemektedir.

Şekil 2'de gösterilen, Türkiye'nin Düzey 1 bölgelerine ait ilişkili çeşitlilik, ilişkisiz çeşitlilik, Ar-Ge harcamaları ve Ar-Ge insan gücü değişkenlerinin 2010-2022 dönemi ortalamalarına göre oluşturulan haritalar, bölgesel farklılıkları net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu haritalar, Türkiye genelinde ekonomik çeşitlilik ve Ar-Ge yatırımları açısından büyük farklılıklar olduğunu göstermektedir.

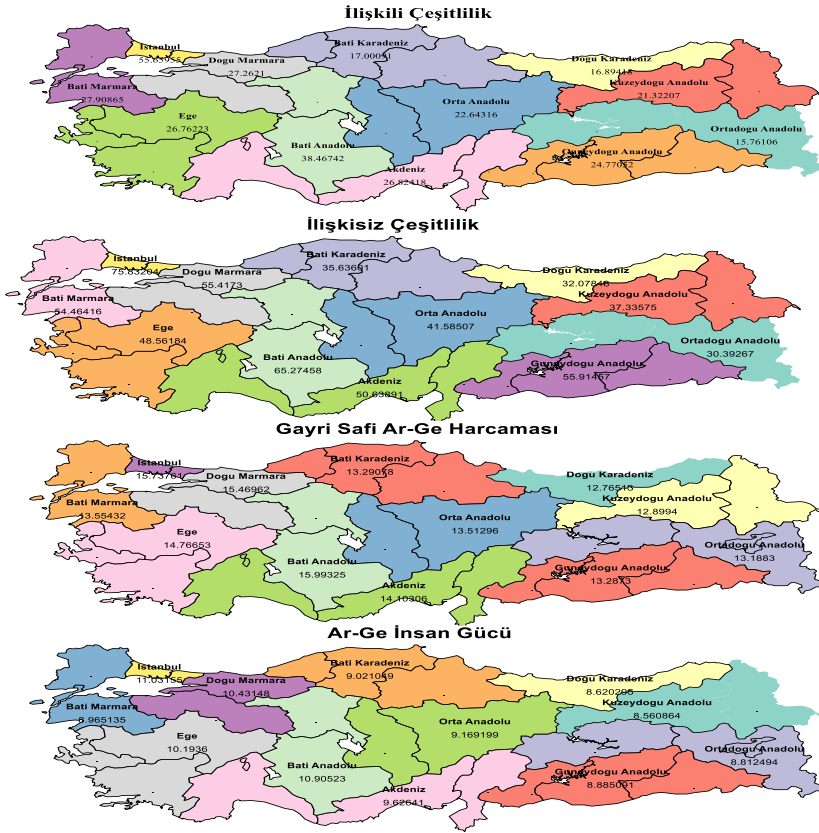
Öncelikle, İstanbul'un içinde bulunduğu TR1 bölgesi, ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik açısından Türkiye'nin en yüksek değerlerine sahip bölgesi olarak öne çıkmaktadır. İstanbul, ilişkili çeşitlilik ve ilişkisiz çeşitlilik bakımından en çeşitli ve dinamik ekonomik yapılardan birine sahiptir. Bunun yanı sıra, Ar-Ge harcamalarında ve Ar-Ge insan gücü seviyesinde de en üst sırada yer almaktadır. Bu durum, TR1 bölgesinin hem sanayi hem de hizmet sektörlerinde derinleşmiş bir ekonomik yapıya ve Ar-Ge alanında güçlü bir altyapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Batı Anadolu ve Ege bölgeleri de benzer şekilde ekonomik çeşitlilik ve Ar-Ge yatırımları açısından güçlü bölgelerdir. Batı Anadolu, ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilikte yüksek değerlere sahip olup, Ar-Ge harcamalarında ve insan gücü açısından İstanbul'dan sonra en iyi performansı sergileyen bölgedir. Ege bölgesi de ilişkili çeşitlilik ve ilişkisiz çeşitlilik verilerinde ortalamanın üzerinde bir çeşitlilik yapısına sahip olmakla birlikte, Ar-Ge harcamaları ve Ar-Ge insan gücü açısından oldukça iyi bir konumdadır.

Doğu Marmara bölgesi de özellikle sanayi yoğunluğu sayesinde hem ilişkili hem de ilişkisiz çeşitlilik açısından iyi durumdadır. Ayrıca, Ar-Ge harcamaları ve insan gücü bu bölgede de iyi durumdadır. Ancak, Kuzeydoğu Anadolu, Ortadoğu Anadolu ve Doğu Karadeniz gibi daha az gelişmiş bölgelerde, ekonomik çeşitlilik ve Ar-Ge yatırımları daha sınırlıdır. Örneğin,

Kuzeydoğu Anadolu'nun ilişkili çeşitlilik (21,322) ve ilişkisiz çeşitlilik (37,336) seviyeleri diğer bölgelere göre daha düşüktür. Bu bölgelerde Ar-Ge harcamaları ve insan gücü de görece daha azdır. Özellikle Ortadoğu Anadolu ve Kuzeydoğu Anadolu, en düşük çeşitlilik ve Ar-Ge performansını sergilemektedir. Genel olarak, Türkiye'deki bölgesel farklılıklar, büyük ekonomik merkezlerde daha çeşitli ve Ar-Ge yoğun bir yapı varken, doğu ve iç bölgelerde bu tür yatırımların ve çeşitliliğin daha düşük seviyelerde olduğunu göstermektedir.

Şekil 2. Düzey-1 Bölgeleri Kapsamında İlişkili Çeşitlilik, İlişkisiz Çeşitlilik, Gayri Safi Ar-Ge Harcaması Ve Ar-Ge İnsan Gücü



Tablo 3'de çalışmada kullanılan modellere ait yatay kesit bağımlılığı testi ve homojenlik test sonuçları verilmektedir.

Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Eğitim Homojenliği Analiz Sonuçları

Model	Pesaran (2004) CD Testi		Blomquist Ve Westerlund (2013) Testi	
	İstatistik	Olasılık	Düzeltilmiş Delta	Olasılık
Model 1	4.60	0.000	-3.536	0.000

Model 2	5.79	0.000	-2.752	0.006
---------	------	-------	--------	-------

Not: Pesaran (2004) CD testi H_0 : Yatay kesit bağımsızlığı vardır, H_1 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur. Blomquist ve Westerlund (2013) testi H_0 : Eğim katsayıları homojendir, H_1 : Eğim katsayıları heterojendir.

