

Açık Bilim ve Yeniden Üretilebilirlik: Çok Kriterli Karar Alma Vaka Çalışmasından Perspektifler*

Open Science and Reproducibility: Perspectives from a Multi-Criteria Decision-Making Case Study

Kemal YAYLA**, Haluk SOYUER***

Öz

Amaç: Bu çalışma, yeniden üretilebilirlik (reproducibility) ve çoğaltılabilirlik (replicability) kavramlarının nicel araştırmalarda nasıl uygulanabileceğini göstermeyi amaçlamaktadır. Kavramsal çerçeve olarak MRIR (Yöntemsel-Sonuçsal-Çıkarımsal Yeniden Üretilebilirlik) ve EDCR (Tam-Doğrudan-Kavramsal Yeniden Üretilebilirlik) modelleri kullanılmış ve somut bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) vakası üzerinden uygulanmıştır. Bu sayede Türkçe akademik yazındaki uygulamalı örnek eksikliğini gidermek ve açık bilim standartlarına tam uygun olmayan mevcut bir çalışmanın FAIR prensipleri doğrultusunda nasıl şeffaflaştırılabileceğini ortaya koymaktır.

Yöntem: Çalışmada, bir doktora tezinde TODIM yöntemiyle analiz edilmiş olan ürün önceliklendirme problemi metodolojik bir vaka olarak ele alınmıştır. İki aşamalı bir analiz deseni benimsenmiştir: İlk aşamada, orijinal TODIM analizi, tezde açıklanan algoritmalar kullanılarak R programlama dilinde yeniden üretilmiş ve MRIR modelinin yöntemsel ve sonuçsal boyutları test edilmiştir. İkinci aşamada ise EDCR modelinin kavramsal düzeyine uygun olarak, aynı veri seti üzerinde farklı bir yöntem (MARE) ve nesnel bir ağırlıklandırma tekniği (IDOCRIW) kullanılarak bağımsız bir analiz gerçekleştirilmiştir. Tüm süreç, şeffaflığı artırmak amacıyla geliştirilen interaktif web arayüzleri ve OSF üzerinden paylaşılan açık kaynak kodlarla desteklenmiştir.

Bulgular: Yeniden üretilebilirlik analizi, orijinal çalışmadaki alternatif sıralamasının ($A2 > A3 > A1$) birebir aynı kaldığını doğrulayarak metodolojik tutarlılığı göstermiştir. Çoğaltılabilirlik analizi ise sıralamanın korunmasına rağmen, TODIM yönteminin ürettiği deterministik skorların ardında yüksek düzeyde epistemik belirsizlik bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. MARE yöntemi, $A1$ ve $A3$ alternatifleri için neredeyse tüm karar uzayını kapsayan belirsizlik aralıkları (0,20-0,90) göstermiştir. Ayrıca, IDOCRIW ile hesaplanan nesnel ağırlıkların, orijinal çalışmadaki sübjektif ağırlıklardan kayda değer ölçüde farklılaştığı ve kriter önceliklerinde bir paradigma değişimine işaret ettiği gözlemlenmiştir.

Sonuç: Bu çalışma, yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik ilkelerinin teorik modellerle uyumlu bir şekilde pratiğe aktarılmasına yönelik bütünlük bir metodoloji sunmakta ve Türkiye literatürüne bu alanda somut bir katkı sağlamaktadır. Bulgular, farklı yöntemlerin aynı olguyu incelerken deterministik sonuçlar ve epistemik belirsizlikler gibi gerçekliğin farklı boyutlarını

* Bu makale, Kemal Yayla'nın "Müşteri Yönelimli Stratejik Kararlar için Çok Kriterli Dilsel Karar Destek Sistemi Önerisi" isimli yayımlanmamış doktora tezinden üretilmiştir.

This article is based on Kemal Yayla's unpublished doctoral dissertation, "A linguistic multi-criteria decision support system for customer oriented strategic decisions."

** İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal ve Beşerî Bilimler Fakültesi, Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü, İzmir, Türkiye. E-posta: kemal.yayla@ikcu.edu.tr
İzmir Kâtip Çelebi University, Social Sciences and Humanities Faculty, Department of Information Management, İzmir, Türkiye. E-mail: kemal.yayla@ikcu.edu.tr

*** Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İzmir, Türkiye. E-posta: haluk.soyuer@ege.edu.tr
Ege University, Faculty of Economics and Business Administration, Department of Operations Management and Marketing, İzmir, Türkiye. E-mail: haluk.soyuer@ege.edu.tr



görünür kılabileceğini, dolayısıyla çoğaltma girişimlerinde sadece sonuç tutarlılığının değil, yöntemsel tamamlayıcılığın da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. "Geriye dönük şeffaflaştırma" uygulaması, mevcut akademik birikimin açık bilim standartlarına kazandırılması için uygulanabilir bir model önermektedir.

Özgünlük: Bu çalışma, Türkiye bağlamındaki somut bir ÇKKV problemi üzerinden, yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik kavramlarını MRIR ve EDCR gibi güncel teorik çerçevelerle entegre ederek inceleyen ilk uygulamalı örneklerden biridir. Verileri paylaşılmamış bir çalışmayı açık bilim prensipleri doğrultusunda geriye dönük şeffaflaştırma sürecini belgelemesi ve farklı yöntemlerin ortaya çıkardığı epistemik belirsizliği nicel olarak göstermesi açısından özgün bir değer taşımaktadır.

Anahtar Sözcükler: Yeniden üretilebilirlik; Çoğaltılabilirlik; Çok kriterli karar verme; MRIR; EDCR

Abstract

Purpose: This study aims to show how reproducibility and replicability concepts can be applied in quantitative research. The MRIR (Methods-Results-Inferential Reproducibility) and EDCR (Exact-Direct-Conceptual Reproducibility) models were used as conceptual frameworks and applied through a specific Multi-Criteria Decision Making (MCDM) case. This approach fills a gap in practical examples in Turkish academic literature and demonstrates how existing studies that do not fully adhere to open science standards can be made transparent in line with FAIR principles.