Tablo 3'teki sonuçlar incelendiğinde, Pesaran (2004) CD testi analizine göre Model 1 ve Model 2'nin yatay kesit bağımlılığına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, Tablo 3'e göre Model 1 ve Model 2'nin eğim katsayılarının heterojen olduğu yönündeki alternatif hipotez, %1 anlamlılık düzeyinde kabul edilmiştir. Model 1 ve Model 2 için hem yatay kesit bağımlılığı hem de eğim heterojenliğinin tespit edilmesinin ardından, bu iki duruma uygun olarak CIPS birim kök testi uygulanmıştır. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlar Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Panel Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	Sabitli Model		Sabitli ve Trendli Model	
	Düzeyde	Sonuç	Düzeyde	Sonuç
LNARGE1	-3.079***	I(0)	-3.151**	I(0)
LNARGE2	-3.027***	I(0)	-3.101**	I(0)
LNGDP	-3.059***	I(0)	-5.317***	I(0)
H	-2.903***	I(0)	-4.735***	I(0)
LNE	-3.467***	I(0)	-3.119**	I(0)
İC	-2.446**	I(0)	-2.470	I(1)
İNC	-2.918***	I(0)	-4.351***	I(0)

Not: *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Sabitli modelde, %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerindeki kritik değerler sırasıyla; -2,24, -2,42 ve -2,77 şeklindedir. Sabitli ve trendli modelde, %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerindeki kritik değerler sırasıyla -2,86, -3,08 ve -3,54 şeklindedir. Pesaran (2007) birim kök H_0 : Birim kök vardır.

Tablo 4'de sunulan Pesaran (2007) panel birim kök testi sonuçları, tüm değişkenlerin sabitli modelde düzeyde durağan olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, sabitli ve trendli modelde ise İC değişkeni hariç tüm değişkenlerin düzeyde durağan olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5'de, Türkiye'de Düzey 1 bölgelerinde ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin sırasıyla Ar-Ge insan gücü ve Ar-Ge harcamaları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla Model 1 ve Model 2'nin dahil edildiği sabit etkiler tahmin sonuçları raporlanmaktadır. Öncelikle, çalışmada panel veri analizi için sabit etkiler modeli mi yoksa rastgele etkiler modeli mi kullanılacağına karar vermek amacıyla Hausman (1978) testi uygulanmıştır. Tablo 5'te gösterilen Hausman (1978) test sonuçlarına göre, Model 1 ve Model 2'nin olasılık değerleri %1 anlamlılık düzeyinin altında kalmaktadır. Bu doğrultuda, boş hipotez reddedilmiş ve her iki model için de alternatif model kabul edilmiştir. Dolayısıyla, çalışmada sabit etkiler modelini kullanmak her iki model için de uygundur. Ayrıca, Hausman (1978) testinden elde edilen sonuçlar Baltagi'nin (2021) sabit ve rastgele etkiler modeli

seçimine dair çıkarımları ile de uyum göstermektedir. Tablo 5’de Model 1’de, kişi başına düşen GSYİH (LNGDP) katsayısı pozitif ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum, bölgelerin kişi başına gelir düzeyi arttıkça Ar-Ge harcamalarının da arttığını göstermektedir. Ancak, beşeri sermaye (H) ve girişim sayıları (LNE) anlamlı sonuçlar vermemiştir. Bu durum, beşeri sermaye ve girişim sayılarının Türkiye’nin Düzey-1 bölgelerinde Ar-Ge harcamaları üzerinde doğrudan belirleyici olmadığına işaret etmektedir. İlişkili çeşitlilik (İC) değişkeni negatif yönde ancak anlamlı değilken, ilişkisiz çeşitlilik (İNC) pozitif yönde fakat yine anlamlı değildir.

Tablo 5. Sabit Etkiler Analiz Sonuçları

Değişken	Model 1, Bağımlı değişken LANARGE1		Model 2, Bağımlı değişken LANARGE2	
	Katsayı	Olasılık	Katsayı	Olasılık
LNGDP	1.1285	0.000	-0.0713	0.216
H	-0.0008	0.950	0.0999	0.000
LNE	1.0074	0.356	-0.1281	0.759
İC	-0.0144	0.224	0.0130	0.036
İNC	0.0040	0.594	-0.0027	0.362
R2	0.8368		0.5561	
F-istatistik	692.17	0.000	426.77	0.000
Hausman test	123.582523	0.000	126.004063	0.000

*Not: Tahmin edilen modeller, değişen varyans ve otokorelasyona göre düzeltilmiştir. Hausman testi HO: Rastgele etkiler modeli uygundur, H1: Sabit etkiler modeli uygundur. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.*

Tablo 5’de yer alan sonuçlara göre Model 2’de kişi başına GSYİH (LNGDP) katsayısı negatif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı değilken, beşeri sermaye (H) katsayısı pozitif ve %1 anlamlılık düzeyindedir. Bu durum, eğitim düzeyi yüksek olan bölgelerde Ar-Ge insan gücünün arttığını göstermektedir. Girişim sayıları (LNE) ise negatif bir etkide bulunmasına rağmen anlamlı değildir. İlişkili çeşitliliğin (İC) katsayısı pozitif ve %5 anlamlılık düzeyinde bulunmuştur. Bu doğrultuda, ilişkili çeşitliliğin Ar-Ge insan gücü üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. İlişkisiz çeşitliliğin (İNC) katsayısı ise negatif işarete sahip olmasına rağmen anlamlı bulunamamıştır.

Genel olarak sonuçlar, kişi başına düşen GSYİH’nin Ar-Ge harcamaları üzerinde önemli bir etkisi olduğunu, ancak Ar-Ge insan gücü üzerinde anlamlı olmadığını göstermektedir. Beşeri sermaye, Ar-Ge insan gücü açısından kritik bir faktör iken, girişim sayıları her iki modelde de anlamlı bir etkide bulunmamıştır. İlişkili çeşitlilik Ar-Ge insan gücü üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahipken, ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik Ar-Ge harcamaları üzerinde anlamlı bir etki yaratmamıştır.

Çalışmanın modelleri sabit etkiler yöntemi ile tahmin edildikten sonra, bulguların sağlamlığını test etmek amacıyla HPJ yaklaşımı kullanılarak tahminler yapılmıştır. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar, Tablo 4 ve Tablo 5'te raporlanmıştır.

Tablo 6'da yer alan HPJ analiz sonuçlarına göre, $\dot{I}C$ ile $LNARGE1$ arasında anlamlı bir Granger nedensellik tespit edilmiştir. $\dot{I}C$, $LNARGE1$ 'i pozitif yönde etkilerken, benzer şekilde $LNARGE1$ de $\dot{I}C$ üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir. Ancak, $\dot{I}NC$ 'den $LNARGE1$ 'e doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmazken, $LNARGE1$ 'den $\dot{I}NC$ 'ye doğru bir nedensellik tespit edilmiştir. Diğer yandan, $LNARGE1$ ile $LNGDP$ arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu bağlamda, HPJ tahmin sonuçları, $LNGDP$ 'nin $LNARGE1$ üzerinde negatif bir etkisi olduğunu, ancak $LNARGE1$ 'in de $LNGDP$ 'yi negatif yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, H ve $LNARGE1$ arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir; HPJ sonuçlarına göre, bu iki değişkenin birbirini negatif yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, LNE ile $LNARGE1$ arasında da çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir ve her iki değişken de birbirini pozitif yönde etkilemektedir.

Tablo 6. Değişkenler Kapsamında HPJ Analiz Sonuçları

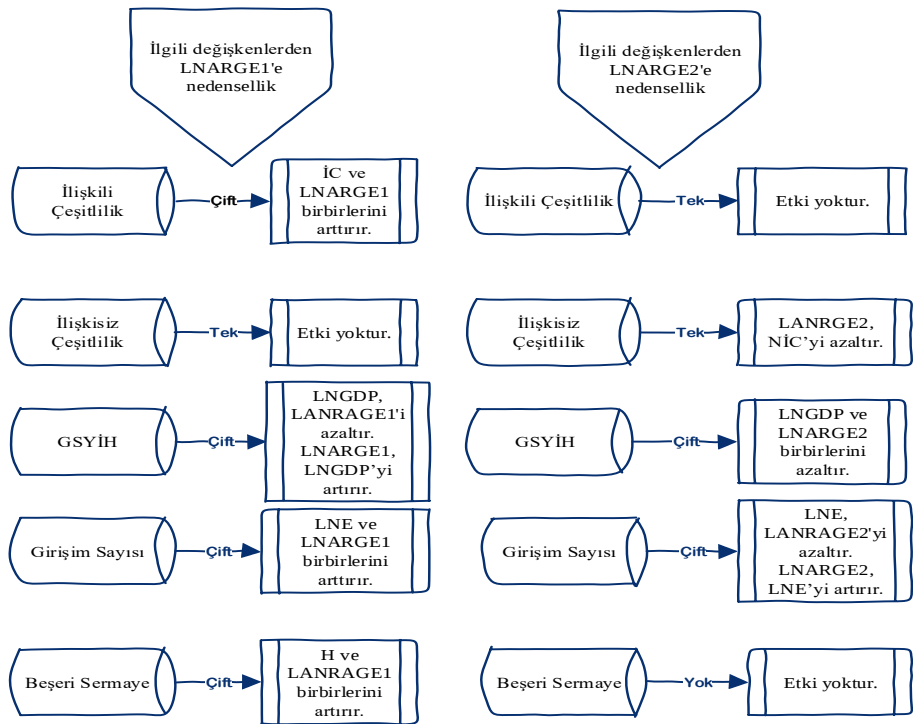
Model 1	Granger Nedensizlik Testi			HPJ Tahmincisi	
	Gecikme	HPJ Wald istatistik	Olasılık	Katsayı	Olasılık
$\dot{I}C \rightarrow LNARGE1$	1	6.73***	0.0094	0.0207***	0.009
$LNARGE1 \rightarrow \dot{I}C$	3	155.26***	0.0000	4.8338**	0.040
$\dot{I}NC \rightarrow LNARGE1$	1	0.0009	0.9766	-0.0003	0.977
$LNARGE1 \rightarrow \dot{I}NC$	3	22.24***	0.0001	-4.5305	0.289
$LNGDP \rightarrow LNARGE1$	1	22.35***	0.0000	-0.3544***	0.000
$LNARGE1 \rightarrow LNGDP$	1	110.82***	0.0000	0.6691***	0.000
$LNARGE1 \rightarrow H$	1	21.73***	0.0000	-0.2899***	0.000
$H \rightarrow LNARGE1$	1	345.96***	0.0000	-0.2996***	0.000
$LNARGE1 \rightarrow LNE$	1	35.90***	0.0000	0.0207***	0.000
$LNE \rightarrow LNARGE1$	1	61.94***	0.0000	3.5354***	0.000
Model 2					
$LNARGE2 \rightarrow \dot{I}C$	3	110.99***	0.0000	-0.2524	0.965
$\dot{I}C \rightarrow LNARGE2$	1	0.013	0.9085	-0.0002	0.909
$LNARGE2 \rightarrow \dot{I}NC$	3	24.93***	0.0000	-19.701***	0.000

$\dot{N}IC \rightarrow LNARGE2$	1	3.53*	0.0602	-0.00143*	0.060
$LNARGE2 \rightarrow LNGDP$	1	22.75***	0.0000	-0.9157***	0.000
$LNGDP \rightarrow LNARGE2$	1	515.62***	0.0000	-0.4049***	0.000
$LNARGE2 \rightarrow H$	1	0.26	0.6075	-0.229	0.608
$H \rightarrow LNARGE2$	1	1.23	0.2671	0.0059	0.267
$LNARGE2 \rightarrow LNE$	1	93.01***	0.0000	0.0603***	0.000
$LNE \rightarrow LNARGE2$	1	5.13**	0.0234	-0.1899**	0.023

Not: Gecikme sayıları BIC seçimini temsil etmektedir. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini temsil etmektedir.

Tablo 6'da raporlanan analiz sonuçlarına göre, LNARGE2'den İC'ye doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. HPJ sonuçları, LNARGE2'nin İC'yi Granger-nedenselliği ile negatif yönde etkilediğini göstermektedir. Buna karşın, İC'den LNARGE2'ye doğru anlamlı bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır; yani İC'nin LNARGE2 üzerinde bir etkisi yoktur. LNARGE2 ile $\dot{N}IC$ arasında da %5 anlamlılık düzeyinde tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir; LNARGE2'nin $\dot{N}IC$ 'i negatif yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Ancak, $\dot{N}IC$ 'ten LNARGE2'ye doğru zayıf bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. LNARGE2'nin LNGDP üzerinde anlamlı ve negatif bir etkisi olduğu, aynı şekilde LNGDP'nin de LNARGE2 üzerinde negatif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir, bu da iki değişken arasında karşılıklı negatif bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, LNARGE2'nin H üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamış, H'nin de LNARGE2 üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Son olarak, LNARGE2'nin LNE'yi pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Buna karşılık, LNE'nin LNARGE2 üzerinde anlamlı ve negatif bir etkisi bulunmaktadır. Bu sonuçlar, LNARGE2 ile LNE arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi olduğunu, ancak bu ilişkinin yönlerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır; biri pozitif, diğeri ise negatiftir. Tablo 6'dan elde edilen sonuçların genel bir özeti Şekil 3'de toplu bir şekilde gösterilmiştir.

Şekil 3. Değişkenler Kapsamında Yapılan HPJ Analiz Sonuçlarının Özeti



Tablo 7'de gösterilen sonuçlara göre, Model 1'deki bağımsız değişkenlerin LNARGE1 bağımlı değişkenine doğru nedensellik ilişkisinin olmadığına dair boş hipotez reddedilmiş ve nedensellik ilişkisi kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, HPJ tahmin sonuçları, İC değişkeninin LNARGE1 üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu, NİC'in ise LNARGE1'i negatif yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, LNGDP ve LNE değişkenlerinin LNARGE1 üzerinde pozitif etkileri tespit edilmiştir. Diğer yandan, H değişkeni LNARGE1 üzerinde negatif bir etkiye sahiptir.