Method: In this regard, the MCDM analysis in a doctoral thesis (Yayla, 2017), which was not previously published in full compliance with open science standards, was considered as a "methodological case". A two-phase analytical approach was employed: In the first phase, the original TODIM analysis was recreated in R using the algorithms from the dissertation, and the MRIR model's methods and results were evaluated. In the second phase, in line with the EDCR model, a separate analysis was conducted on the same data using a different method (MARE) and a specific weight assignment method (IDOCRIW). The entire process was supported by interactive web interfaces developed to improve transparency and was complemented by open-source code shared via OSF.

Findings: The reproducibility analysis confirmed methodological consistency by verifying that the alternative ranking from the original study ($A2 > A3 > A1$) remained unchanged. The replicability analysis showed that, despite preserving the ranking, substantial epistemic uncertainty underlies the deterministic scores produced by the TODIM method. The MARE method displayed uncertainty intervals (0.20-0.90) that covered nearly the entire decision space for alternatives A1 and A3. Additionally, it was observed that the objective weights calculated using IDOCRIW differed significantly from the subjective weights in the original study, indicating a paradigm shift in criterion priorities.

Implications: This study introduces an integrated approach to translating the principles of reproducibility and replicability into practice, grounded in theoretical models, making a solid contribution to the Turkish literature in this area. The findings show that different methods can uncover various dimensions of reality—such as deterministic results and epistemic

uncertainties—when examining the same phenomenon. This suggests that replication efforts should assess not just result consistency but also methodological complementarity. The “retrospective transparency” approach offers a practical model for turning existing academic work into resources that align with open science standards.

Originality: *This study is one of the first practical examples to examine the concepts of reproducibility and replicability by integrating them with contemporary theoretical frameworks such as MRIR and EDCR, using a specific MCDM problem in the Turkish context. It is especially valuable for documenting the process of retrospectively revealing transparency in a study whose data were not originally shared, in line with open science principles, and for quantitatively demonstrating the epistemic uncertainty revealed by different methods.*

Keywords: *Reproducibility; Replicability; Multi-criteria decision making; MRIR; EDCR*

Giriş

Bilimsel ilerleme, yerleşik kabulleri sınanan yeni kanıtların üretimiyle mümkündür. Bu doğrultuda, özgün ve "şaşırtıcı" sonuçlara yönelik teşvikler akademik çevrede giderek belirginleşmiştir (Schmidt, 2009). Yayınlar, bireysel kariyer kararlarından kurumsal performans değerlendirmelerine uzanan geniş bir alanda belirleyici rol oynamaktadır (De Rond ve Miller, 2005; Van Dalen ve Henkens, 2012). Rekabetin yoğunlaştığı ortamda, özellikle erken kariyer araştırmacıları için “prestijli dergilerde daha çok yayın” anlayışı başarı göstergesine dönüşebilmektedir (Van Dalen, 2021). Bu teşvik yapısı, bulguların güvenilirliğini korumayı zorunlu kılar; zira motivasyon kaynaklı akıl yürütme riskleri, sonuçların doğruluğunu gölgeleyebilmektedir (Fanelli, 2009; Fanelli vd., 2018; Hunter, 2017; Nelson vd., 2021).

Yayın sürecinin ayrılmaz parçası olan akran değerlendirme, yazarın kontrolü dışında işleyen seçici bir mekanizmadır (Ferreira vd., 2016; Huisman ve Smits, 2017; Zupanc, 2024). Bu süreç içinde sınırlı yayın alanı ve editoryal tercihler, yalnızca bilimsel yeterliliği değil, “yayınlanabilir sonuçları” öngörebilme ve üretebilme becerisini de öne çıkarmaktadır (Nosek vd., 2012). Nadir görülen ve akademik itibarı ağır biçimde zedeleyen kasıtlı usulsüzlüklere karşı güçlü etik normlar ve caydırıcı mekanizmalar çoğu araştırmacıyı bu davranışlardan caydırmaktadır (Paruzel-Czachura vd., 2021; Resnik vd., 2009; Ribeiro vd., 2023). Bu bağlamda açık bilim ilkeleriyle birlikte bilginin denetlenebilirliğini artıran yeniden üretilebilirlik (reproducibility), yinelenebilirlik (repeatability) ve çoğaltılabilirlik/çoğaltma (replicability/replication) gibi kavramsal dayanaklar veriye, koda ve çalışma ortamına erişilebilirlik sağlayarak, bulguların doğrulanmasını ve yeniden kullanımını mümkün kılmaktadır (Goodman vd., 2016; Hicks, 2023; Matarese, 2022, 2023; Munafò vd., 2017; Peng, 2015).

Uluslararası yazında uzun süredir sistematik bir çerçevede incelenen açık bilim ve replikasyon çalışmaları, Türkçe yazında ağırlıklı olarak tanımlayıcı ve kuramsal düzlemde ele alınmaktadır (Kalelioğlu, 2019; Zencir, 2024). Somut bir araştırma problemi üzerinde baştan sona uygulama sunan çalışmalar ise sınırlı kalmaktadır (Aydın vd., 2019; Kara, 2023). Bu durum, araştırmacıların çalışmalarını açık bilim ve yeniden üretilebilirlik standartlarına göre yapılandırmalarında somut bir uygulama örneği eksikliğine işaret etmektedir.

Bu bilgiler dikkate alındığında, bu çalışmanın iki temel amacı bulunmaktadır. İlk olarak, uluslararası ve ulusal yazında yer alan yeniden üretilebilirlik literatürü deneysel ve hesaplamalı bilimler perspektifinden ele alınarak tarihsel ve terminolojik ayrımların netleştirilmesi hedeflenmiştir. İkinci olarak, güncel yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik çerçevelerine bağlı olarak örnek bir vaka analizi üzerinden bu süreçlerin nasıl işletileceğinin gösterilmesi amaçlanmıştır. Bu iki amaç birbirini tamamlar niteliktedir. Kavramsal bölümler uygulamanın gerekçesini ve altyapısını oluşturmaktadır.

Araştırmanın metodolojik tasarımı, literatür incelemesinde ayrıntılandırılan MRIR (Goodman vd., 2016) ve EDCR (Matarese, 2022) kavramsal çerçeveleri ışığında iki aşamalı olarak kurgulanmıştır. İlk aşamada, örnek bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemine ait veriler ve yöntemler kullanılarak orijinal analiz yeniden üretilmekte; bu süreç MRIR modelindeki 'yöntemsel yeniden üretilebilirlik' düzeyine karşılık gelmektedir. Bu aşama, bulguların doğrulanabilirliğini ve şeffaflığını sınamayı hedeflemektedir. İkinci aşamada ise aynı veri setine alternatif bir ÇKKV yöntemi uygulanmakta; bu yaklaşım EDCR modelindeki 'kavramsal yeniden üretilebilirlik' düzeyini temsil etmektedir. Bu aşama, çoğaltılabilirliği ve sonuçların yöntemsel duyarlılığını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. İki aşamalı bu bütünlük yaklaşım, teori-yöntem-uygulama eksenini kavramsal bir çerçevede ele almakta ve Türkiye literatürüne hem metodolojik hem de uygulama düzeyinde somut bir katkı sunmaktadır.

Literatür İncelemesi

Bilimsel bilginin güvenilirliği, bulguların bağımsız ekipler tarafından doğrulanabilmesine dayanır. Yeniden üretilebilirlik, bu doğrulama sürecinin temel mekanizması olup bilimin kendi kendini düzelten doğasının bir güvencesidir. Ancak son yıllarda, The Economist (2013) gibi popüler yayınlara dahi yansıyan ve "yeniden üretilebilirlik krizi" olarak adlandırılan küresel bir sorun, bilimsel metodolojinin ve bilime duyulan kamu güveninin merkezine yerleşmiştir. Bu kriz, özellikle tıp, psikoloji ve sosyal bilimler gibi alanlarda, daha önce yayımlanmış saygın çalışmaların sonuçlarının tekrar edilememesiyle somutlaşmıştır.

Yeniden Üretilebilirliğin Tarihsel Temelleri ve Disiplinler Arası Farklılıklar

Yeniden üretilebilirlik, tek boyutlu bir kavram olmaktan ziyade, farklı düzeylerde ve amaçlarla ele alınması gereken çok katmanlı bir olgudur (Kalelioğlu, 2021). Tarihsel olarak yeniden üretilebilirliğin temelinde deneysel bilimlerin fiziksel fenomenlerin ölçümüne dayanan araştırma pratikleri bulunmaktadır. Bu alanlar, ölçüm cihazlarının kalibrasyonu, laboratuvar koşullarının standardizasyonu ve insan faktörünün kontrolü gibi fiziksel değişkenlerin titizlikle yönetilmesini gerektiren uzun bir ölçümleme geleneğine sahiptir. Deneysel bilimlerde, bir deneyin farklı zaman ve mekânlarda tekrarlanmasına rağmen benzer sonuçlar vermesi, bilimsel tutarlılığın ve geçerliliğin temel göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda yinelenebilirlik ve çoğaltma kavramları, deneysel tutarlılığı ölçen başlıca kriterler olarak öne çıkmaktadır (Plessner, 2018).

Buna karşılık, hesaplamalı bilimlerin fiziksel değil dijital üretim süreçlerine dayalı bir araştırma paradigması çerçevesinde şekillenmiştir (Mesirov, 2010). Bu alanlarda deneyler; algoritmalar, yazılımlar, veri kümeleri ve simülasyon modelleri aracılığıyla yürütülmekte, dolayısıyla ölçüm fiziksel değil dijital çıktılar üzerinden tanımlanmaktadır. Hesaplamalı araştırmalarda yinelenebilirlik, aynı kod ve veri kümesinin aynı sistem üzerinde yeniden çalıştırılması yoluyla birebir aynı sonuçların elde edilmesini ifade ederken; yeniden üretilebilirlik, farklı araştırma gruplarının alternatif yöntemler, kodlar ya da yazılımlar kullanarak benzer genel sonuçlara ulaşarak ulaşamayacağını sorgular (Claerbout ve Karrenbach, 1992). Bu bağlamda, dijital ortamda yeniden üretim yalnızca sonuçların doğruluğuna değil, aynı zamanda araştırma sürecinde kullanılan dijital bileşenlerin—örneğin kod, veri, yazılım sürümleri—paylaşılabilirliği ve sürdürülebilirliğine de bağlıdır (Gentleman ve Temple Lang, 2007).

Deneysel ve hesaplamalı bilimlerin arasındaki bu metodolojik ayrım, zamanla terminolojik düzlemde de belirgin bir kırılmaya yol açmıştır. Deneysel bilimlerin, fiziksel ölçüm süreçlerinin hassasiyetine dayalı bir yinelenebilirlik anlayışını benimserken, hesaplamalı bilimlerin bu çerçevenin dijital veri yönetimi, yazılım versiyonlaması ve algoritmik işleyiş gibi kritik bileşenleri yeterince temsil etmediğini ileri sürmektedir (Leonelli, 2018). Bu durum, aynı kavramların farklı bilimsel bağlamlarda belirgin biçimde farklı anlamlar kazanmasına neden olmuş; örneğin deneysel bir çalışmada "tekrarlanabilir" olarak kabul edilen bir bulgu, hesaplamalı bir bağlamda yalnızca bağımsız bir kod aracılığıyla benzer bir çıktıya ulaşılmasıyla yeterli görülmebilir (Leek ve Peng, 2015; Peng, 2011, 2015).