Tablo 7. Modeller Kapsamında HPJ Analiz Sonuçları

Granger nedensizlik testi		HPJ tahmincisi		
Model 1, bağımlı değişken LNARGE1(gecikme sayısı 1)				
HPJ Wald istatistik	Olasılık	Değişken	Katsayı	Olasılık
4.0e+03***	0.0000	İC	-0.007096	0.344
		NİC	-0.0118932*	0.050
		LNGDP	2.092942***	0.000
		LNE	5.94993***	0.000
		H	-0.577698***	0.000
Model 2, bağımlı değişken LNARGE2(gecikme sayısı 1)				
394.5474***	0.0000	İC	0.0117299***	0.007

NİC	-0.0024982	0.427
LNGDP	-0.657395***	0.000
LNE	-1.735553***	0.000
H	0.0493797***	0.000

Not: Gecikme sayıları BIC seçimini temsil etmektedir. *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini temsil etmektedir. Granger nedensizlik testi; H0: Seçilen bağımsız değişkenler bağımlı değişkeni Granger-nedenselliği ile etkilemez. H1: H0 reddedilir.

Tablo 7’de yer alan Model 2’ye ait sonuçlara göre, bağımsız değişkenlerin LNARGE2’ye doğru nedenselliğin olduğu hipotez kabul edilmektedir. HPJ tahmini sonucu elde sonuçlar ise İC ve H değişkenlerinin LNARGE2’yi pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Buna karşın, LNGDP ve LNE değişkenleri LNARGE2 üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. NİC’in ise LNARGE2 üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

HPJ test sonuçlarına göre ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin %5 anlamlılık düzeyinde Ar-Ge harcamaları üzerinde bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bunun yanında Ar-Ge harcamaları üzerinde, GSYİH ve girişim sayıları pozitif, beşeri sermayeni ise negatif bir etkisi vardır. Yine HPJ test sonuçları incelendiğinde Ar-Ge insan gücü üzerinden ilişkisiz çeşitliliğin etkisi yokken, ilişkili çeşitlilik ise pozitif olarak etki etmektedir. Ayrıca, GSYİH ve girişim sayıları Ar-Ge insan gücünü negatif etkilemektedir. Beşer, sermaye ise Ar-Ge insan gücünü arttırmaktadır.

Sabit etkiler modeli ve HPJ sonuçları karşılaştırıldığında, bazı benzerlikler ve farklılıklar göze çarpmaktadır. Sabit etkiler modeline göre, kişi başına düşen GSYİH’nın Ar-Ge harcamaları üzerinde anlamlı bir etkisi bulunurken, Ar-Ge insan gücü üzerinde bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşılık, HPJ test sonuçları, GSYİH’nın Ar-Ge harcamaları üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu doğrularken, Ar-Ge insan gücünü negatif yönde etkilediğini göstermektedir. Her iki analizde de girişim sayılarının Ar-Ge harcamaları üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamakla birlikte, HPJ test sonuçları girişim sayılarının Ar-Ge insan gücü üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Beşeri sermaye ise her iki modelde de Ar-Ge insan gücü açısından kritik bir faktör olarak öne çıkmış, sabit etkiler modelinde olduğu gibi HPJ sonuçlarında da Ar-Ge insan gücünü artırdığı tespit edilmiştir. İlişkili çeşitlilik her iki modelde de Ar-Ge insan gücü üzerinde pozitif bir etki gösterirken, Ar-Ge harcamaları üzerinde sabit etkiler modelinde anlamlı bulunmayan bu değişkenin, HPJ test sonuçlarında da benzer şekilde %5 anlamlılık düzeyinde etkisiz olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç

Bu çalışma, Türkiye’nin Düzey-1 bölgelerinde 2010-2022 dönemi için ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge faaliyetleri üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Çalışmada ilgili analiz sabit etkiler ve HPJ yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. İlişkili çeşitlilik, teorik olarak bilgi yayılımı ve inovasyon

süreçlerini destekleyerek Ar-Ge faaliyetlerini teşvik eden bir faktör olarak görülse de, çalışmanın bulgularında Ar-Ge harcamaları üzerindeki etkisi anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuç, özellikle literatürde ilişkili çeşitliliğin inovasyon ve Ar-Ge yoğunluğu üzerindeki olumlu etkilerine işaret eden çalışmalarla (Frenken vd., 2007; Castaldi vd., 2015) bir çelişmektedir. Örneğin, Aarstad vd. (2016) ve Tavassoli ve Carbonara (2014) gibi araştırmalar, ilişkili çeşitliliğin ürün inovasyonu ve patent sayıları üzerinde olumlu ve anlamlı etkiler yarattığını belirtmektedir. Benzer şekilde, Fritsch ve Kublina (2018) Batı Almanya'da ilişkili çeşitliliğin bölgesel büyüme ve Ar-Ge faaliyetleri üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Ancak, çalışmanın bulguları ilişkili çeşitliliğin Ar-Ge harcamaları üzerindeki negatif ve anlamsız etkisi, Türkiye'nin Düzey-1 bölgelerinin yapısal farklılıkları ve çeşitlilikten kaynaklanan bilgi yayılımının henüz yeterli düzeyde olmaması bu sonucu açıklayabilir.

Öte yandan, ilişkisiz çeşitlilik değişkeni Ar-Ge insan gücü üzerinde pozitif, ancak anlamlı olmayan bir etki göstermiştir. Literatürde, ilişkisiz çeşitliliğin radikal inovasyonlara olanak sağlayabileceği ve uzun vadede yapısal dönüşümlerle yenilikçi atılımlar yapabileceği belirtilse de (Castaldi vd., 2015; Boschma, 2017), bu çalışmanın bulguları, Türkiye'nin Düzey-1 bölgelerinde bu etkinin henüz gözlemlenmediğini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, ilişkisiz çeşitlilik Ar-Ge insan gücü üzerinde pozitif, ancak anlamlı olmayan bir etkisi, bazı literatürle paralellik göstermektedir. Örneğin, Mascarini vd. (2021) Brezilya üzerine yaptıkları çalışmada, ilişkisiz çeşitliliğin radikal yenilikleri teşvik ettiğini, ancak Ar-Ge insan gücü üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Ancak Castaldi vd. (2015) ABD eyaletleri üzerinde yaptıkları çalışmada, yüksek düzeyde ilişkisiz çeşitliliğin yenilik üzerinde pozitif ve anlamlı etkiler yarattığını bulmuşlardır. Bu sonuç ise, çalışmadaki anlamsız bulgularla uyumsuz olmaktadır. İlişkisiz çeşitliliğin, bölgeler arasında bilgi yayılımını sınırlayabileceği ve bu durumun Ar-Ge yatırımları üzerindeki etkisinin olumsuz olabileceği öngörülmektedir.