Terminolojik Çeşitlilik ve Sınıflandırma Çabaları

Disiplinlerin kendilerine özgü metodolojileri ve araştırma gelenekleri, söz konusu kavramların adlandırılmasında ve tanımlanmasında önemli bir çeşitliliğe neden olmuştur. Güncel literatür incelendiğinde, özellikle yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik terimlerinin tutarsız ve zaman zaman çelişkili biçimlerde kullanıldığı görülmektedir (Matarese, 2022; Munafò vd., 2017). Bu terminolojik karmaşa, yalnızca semantik düzeyde bir farklılık yaratmakla kalmamaktadır. Daha önemlisi, araştırma güvenilirliğiyle ilgili endişelerin giderilmesini güçleştirmekte ve bilimsel topluluklar arasında ortak bir doğrulama zemini oluşturulmasını engellemektedir (Barba, 2018). Araştırmacıların terimlerin anlamları konusunda uzlaşamaması, araştırma standartlarının geliştirilmesini, uygulanmasını ve değerlendirilmesini güçleştirmekte; disiplinler arası iletişimi ve pratik çözümlerin benimsenmesini zorlaştırmaktadır (Plessner, 2018).

Bu terminolojik karmaşa, araştırmacıların hangi standartları uygulaması gerektiğini belirsiz hale getirmektedir. Barba (2018), literatürdeki bu tutarsızlığı sistematik biçimde analiz ederek üç ana kullanım kategorisi belirlemiş ve bu çalışmanın metodolojik çerçevesinin temelini oluşturan ayrımları ortaya koymuştur. *Kategori A* kapsamında değerlendirilen yayınlarda, yinelenebilirlik ve çoğaltma kavramları birbirinin yerine kullanılmakta ve aralarındaki kavramsal fark gözlemlenmemektedir. Bu yaklaşımda, aynı analiz sürecinin yeniden çalıştırılması ile bağımsız bir çalışmada benzer bulguların elde edilmesi arasında ayrım yapılmaksızın her iki terim eşanlamlı biçimde kullanılmaktadır (Fineberg vd., 2020). Örneğin, psikoloji alanındaki bazı büyük ölçekli çoğaltma çalışmalarında, orijinal bulguların

doğrulanmasını tanımlarken her iki terim de dönüşümlü olarak kullanılmıştır (Open Science Collaboration, 2015).

Kategori B1 ise metodolojik ayrımı esas alan bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu çerçevede yinelenebilirlik, aynı veriler, yöntemler ve yazılımlar kullanılarak orijinal sonuçların yeniden elde edilmesini ifade eden asgari doğrulama standardıdır. Buna karşılık, çoğaltma daha yüksek bir düzeyde doğrulama hedefiyle, yeni veriler ve bağımsız yöntemler kullanılarak yürütülen çalışmaları kapsar. Claerbout (Claerbout ve Karrenbach, 1992), Donoho (Donoho vd., 2009) ve Peng (Peng vd., 2006) gibi isimlerin öne çıkardığı bu ayrım, özellikle hesaplamalı bilimlerde şeffaflık ilkelerinin uygulanmasında önemli bir referans noktası sunmakta; araştırma süreçlerinin açıklığı ve yeniden değerlendirilebilirliği açısından kavramsal netlik sağlamaktadır.

Kategori B2 ise terminolojik çerçeveyi tersine çeviren bir bakış açısını yansıtır. Bu yaklaşımda çoğaltma, orijinal materyallerle aynı analiz sonuçlarının yeniden üretilmesini; yinelenebilirlik ise yeni veriler ve yöntemlerle yapılan bağımsız testleri ifade eder. Bu yer değiştirme, özellikle metroloji gibi alanlarda kullanılan tarihsel tanımlarla ve ACM ile FASEB (Federation of American Societies for Experimental Biology, 2016) gibi kurumsal standartlarla daha uyumlu bir konumlandırma sunmaktadır. Bu yaklaşım, terminoloji kullanımını farklı bilimsel toplulukların tarihsel deneyimleriyle uyumlandırarak, disiplinler arası anlam uyumsuzluklarını azaltmayı hedeflemektedir (Barba, 2018).

Kavramsal Modeller

Terminolojik ayrım çabalarının ötesinde, bazı araştırmacılar yeniden üretilebilirliği yapısal bir düzeyde ele alan kavramsal modeller önermiştir. Goodman ve arkadaşları (2016) tarafından önerilen MRIR (Method-Result-Inferential Reproducibility) sınıflandırması literatürde önemli bir kavramsal çerçeve sunmaktadır. Tablo 1'de bu kavramsal modelin ele aldığı boyutlar ve riskler gösterilmektedir.

Tablo 1.

MRIR Modeli

Boyut	Tanım	Temel Zorluklar
Yöntemsel	Özgün çalışmada kullanılan yöntemlerin, veri toplama ve analiz süreçlerinin, başka bir araştırmacının aynı adımları izleyebileceği kadar şeffaf ve detaylı bir şekilde raporlanmasıdır.	Veri, kod ve analiz betiklerinin paylaşılması. Kullanılan cihazların kalibrasyon bilgileri gibi kritik metodolojik detayların eksik raporlanması. Örneklem seçimi ve veri işleme adımlarının belirsiz bırakılması.
Sonuçsal	Özgün çalışmadaki yöntemleri takip ederek yeni bir veri setiyle veya aynı veri setinin yeniden analiziyle benzer sonuçlara (istatistiksel bulgulara) ulaşılmasıdır.	Yayın yanlılığı (sadece pozitif sonuçların yayımlanması). P-hacking (istatistiksel anlamlılık elde edene kadar veriyi manipüle etme). İstatistiksel belirsizlikler ve küçük örneklem boyutları.
Çıkarımsal	Aynı sonuçlara veya bulgulara dayanarak, farklı araştırmacıların özgün çalışmayla aynı bilimsel çıkarımlara ve yorumlara varmasıdır.	Araştırmacının ön kabulleri ve teorik çerçevesinin yorumu etkilemesi. HARKing (sonuçları öğrendikten sonra hipotez kurma). Aynı veriden farklı ve çelişkili sonuçlar çıkarma eğilimi.

Tablo 1'e göre *yöntemsel yeniden üretilebilirlik* (methods reproducibility), bir araştırmada kullanılan veri setleri, analiz kodları, deney protokolleri ve ölçüm araçlarına dair tüm unsurların eksiksiz ve erişilebilir biçimde paylaşılması gerektiğini savunur. Özellikle bilgisayar bilimlerinde gelişen bu yaklaşım, bilimsel şeffaflık ve izlenebilirlik ilkeleriyle doğrudan ilişkilidir. Ancak pratikte, cihaz kalibrasyon bilgileri veya örnek analiz sıraları gibi hayati detayların çoğu zaman raporlanmaması, yönetime dayalı yeniden üretilebilirliği kısıtlamaktadır.

Sonuçsal yeniden üretilebilirlik (results reproducibility), aynı metodolojik çerçeve kullanılarak farklı veri kümeleriyle benzer sonuçlara ulaşılmasını ifade eder ve genellikle "çoğaltma" (replication) çalışmaları kapsamında ele alınır. Bu çoğaltılabilirlik düzeyi, deterministik sistemlerde yüksek tutarlılık gösterirken, stokastik süreçlerde doğal varyanslar ve istatistiksel belirsizlikler nedeniyle daha karmaşık bir hal alır (Andrade, 2021). Open Science Collaboration tarafından yürütülen ve 100 psikoloji çalışmasının tekrarlandığı geniş çaplı araştırma, bazı çalışmaların orijinal etki büyüklüklerine yaklaşmasına rağmen, istatistiksel

anlam düzeyinde farklılıklar göstermesiyle bu yeniden üretilebilirlik türünün zorluklarını açıkça ortaya koymuştur (Open Science Collaboration, 2015).

Çıkarımsal yeniden üretilebilirlik (inferential reproducibility), aynı veri seti ya da çalışma temel alınarak benzer bilimsel çıkarımların yapılıp yapılamadığını sorgular. Literatürde en az tanınan ancak bilimsel değerlendirmelerin geçerliliği açısından en kritik düzey olarak kabul edilen bu kavram, araştırmacının ön kabulleri, analiz stratejileri ve hipotez test yöntemleri gibi öznel faktörlerden yoğun biçimde etkilenir (Serra-Garcia ve Gneezy, 2021). Aynı veri üzerinde yapılan çok sayıda analiz arasından sadece anlamlı olanların raporlanması (P-hacking) ya da araştırmacının inançlarının yorumlara yön vermesi, bu yeniden üretilebilirlik türünü tehdit eden başlıca unsurlar arasında yer alır (Reis ve Friese, 2022).

Yeniden üretilebilirliği daha geniş bir epistemik bağlamda ele alarak krizin hem pratik tezahürleri çözmek için Matarese (2022) tarafından "tam", "doğrudan" ve "kavramsal" olmak üzere üçlü bir EDCR (Exact-Direct-Conceptual Reproducibility) sınıflandırması önerilmiştir. Bu model, bir bulgunun ne kadar sağlam ve farklı koşullara ne ölçüde genellenebilir olduğunu test etmek için farklı tekrar türlerini tanımlar.

Tam yeniden üretilebilirlik, özgün çalışmadaki tüm koşullar, araçlar ve prosedürler birebir korunarak yapılan tekrar denemelerinde aynı sonuçlara ulaşmayı ifade eder. Temel amacı, orijinal sonucun rastlantısal bir hata veya tesadüf eseri olup olmadığını kontrol etmektir. *Doğrudan yeniden üretilebilirlik* ise temel metodolojik unsurların değişmediği, ancak çevresel veya operasyonel bazı küçük farklılıkların bulunduğu durumlarda yapılan tekrarları kapsar. Amacı, bulgunun özgün araştırmacılara, onların spesifik laboratuvar ortamına veya kontrol dışı diğer küçük bağlamsal değişkenlere bağlı olup olmadığını test ederek sağlamlığını sınamaktır (Matarese, 2022, 2023). *Kavramsal yeniden üretilebilirlik* ise aynı temel hipotezin farklı yöntemlerle test edilmesini içeren bir yaklaşım olup, amacı bir teorinin veya hipotezin genellenebilirliğini ve farklı metodolojik yaklaşımlar karşısındaki sağlamlığını sınamaktır (Crandall ve Sherman, 2016; Derksen ve Morawski, 2022; LeBel vd., 2018)

MRIR ve EDCR sınıflandırma sistemleri, yeniden üretilebilirliğin farklı boyutlarını kavramsallaştırmaya yönelik iki tamamlayıcı çerçeve sunmaktadır. MRIR modeli süreç odaklı bir yaklaşım sergileyerek yeniden üretilebilirliği yöntemsel, sonuçsal ve çıkarımsal düzeylerde ele alırken; EDCR modeli daha çok yeniden üretilebilirliğin kapsam ve koşulları üzerinden sınıflandırma yapmaktadır. MRIR'nin 'çıkarımsal yeniden üretilebilirlik' boyutu, EDCR'nin 'kavramsal yeniden üretilebilirlik' düzeyi ile örtüşmekte; her iki model de epistemolojik güvenilirlik açısından yalnızca teknik değil, kuramsal istikrarı da değerlendirmeye çalışmaktadır. Dolayısıyla bu iki sınıflandırma yaklaşımı, farklı boyutlara odaklanmakla birlikte, yeniden üretilebilirlik olgusunun çok katmanlı doğasını kavramada birbirini tamamlayıcı bir çerçeve sunmaktadır.

Türkiye Literatüründeki Durum

Türkiye'deki akademik literatür, küresel yeniden üretilebilirlik krizinin farkında olup bu sorunu çeşitli boyutlarıyla ele almaktadır (Kalelioğlu, 2021). Ancak mevcut çalışmalar, ampirik içerik analizleri ile sorunun felsefi ve istatistiksel temellerini sorgulayan teorik tartışmalarla sınırlı kalmıştır.