Antonietti ve Gambarotto (2020) gibi bazı çalışmalar da, ilişkisiz çeşitliliğin yenilikçi girişimleri teşvik ettiğini göstermektedir. Bu bağlamda, çalışmada ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge harcamaları ve insan gücü üzerinde anlamlı bir etkisinin olmaması, Türkiye'nin Düzey-1 bölgelerinde bu çeşitliliğin etkisinin henüz tam anlamıyla açığa çıkmadığını ya da bu bölgelerde radikal yeniliklerin sınırlı olduğunu gösterebilir. Son olarak, literatürde birçok çalışma, çeşitlilik türlerinin etkilerinin coğrafi bağlamlara göre değiştiğini vurgulamaktadır. Örneğin, Boschma (2017), ilişkili ve ilişkisiz yetkinliklerin bir araya gelmesiyle yeniliklerin ortaya çıktığını belirtirken, Plunket ve De Waldemar (2023) Fransa'da ilişkili teknolojilerin yeniden kullanılmasıyla kademeli yeniliklerin teşvik edildiğini vurgulamaktadır. Çalışmanın literatürdeki bazı bulgularla uyumlu olsa da, ilişkili çeşitliliğin Ar-Ge insan gücü üzerindeki pozitif etkisi ve ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge harcamaları üzerindeki anlamsız etkisi bazı çalışmalardan

farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar, Türkiye'nin Ar-Ge ekosistemindeki dinamiklerin farklı olmasından kaynaklanıyor olabilmektedir. Türkiye'nin Düzey-1 bölgelerinde ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliklerin Ar-Ge üzerindeki etkilerinin sınırlı kalması, bölgesel heterojenliğin bu etkilerde belirleyicisi olduğunu ve Türkiye'de çeşitliliğin yenilik süreçlerine tam olarak entegre edilmediğini gösterebilir. Türkiye'de ilişkili ve ilişkisiz üzerine yapılan çalışmalar (Falcıoğlu, 2011; Akgüngör vd., 2013; Çınar, 2024) genellikle tüm sektörler için tek bir ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik değeri sunmakta ve bu analizler Düzey-2 ve Düzey-3 bölgelerine dayanmaktadır. Ancak, Türkiye'de ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin hangi sektörlerde yoğunlaştığı ve bu sektörlerin teknoloji düzeyleri, ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge harcamaları üzerindeki istatistiksel olarak anlamsız ilişkisinin anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Örneğin, ilişkili çeşitlilik tarım sektöründe yoğunlaşmışsa, bu çeşitliliğin Ar-Ge harcamalarına etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olması beklenebilir. Çünkü, Çınar'ın (2017) belirttiği üzere, gelişmiş ülkelerin aksine, Türkiye'de tarımsal Ar-Ge faaliyetleri özel sektör tarafından değil, üniversiteler ve kamu kurumları tarafından yürütülmektedir. Bu durum, Türkiye'deki tarım üreticilerinin ciddi bir Ar-Ge kapasitesi eksikliği yaşadığını göstermektedir. Dolayısıyla, ilişkili ve ilişkisiz çeşitlilik ile Ar-Ge harcamaları arasındaki istatistiksel ilişkinin daha net ortaya konulabilmesi için bundan sonraki çalışmaların hangi sektörlerde ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin yüksek olduğunu ortaya koyması faydalı olacaktır.

İlişkili çeşitliliğin Ar-Ge insan gücü üzerindeki olumlu etkisi, bilgi yayılımını ve karşılıklı öğrenmeyi teşvik eden politikaların önemine işaret ederken, Türkiye'nin Düzey-1 bölgelerinde ilişkili sektörler arasında daha güçlü entegrasyon sağlayacak bölgesel iş birliği platformları ve inovasyon ağlarının oluşturulması gerektiğini göstermektedir. İlişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge harcamaları üzerindeki olumsuz etkisi ise, farklı sektörler arasındaki bilgi akışlarının sınırlı olduğunu ve bu durumun verimlilik artışını engelleyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, ilişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin dengeli bir şekilde teşvik edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Özellikle ilişkisiz çeşitliliğin yaratabileceği radikal inovasyon fırsatları göz önünde bulundurularak, uzun vadeli yapısal dönüşümlere katkı sağlayacak yenilik politikalarının geliştirilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, Türkiye'nin Düzey-1 bölgeleri arasındaki farklılıklar da dikkate alınarak, İstanbul ve Ankara gibi büyük şehirlerin ön plana çıktığı, diğer bölgelerde çeşitliliğin etkilerinin daha sınırlı kaldığı gözlemlenmiştir. Bu farklılıklar, daha az gelişmiş bölgelerde inovasyon kapasitesini artırmaya yönelik spesifik stratejilerin önemine işaret etmektedir.

İleriye dönük olarak, bu çalışmanın metodolojik katkıları, uzun vadeli bölgesel etkilerin daha net bir şekilde anlaşılmasını sağlarken, gelecek araştırmaların daha geniş veri setleri ve sektörler arası etkileşimleri inceleyen mikro düzey analizlerle sonuçları güçlendirebileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak, Türkiye'nin bölgesel dinamiklerinin çeşitlilik türlerinin Ar-Ge

faaliyetlerine olan etkilerini önemli ölçüde etkilenmektedir. İlişkili çeşitliliğin Ar-Ge insan gücü üzerindeki olumlu etkisi ve ilişkisiz çeşitliliğin Ar-Ge harcamaları üzerindeki olumsuz etkisi, bu bölgelerdeki yenilik ekosisteminin çeşitlilikle olan etkileşimini anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye'nin bölgesel kalkınma stratejilerinde çeşitlilik türlerinin rolü daha kapsamlı bir şekilde ele alınmalı ve politika yapıcılar, bölgelerin Ar-Ge kapasitelerini çeşitlendirme ve güçlendirme yönünde stratejiler geliştirmelidir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız

Yazar Katkısı: Yusuf Ünsal: %100

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışma için destek alınmamıştır.

Etik Onay: Bu çalışma etik onay gerektiren herhangi bir insan veya hayvan araştırması içermemektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Çalışma ile ilgili herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Peer Review: Independent double-blind

Author Contributions: Yusuf Ünsal: 100%

Funding and Acknowledgement: No support was received for the study.

Ethics Approval: This study does not contain any human or animal research requiring ethical approval.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest with any institution or person related to the study.

Önerilen Atıf: Ünsal, Y. (2025). İlişkili ve ilişkisiz çeşitliliğin Ar-ge faaliyetleri üzerine etkisi: Türkiye düzey-1 bölgelerinden kanıtlar. *Akademik Hassasiyetler*, 12(27), 312-346. <https://doi.org/10.58884/akademik-hassasiyetler.1572389>

Kaynakça

- Aarstad, J., Kvitastein, O. A., & Jakobsen, S. E. (2016). Related and unrelated variety as regional drivers of enterprise productivity and innovation: A multilevel study. *Research Policy*, 45(4), 844-856.
- Abolhassani, M. (2024). Productivity spillovers of superior firms through worker mobility. *De Economist*, 172(1), 1-23.
- Adner, R., & Zemsky, P. (2016). Diversification and performance: Linking relatedness, market structure, and the decision to diversify. *Strategy Science*, 1(1), 32-55.
- Aghion, P., Akcigit U., & Howitt, P. (2014). Handbook of economic growth. P. Aghion & S. Durlauf (Ed). in *What do we learn from schumpeterian growth theory?* (p. 515-563). Oxford: North Holland.

- Ahamed, M. M., Luintel, K. B., & Mallick, S. K. (2023). Does local knowledge spillover matter for firm productivity? The role of financial access and corporate governance. *Research Policy*, 52(8), 104837.
- Akgüngör, S., Kuştepel, Y. & Gülcan, Y. (2013). An overview on industry clusters and the impact of related variety on regional performance in Turkey. *European Review of Industrial Economics and Policy*, 5, Erişim adresi: <http://revel.unice.fr/eriep/index.html?id=3533>.
- Antonelli, C. (2002). *Microdynamics of technological change*. London: Routledge.
- Antonietti, R., & Cainelli, G. (2011). The role of spatial agglomeration in a structural model of innovation, productivity and export: a firm-level analysis. *The Annals of Regional Science*, 46, 577-600.
- Antonietti, R., & Gambarotto, F. (2020). The role of industry variety in the creation of innovative start-ups in Italy. *Small Business Economics*, 54, 561-573.
- Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173.
- Asteriou, D., & Hall, S. G. (2021). *Applied econometrics* (Fourth edition). London: Macmillan Education Limited.
- Audretsch, D. B., & Belitski, M. (2020). The role of R&D and knowledge spillovers in innovation and productivity. *European Economic Review*, 123, 103391.
- Balassa, B. (1965). Trade liberalisation and “revealed” comparative advantage. *The Manchester School*, 33, 99–123
- Baltagi, B. H. (2021). *Econometric Analysis of Panel Data* (Sixth edition), Switzerland: Springer Texts in Business and Economics.
- Barboza, G., Capocchi, A., & Trejos, S. (2023). Knowledge Spillover Effects and Employment Productivity in the Innovative Startups: Evidence from Italy. *The Review of Regional Studies*, 53(2), 156-181.
- Bishop, P., & Gripiaios, P. (2010). Spatial externalities, relatedness and sector employment growth in Great Britain. *Regional Studies*, 44(4), 443–454.
- Blomquist, J. and J. Westerlund. 2013. Testing slope homogeneity in large panels with serial correlation. *Economics Letters*, 121, 374-378.
- Boschma R, & Iammarino, S. (2009). Related variety, trade linkages, and regional growth in Italy. *Economic Geography*, 85, 289–311.
- Boschma, R., Minondo, A., & Navarro, M. (2012). Related variety and regional growth in Spain: Related variety and regional growth. *Papers in Regional Science*, 91, 241–256
- Boschma, R., Minondo, A., & Navarro, M. (2013). The emergence of new industries at the regional level in Spain: A proximity approach based on product relatedness. *Economic Geography*, 89(1), 29-51.

- Boschma, R. (2017). Relatedness as driver of regional diversification: A research agenda. *Regional Studies*, 51(3), 351-364.
- Boschma, R., Miguelez, E., Moreno, R., & Ocampo-Corrales, D. B. (2023). The role of relatedness and unrelatedness for the geography of technological breakthroughs in Europe. *Economic Geography*, 99(2), 117-139.
- Castaldi, C., Frenken, K., & Los, B. (2015). Related variety, unrelated variety and technological breakthroughs: An analysis of US state-level patenting. *Regional Studies*, 49(5), 767-781.
- Choi, W., & Lee, H. (2021). Identifying disease-gene associations using a convolutional neural network-based model by embedding a biological knowledge graph with entity descriptions. *Plos One*, 16(10), e0258626.
- Content, J. & Frenken, K. (2016). Related variety and economic development: a literature review. *European Planning Studies*, 24(12), 2097–2112.
- Content, J., Frenken, K., & Jordaan, J. A. (2019). Does related variety foster regional entrepreneurship? Evidence from European regions. *Regional Studies*, 53(11), 1531–1543.
- Cooper, D. (2001). Innovation and reciprocal externalities: Information transmission via job mobility?. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 45, 403–425.
- Cortinovis, N., & Van Oort, F. (2015). Variety, economic growth and knowledge intensity of European regions: a spatial panel analysis. *The Annals of Regional Science*, 55(1), 7-32.
- Crescenzi, R., & Jaax, A. (2016). Innovation in Russia: The territorial dimension. *Economic Geography*, 93(1), 1–23.
- Çınar, T. (2017). Spatial dimensions of sectoral labor productivity convergence in Turkey: A spatial panel data approach. *Review of Middle East Economics and Finance*, 13(1), 20170006.
- Çınar, İ. T. (2023). İlişkili-ilişkisiz çeşitlilik ve gelir dağılımı: Türkiye’de düzey-2 bölgeleri için bir analiz. *İzmir İktisat Dergisi*, 38(1), 233-252.
- Çınar, İ. T. (2023). Regional development trap in Turkey: Can relatedness find a way out?. *Papers in Regional Science*, 102(4), 817-851.
- Çınar, İ. T., Korkmaz, İ., & Şişman, M. Y. (2023). Green complexity, economic fitness, and environmental degradation: evidence from US state-level data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(15), 43013-43023.
- Çınar, İ. T. (2024). Influence of product relatedness on provincial growth: comparative analysis of east–west discrepancies in Turkey. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 8(1), 267-290.
- Dasgupta, P., & Stiglitz, J. (1988). Learning-by-doing, market structure and industrial and trade policies. *Oxford Economic Papers*, 40(2), 246-268.