Aydın ve arkadaşları (2019), Türkiye'deki dört saygın eğitim araştırmaları dergisinde yayımlanmış 275 makale üzerinde betimsel içerik analizi gerçekleştirmiştir. Çalışma, makalelerin %77,8'inde evren tanımının açık ve net yapılmadığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, makalelerin %50,9'unda örnekleme yöntemi hiç belirtilmemiş veya bilimsel geçerliliği düşük olan "uygun örneklem" (convenience sampling) yöntemi kullanılmıştır. Kara (2023) ise krizin temel nedenlerinden biri olarak görülen p-değeri ve sıfır hipotezi anlamlılık testi etrafındaki sorunlu pratiklere odaklanmıştır. Çalışma, araştırmacıların istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir sonuç elde edene kadar veriyi farklı şekillerde analiz etme veya veri toplamaya devam etme eğilimini ele almıştır. Bu çalışmalar, Türkiye'deki araştırma pratiğinde ciddi metodolojik eksiklikler olduğunu göstermekle birlikte, uluslararası literatürde ele alınan terminolojik kırılımlar ve kavramsal modellere değinmemektedir.

Kalelioğlu (2019) ve Zencir (2024)'in çalışmaları, Türkiye'deki akademik literatürün "yeniden üretilebilirlik krizi"ni Açık Bilim (Open Science) perspektifi üzerinden ele almaya başladığını göstermektedir. Bu çalışmalar, veri paylaşımı, kod erişilebilirliği ve şeffaf raporlama gibi açık bilim pratiklerinin Türkiye'deki araştırma kültürüne entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır. Ancak bu kavramsal tartışmaların somut bir araştırma problemi üzerinde nasıl uygulanacağını gösteren çalışmalar hâlâ Türkiye özelindeki araştırmalar için sınırlıdır. Bu çalışma, yukarıda özetlenen kavramsal çerçeveleri (MRIR ve EDCR) kullanarak, söz konusu metodolojik boşluğu doldurmak amacıyla, nicel bir vaka analizini uçtan uca nasıl yeniden üretilebilir ve çoğaltılabilir kılınabileceğini göstermeyi hedeflemektedir.

Yöntem

Bu çalışma, literatür incelemesi bölümünde ayrıntılı şekilde sunulan teorik çerçeveyi somutlaştırmak amacıyla, yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik ilkelerinin metodolojik bir gösterimini sunmaktadır. Çalışmanın temel odağı, belirli bir örnek olayın kendisinden ziyade, söz konusu ilkelerin nicel araştırma bağlamında nasıl uygulanabileceğine ilişkin yöntemsel bir rehber sunmaktır.

Bu doğrultuda, daha önce açık bilim standartlarına tam uyumlu biçimde yayımlanmamış bir doktora tezindeki (Yayla, 2017) ÇKKV analizi, "metodolojik bir vaka" olarak ele alınmıştır. Bu yaklaşımın amacı, mevcut akademik üretimin önemli bir bölümünü oluşturan kapalı formatlı çalışmaların dahi, FAIR ilkeleri doğrultusunda nasıl şeffaf, doğrulanabilir ve genellenebilir hale getirilebileceğini ortaya koymaktır. Bu bağlamda söz konusu çalışma, "örnek olay incelemesi" kategorisinden ziyade, açık bilim metodolojisine katkı sunan bir araştırma makalesi olarak değerlendirilmelidir. Sunulan vaka, nihai bir amaç değil, metodolojik ilkeleri somut biçimde göstermek üzere kullanılan bir araçtır.

Metodolojik Konum ve Araştırma Deseni

Bu çalışma, post-pozitivist paradigma çerçevesinde, nicel bir araştırma yaklaşımı benimseyerek vaka analizi (case study) desenini kullanmıştır. Vaka analizi, karmaşık olguların kendi bağlamları içinde derinlemesine incelenmesine olanak tanıyan bir yöntemdir (Yin, 2009). Bu kapsamda, nicel vaka analizi (quantitative case study) deseni tercih edilmiştir. Nicel vaka analizi, sayısal veriler ve sistematik analiz yöntemleri aracılığıyla belirli bir olgunun işleyişini incelemeye odaklanır (Stake, 2005). Bu çalışmada benimsenen yaklaşım, ÇKKV yöntemleri (TODIM ve MARE) uygulanarak ve elde edilen sonuçlar sayısal olarak karşılaştırılarak, yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik ilkelerinin somutlaştırılmasına olanak sağlamıştır.

Vaka Tanımı

Çalışmada ele alınan vaka, artan üretim kapasitesinin kârlılık üzerindeki etkilerini ve ürün çeşitlendirme stratejilerini inceleyen bir doktora tezinden alınmıştır. Söz konusu tez, “alternatif ambalajlama yöntemleriyle satış hacmini artıracak şekilde farklı boyutlardaki torba çimentoların paletli üretim önceliklerinin belirlenmesi” karar problemini ele almaktadır. Problem, (A1) 50 kg paletli torba çimento, (A2) 25 kg paletli torba çimento ve (A3) 5 kg paletli torba çimento olmak üzere üç alternatif üzerinden yapılandırılmıştır. Bu alternatifler; Ekonomik, Teknolojik, Politik ve Çevresel olmak üzere dört ana boyutta, toplamda on kriter (Üretim Hızı, Maliyet Artışı, Rekabet Avantajı, Yenilikçi Ürün, Yeni İş Süreçleri, İhracat İmkânı, Marka Değeri, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Yükümlülüğü, Çevresel Etki, Atık Yönetimi) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Orijinal tez çalışmasında, karar problemi TODIM yöntemi (Gomes ve Lima, 1991) ile analiz edilmiştir. Bu vakanın seçilme nedeni, problem yapısının açık olması ve çalışmanın açık bilim standartlarıyla tam uyumlu olmaması dolayısıyla, yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik ilkelerinin uygulamalı olarak gösterilebilmesi açısından uygun bir örnek teşkil etmesidir.