- Dettmann, E., Dominguez Lacasa, I., Günther, J., & Jindra, B. (2016). The importance of localized related variety for international diversification of corporate technology. *Regional Studies*, 50(10), 1648-1662.
- Dhaene, G., & Jochmans, K. (2015). Split-panel jackknife estimation of fixed-effect models. *The Review of Economic Studies*, 82(3), 991-1030.
- Duan, Y., Liu, S., Cheng, H., Chin, T., & Luo, X. (2021). The moderating effect of absorptive capacity on transnational knowledge spillover and the innovation quality of high-tech industries in host countries: evidence from the Chinese manufacturing industry. *International Journal of Production Economics*, 233, 108019.
- Ejdemo, T., & Örtqvist, D. (2020). Related variety as a driver of regional innovation and entrepreneurship: A moderated and mediated model with non-linear effects. *Research Policy*, 49(7), 104073.
- Elekes, Z., Boschma, R., & Lengyel, B. (2019). Foreign-owned firms as agents of structural change in regions. *Regional Studies*, 53(11), 1603–1613.
- Falcioğlu, P. (2011). Location and determinants of productivity: The case of the manufacturing industry Turkey. *Emerging Markets Finance and Trade*, 47(5), 86–96.
- Ferreira, J. J., Ratten, V., & Dana, L. P. (2017). Knowledge spillover-based strategic entrepreneurship. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 13, 161-167.
- Frenken K., Van Oort F., Verburg T. (2007). Related variety, unrelated variety and regional economic growth. *Regional Studies*, 41(5), 685–697.
- Fritsch M, & Kublina, S. (2018). Related variety, unrelated variety and regional growth: the role of absorptive capacity and entrepreneurship. *Regional Studies*, 52(10), 1360–1371.
- Gaulier, G. & Zignago, S. (2010) BACI: International Trade Database at the Product-Level. The 1995-2022 Version. *CEPII Working Paper*, N0: 2010-23.
- Grillitsch, M., Asheim, B., & Trippl, M. (2018). Unrelated knowledge combinations: the unexplored potential for regional industrial path development. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 11(2), 257-274.
- Gonçalves, E., de Matos, C. M., & de Araújo, I. F. (2019). Path dependent dynamics and technological spillovers in the Brazilian regions. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 12(3), 605–629.
- Gültekin, L., Yavan, N., & Kurul, Z. (2023). Evrimsel ekonomik coğrafya perspektifinden Türkiye’de bölgelerin ilişkili çeşitlilik dinamiklerine yönelik ampirik bir analiz. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 21(2), 616-659.

- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 46(6), 1251-1271.
- Hesse, K., & Fornahl, D. (2020). Essential ingredients for radical innovations? The role of (un-) related variety and external linkages in Germany. *Papers in Regional Science*, 99(5), 1165-1184.
- Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabási, A. L., & Hausmann, R. (2007). The product space conditions the development of nations. *Science*, 317, 482-487.
- Hidalgo, C. A. (2021). Economic complexity theory and applications. *Nature Reviews Physics*, 3(2), 92-113.
- Hartog, M., Boschma, R., & Sotarauta, M. (2012). The impact of related variety on regional employment growth in Finland 1993-2006: high-tech versus medium/low-tech. *Industry and Innovation*, 19(6), 459-476.
- Hassink, R., Klaerding, C., & Marques, P. (2014). Advancing evolutionary economic geography by engaged pluralism. *Regional Studies*, 48(7), 1295-1307.
- Hu, G. G. (2021). Is knowledge spillover from human capital investment a catalyst for technological innovation? The curious case of fourth industrial revolution in BRICS economies. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120327.
- Hu, F., Xi, X., & Zhang, Y. (2021). Influencing mechanism of reverse knowledge spillover on investment enterprises' technological progress: an empirical examination of Chinese firms. *Technological Forecasting and Social Change*, 169, 120797.
- Huang, Y., Fang, Y., & Gu, G. (2022). Innovation effect and regional difference of related variety: An empirical study based on prefecture-level city data of China. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 15(2), 441-454.
- Ishaq, A., Ali, M., & Naveed, S. (2024). Related or unrelated variety and economic growth of South Asian countries. *Journal of Asian and African Studies*, 59(2), 603-622.
- Juodis, A., Karavias, Y., & Sarafidis, V. (2021). A homogeneous approach to testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Empirical Economics*, 60, 93-112.
- Kublina, S., & Schiller, F. V. (2015). Related variety, unrelated variety and regional growth: Development patterns and role of absorptive capacity. *Regional Studies*, 20(1), 2-5.
- Le, N. L., & Bayrak, M. M. (2024). Highly-skilled migration, knowledge mobility, and knowledge mobility barriers: empirical evidence from Vietnamese migrants in the Lao construction sector. *GeoJournal*, 89(3), 1-15.

- Lin, T. X., Gozgor, G., Rather, K. N., Mahalik, M. K., & Lau, C. K. M. (2024). How do natural resource rents and productive capacity affect carbon emissions? Evidence from developed and developing countries. *Resources Policy*, 93, 105095.
- Mahn, D., & Poblete, C. (2023). Contextualizing the knowledge spillover theory of entrepreneurship: the Chilean paradox. *Entrepreneurship and Regional Development*, 35(1-2), 209-239.
- Mascarini, S., Garcia, R., Costa, A. R., dos Santos, E. G., & Araujo, V. (2021). Shaping the effects of related and unrelated variety on innovation. *Blucher Engineering Proceedings*, 2307-2322.
- Mascarini, S., Garcia, R., & Quatraro, F. (2023). Local knowledge spillovers and the effects of related and unrelated variety on the novelty of innovation. *Regional Studies*, 57(9), 1666-1680.
- Miguelez, E., & Moreno, R. (2018). Relatedness, external linkages and regional innovation in Europe. *Regional Studies*, 52(5), 688-701.
- Neffke, F., & Henning, M. (2013). Skill relatedness and firm diversification. *Strategic Management Journal*, 34(3), 297-316.
- Pan, Z. Z., & Liu, Y. H. (2014). Knowledge Spillover, Absorptive Ability and Performance of Firms in High-Tech Clusters. *Advanced Materials Research*, 845, 499-504.
- Park, J. I., & Choi, T. (2022). Related variety, unrelated variety, and R&D investment in the environmental industry. *Asian Journal of Technology Innovation*, 30(1), 90-105.
- Pata, U. K., Tekin, B., & Özbay, F. (2023). Empirical considerations on the reciprocal relationship between energy efficiency and leading variables: New evidence from OECD countries. *Energy and Buildings*, 284, 112857.
- Pata, U. K., Tiwari, A. K., & Erdogan, S. (2024). Technological innovation, globalization and ecological quality: A disaggregated ecological footprint approach for BRICS countries. *Journal of Environmental Management*, 370, 122518.
- Pesaran M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *CESifo Working Paper Series*, No: 1229.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Plechero, M., & Chaminade, C. (2016). Spatial distribution of innovation networks, technological competencies and degree of novelty in emerging economy firms. *European Planning Studies*, 24(6), 1056-1078.