Veri Toplama

Vaka çalışmasına ilişkin veriler, orijinal tezde yer alan tablo ve grafiklerden derlenmiştir. Tezde tam olarak paylaşılmayan veriler ise, tezde açıklanan veri oluşturma algoritması izlenerek yeniden yapılandırılmıştır. Bu yaklaşım, FAIR ilkelerinin temel mantığıyla tam uyumludur. FAIR, verinin mutlaka ham haliyle paylaşılmasını değil; bulunabilir (Findable), erişilebilir (Accessible), birlikte çalışabilir (Interoperable) ve yeniden kullanılabilir (Reusable) olmasını esas alır (Wilkinson vd., 2016).

Bu çalışma kapsamında uygulanan yöntem, açık bilim literatüründe 'post-hoc transparency' olarak tanımlanabilecek bir yaklaşımla örtüşmektedir. Söz konusu yaklaşım, uluslararası literatürde mevcut akademik mirasın açık bilim standartlarına kazandırılması açısından önemli bir uygulama olarak değerlendirilmekte (Nosek vd., 2015) ve özellikle FAIR prensipleri çerçevesinde geriye dönük şeffaflaştırma çabaları olarak nitelendirilebilmektedir. Veri üretim sürecinde “Kriter Önem Ağırlıkları” ve “Alternatif Değerlendirmeleri” olmak üzere iki ayrı veri seti oluşturulmuştur. Birinci veri setinde, kriter adı, karar verici kodu ve kriter tipi (fayda/maliyet) sütun olarak tanımlanmış; satır değerleri ise ilgili kriterlerin dilsel önem düzeylerini içermektedir. İkinci veri setinde ise, her bir alternatif ve kriter kombinasyonu için karar verici tercihleri yine dilsel değişkenlerle temsil edilmiştir.

Analiz Yöntemleri

Yeniden Üretilirlik Aşaması

Bu aşamada, orijinal tezde kullanılan TODIM yöntemi, yeniden yapılandırılan veri seti üzerinde R programlama dili aracılığıyla uygulanmıştır. TODIM, Beklenti Kuramı'na (Prospect Theory) (Tversky ve Kahneman, 1992) dayalı olarak, karar vericinin risk algısını ve kayıptan kaçınma davranışını modelleyen çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Geliştirilen yöntemin uygulama adımları takip edilerek sırasıyla (1) dilsel ifadelerin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi, (2) durulaştırma¹ (defuzzifikasyon) işleminin gerçekleştirilmesi (Abdel-Kader ve Dugdale, 2001; Leekwijck ve Kerre, 1999), (3) TODIM yöntemi kapsamında kazanç/kayıp değer fonksiyonunun uygulanması ve (4) alternatifler arasındaki sıralamanın görselleştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Çoğaltılabilirlik Aşaması

Bu aşamada, aynı veri seti üzerinde farklı bir ÇKKV yöntemi olan MARE (Hodgett vd., 2014) uygulanmıştır. MARE, ağırlıklı toplam modeline (Weighted Sum Model) dayalı bir yaklaşımdır (Fishburn, 1967; Hwang ve Yoon, 1981) ve her bir kriter için (minimum, en olası, maksimum) değerlerinden oluşan giriş aralıklarını kullanarak, doğrusal dönüşüm yoluyla çıktı aralıkları üretir. TODIM yönteminden farklı olarak, MARE belirsizliği aralıklarla modellemekte ve duyarlılık analizine görselleştirme yoluyla katkı sağlamaktadır. Ayrıca, bu aşamada ağırlıklandırma işlemi, orijinal tezde kullanılan subjektif ağırlıklar yerine, nesnel bir yöntem olan IDOCRIW (Zavadskas ve Podvezko, 2016) ile gerçekleştirilmiştir. Bu kontrollü varyasyon, elde edilen sonuçların yöntemsel varsayımlara olan duyarlılığını test etmek amacıyla uygulanmıştır.

Analiz Ortamı ve Açık Bilim Uygulamaları

Tüm analizler, açık kaynaklı R programlama dili kullanılarak yürütülmüştür. Analiz süreçlerinin şeffaflığını ve erişilebilirliğini artırmak amacıyla, her iki yöntem (TODIM ve MARE) için ayrı ayrı web tabanlı Shiny uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalar, kullanıcıların veri setini yüklemelerine ve analiz adımlarını interaktif biçimde takip etmelerine olanak tanımaktadır. Yeniden yapılandırılan veri seti, analizde kullanılan R kodları, Shiny uygulamalarının kaynak kodları ve ilgili kullanıcı kılavuzları, FAIR ilkeleri doğrultusunda OSF (Open Science Framework) platformu üzerinden paylaşımına açılmıştır². Makalenin yayımlanmasının ardından bu materyallere kalıcı bir DOI atanması planlanmaktadır.

¹ Bulanık kümeler teorisinde, üyelik fonksiyonlarıyla temsil edilen nitel verileri, tek bir kesin sayısal çıktıya dönüştürme sürecidir

² https://osf.io/84wne/?view_only=58619cffb1034d7d9c5502ad98622888

Etik Hususlar

Bu çalışmada, temel alınan tezin yazarının kimliği, hakem değerlendirme sürecinin nesnelliğini korumak amacıyla anonimleştirilmiştir. Çalışma yayımlandığında, ilgili teze uygun biçimde atıf yapılacaktır. Kullanılan veriler, orijinal tezde yer alan ve telif hakkı ya da gizlilik ihlali riski taşımayan bilgiler temel alınarak oluşturulmuştur. Çalışmanın tüm çıktıları (kodlar, veri setleri ve analiz sonuçları), açık bilim ilkeleri doğrultusunda paylaşılarak akademik şeffaflık ve etik sorumluluk ilkelerine bağlı kalınmıştır.