- Plunket, A., & Starosta de Waldemar, F. (2023). Regional recombinant novelty, related and unrelated technologies: a patent-level approach. *Regional Studies*, 57(7), 1267-1288.
- Porter, M. (2003). The economic performance of regions. *Regional Studies*, 37, 549-578.
- Qin, X., Li, S., Xu, W., & Li, X. (2019). Which export variety matters for urban economic growth, related or unrelated variety?. *Sustainability*, 11(16), 4325.
- Romer, D. (2012). *Advanced Macroeconomics* (Fourth Edition). New York: McGraw Hill Companies Inc.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Saviotti, P. P., & Frenken, K. (2008). Export variety and the economic performance of countries. *Journal of Evolutionary Economics*, 18, 201-218.
- Sergio, I., Iandolo, S., & Ferragina, A. M. (2023). Inter-sectoral and inter-regional knowledge spillovers: The role of ICT and technological branching on innovation in high-tech sectors. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122728.
- Tavassoli, S., & Carbonara, N. (2014). The role of knowledge variety and intensity for regional innovation. *Small Business Economics*, 43(2), 493-509.
- Tomasz, M., & Paweł, D. (2021). Related and unrelated variety vs. basic labour market variables-regional analysis for Poland. *European Planning Studies*, 29(2), 221-240.
- TÜİK (2024). *Araştırma-Geliştirme faaliyetleri araştırması-2022*. 15 Ekim 2024 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Arastirma-Gelistirme-Faaliyetleri-Arastirmasi-2022-49408> adresinden edinilmiştir.
- TÜİK (2024). *Bölgesel istatistikler*. 16 Ekim 2024 tarihinde <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/sorguSayfa.do?target=degisken> adresinden edinilmiştir.
- Wang, Y., Pan, X., Li, J., & Ning, L. (2016). Does technological diversification matter for regional innovation capability? Evidence from China. *Technology Analysis and Strategic Management*, 28(3), 323-334.
- Xu, Y., Li, X., Tao, C., & Zhou, X. (2022). Connected knowledge spillovers, technological cluster innovation and efficient industrial structure. *Journal of Innovation and Knowledge*, 7(3), 100195.
- Xu, T., Xuan, Y., Yang, S., & Ding, C. J. (2024). Labour market mobility, knowledge diffusion, and firm innovation: empirical evidence from

Chinese industrial enterprise. *Technology Analysis and Strategic Management*, 1-14, <https://doi.org/10.1080/09537325.2024.2311282>.

Yang, N., Liu, Q., & Qi, Y. (2020). Does (un)-related variety promote regional innovation in China? Industry versus services sector. *Chinese Management Studies*, 14(3), 769-788.

Zabala-Iturriagoitia, J. M., Gómez, I. P., & Larracoechea, U. A. (2020). Technological diversification: a matter of related or unrelated varieties?. *Technological Forecasting and Social Change*, 155, 119997.

Extended Abstract

Innovation processes are intricately linked to a firm's ability to absorb and transform knowledge-related resources. It is widely acknowledged in the literature that innovation is rooted in the regional context and that the clustering of competencies plays a significant role in fostering innovation (Mascarini et al., 2023). An increase in local innovative efforts facilitates the spread of knowledge among local actors. Firms in regions with high research and development (R&D) expenditures are exposed to more complex and diversified knowledge flows, resulting in higher innovation potential (Audretsch and Belitski, 2020; Crescenzi and Jaax, 2016). Regional R&D investments enhance technological capabilities and improve knowledge absorption. Sectoral composition of regions can also amplify the effect of technological change, with sectoral interconnections facilitating the flow of knowledge across industries. However, the cognitive limitations of firms and their capacity to integrate knowledge may constrain this process. Therefore, diversity alone is not sufficient to stimulate innovation. Related variety, which reflects the potential for diversification based on knowledge similarities between industries, fosters knowledge spillovers and supports innovation processes (Frenken et al., 2007; Castaldi et al., 2015). In contrast, unrelated variety refers to the combination of distinct knowledge bases from different industries (Grillitsch et al., 2018).

In Turkey, R&D expenditures reached 198 billion TL in 2022, accounting for 1.32% of GDP, indicating a significant increase in the country's R&D capacity. Istanbul, Ankara, and TR42 regions (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova) are notable contributors to these expenditures, with similar trends in the concentration of R&D personnel. The rising share of technology-focused R&D activities further highlights the importance of high-tech investments for regional development strategies. However, the relationship between related and unrelated variety and R&D activities in the context of Turkey has not been thoroughly examined. This study aims to fill this gap by investigating the impact of related and unrelated variety on R&D activities in Turkey's Level-1 regions from 2010 to 2022.

The study adopts the ex post proximity approach presented by Hidalgo et al. (2007), which accounts for the complementarities between products in

terms of shared infrastructure and institutional needs. Product proximity is calculated using export data from the BACI database, which includes over 200 countries' exports classified under the Harmonized System (HS). After cleaning the dataset to remove noise, global proximity values were calculated for 132 countries and approximately 970 product groups. These values, combined with regional export data from the Turkish Statistical Institute (TUIK), were used to calculate the related and unrelated variety indices for Turkey's 12 Level-1 regions between 2010 and 2022.

Two models are employed in this study. First model focuses on regional gross R&D expenditures as the dependent variable, while second uses R&D personnel as the dependent variable. Explanatory variables in both models include GDP per capita, human capital (proxied by the number of university graduates), and the number of enterprises. The logarithms of the R&D, GDP, human capital, and enterprise data are taken to normalize the distribution, and all data are sourced from TUIK. Panel data analysis with fixed effects is used to estimate the models, as it is suitable for studies focusing on specific regions with common characteristics (Baltagi, 2021). To ensure robustness, the results of the fixed-effects model are verified using the Half Panel Jackknife (HPJ) method, which corrects for Nickell bias and provides consistent estimates.

Findings of the analysis revealed that GDP per capita significantly impacts R&D expenditures but has no meaningful effect on R&D personnel. Human capital emerges as a critical factor for R&D personnel, while the number of enterprises does not significantly affect either R&D expenditures or R&D personnel. Related variety has a positive and significant effect on R&D personnel, supporting the idea that knowledge diffusion across related industries fosters innovation and R&D capacity. However, neither related nor unrelated variety significantly influences R&D expenditures.

According to the HPJ test results, related and unrelated variety do not have a significant effect on R&D expenditures at the 5% significance level. Results show that while GDP per capita and the number of enterprises positively affect R&D expenditures, human capital negatively impacts them. Furthermore, related variety positively affects R&D personnel, whereas unrelated variety shows no effect. Additionally, GDP per capita and the number of enterprises negatively impact R&D personnel, while human capital positively influences R&D personnel. These findings suggest that the regional innovation system in Turkey's Level-1 regions benefits more from the diffusion of knowledge across related sectors, while unrelated variety has yet to demonstrate a substantial impact on the innovation ecosystem.

This study contributes to the literature by analyzing the effects of related and unrelated variety on R&D activities in Turkey's Level-1 regions for the 2010-2022 period. Results indicate that related variety positively influences R&D personnel, underscoring the importance of knowledge diffusion and regional collaboration. However, the lack of a significant relationship between both types of variety and R&D expenditures suggests

that the potential for knowledge spillovers across different industries may not be fully realized in Turkey. Findings also highlight that GDP per capita is a critical factor for R&D expenditures, while human capital plays a key role in determining R&D personnel.

The study's results underscore the need for policy interventions aimed at strengthening regional cooperation and fostering knowledge integration across related industries to boost innovation. In addition, development of strategies to encourage unrelated variety could pave the way for radical innovations in the long term. Future research could build on these findings by exploring sectoral interactions and regional heterogeneity in greater depth, ultimately contributing to a more comprehensive understanding of the role of diversity in regional innovation ecosystems. Findings highlight the need for policymakers to focus on strengthening regional R&D capacities and promoting balanced growth strategies to leverage both related and unrelated variety for sustainable innovation and development in Turkey.