Bulgular

Bu bölümde, giriş bölümünde özetlenen iki aşamalı metodolojik vaka bulguları sunulmaktadır. Yöntem kısmında ele alınan her iki kavramsal çerçevenin nicel bir vaka üzerinde nasıl somutlaştırılabileceğini göstermektedir.

Yeniden Üretilirlik Analizi Bulgular

Bu bölüm, MRIR modelinin yöntemsel yeniden üretilebilirlik ve sonuçsal yeniden üretilebilirlik boyutlarına odaklanmaktadır. Yöntemsel yeniden üretilebilirlik boyutu ile orijinal analizin süreçlerinin şeffaf dokümantasyonu ve yeniden uygulanması için arayüz geliştirilmesi süreci yer alırken; sonuçsal yeniden üretilebilirlik boyutu ile aynı metodolojik çerçeveye benzer sonuçlara ulaşılması hedeflenmiştir.

Yöntemsel yeniden üretilebilirlik amacı doğrultusunda, yeniden üretilebilirlik ilkelerinin uygulanabilirliğini göstermek için bir web arayüzü geliştirilmiştir. Şekil 1'de sunulan bu arayüz, kullanıcıların veri yükleme, parametre seçme ve analiz süreçlerini interaktif olarak takip edebilmelerine olanak tanımaktadır. Arayüz, FAIR prensipleri kapsamında küresel erişilebilirlik ve tekrarlanabilirlik sağlayacak şekilde İngilizce olarak tasarlanmıştır.

Şekil 1.

Yeniden üretim arayüzü

Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: TODIM Analysis

1. Load Data

Upload Criteria Importance CSV

Browse... criteria_importance.csv

Upload Alternative Evaluation CSV

Browse... alternative_evaluation.csv

Load Uploaded Data

2. Analysis Parameters

Defuzzification Method:

Abdel-Kader & Dugdale (RV, omega=0.5)

θ (Loss Attenuation Factor):

1 2.5 10

3. Run Analysis

Run TODIM Analysis

4. Download Results

Download Defuzzified Weights

Download Defuzzified Decision Matrix

Download TODIM Ranking Table

Download TODIM Delta Matrix

[Input Data Overview](#)[Defuzzification Results](#)[TODIM Results](#)[Version Info](#)

Criteria Importance (Linguistic)

Alternative Evaluations (Linguistic)

Criteria Types

Şekil 1'de sunulan bu arayüzün sol bölümünde kullanıcı girdileri (veri yükleme, parametre seçimi) sağlanırken, sağ bölümde analiz çıktıları (durulaştırılmış veriler, TODIM sonuçları) gerçek zamanlı olarak sunulmaktadır. Aynı zamanda kullanılan R dili ve paketlerinin versiyon bağımlılıklarının kontrolü için arayüzde yer alan “Sürüm Bilgisi (Version Info)” sekmesi ile hesaplamalı bilimlerdeki yeniden üretilebilirlik kriterlerine yönelik uyum gözetilmiştir. Bu sekme sayesinde paylaşılan kodları tekrar çalıştırmak isteyen araştırmacıların hangi versiyon ve paket bağımlılıkları ile çalıştıkları ayrıca raporlanabilecektir.

Yeniden üretim analizinde tezde kullanılan TODIM yöntemi geliştirilen arayüz aracılığıyla uygulanmıştır. İlk adımda, kriter ağırlıklarının orijinal tezdeki değerleri ile yeniden üretim sürecinde elde edilen değerler Tablo 2’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.*Yeniden Üretim Kriter Önem Ağırlıklarının Karşılaştırılması*

Kriterler	Kriter Önem Ağırlığı (Tez Verisi)	Kriter Önem Ağırlığı (Yeniden Üretim)	Fark
Yenilikçi Ürün	0,16	0,13	0,03
Yeni İş Süreçleri	0,11	0,12	-0,01
Üretim Hızı	0,09	0,10	-0,01
Rekabet Avantajı	0,17	0,15	0,02
Marka Değeri	0,12	0,11	0,01
Maliyet Artışı	0,09	0,10	-0,01
Atık Yönetimi	0,05	0,06	-0,01
Çevresel Etki	0,08	0,07	0,01
İhracat İmkânı	0,09	0,09	0,00
İSG Yükümlülüğü	0,06	0,07	-0,01

Tablo 2'de görüldüğü üzere, kriter önem ağırlıklarının orijinal öneri değerleri ile yeniden üretim sürecinde elde edilen değerler arasında küçük farklılıklar bulunmaktadır. Fark değerleri mutlak değer olarak incelendiğinde, en büyük farkın "Yenilikçi Ürün" kriteri için (0,03) gerçekleştiği, "İhracat İmkânı" kriterinde ise herhangi bir fark gözlenmediği anlaşılmaktadır. Diğer kriterlerdeki farklar $\pm 0,01$ veya $\pm 0,02$ gibi küçük sapmalar şeklindedir. TODIM analizinin nihai çıktısı olan alternatiflerin genel sıralama skorları ve bu skorlara dayalı sıralamaların orijinal tez verisi ile yeniden üretilen analiz sonuçları arasındaki karşılaştırması Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3.*Alternatiflerin Sıralamalarının Karşılaştırılması*

Alternatif	Genel Sıralama (Tez Verisi)	Genel Sıralama (Yeniden Üretim)	Sıra
A1	0	0	3
A2	1	1	1
A3	0,64	0,97	2

Tablo 3'te görülen sonuçlar, tezde elde edilen alternatif sıralama ($A2 > A3 > A1$) ile yeniden üretilen TODIM analizi sonucundaki sıralamanın tamamen aynı olduğunu göstermektedir. Her iki analizde de A2 birinci, A3 ikinci ve A1 üçüncü sırada yer almıştır. Bu durum, sonuçsal yeniden üretilebilirliğin başarıyla sağlandığını ortaya koymaktadır.

Ancak, A3 alternatifinin orijinal skoru (0,64) ile yeniden üretilen skoru (0,97) arasındaki belirgin sayısal fark, çalışmanın en önemli metodolojik bulgularından birini oluşturmaktadır. A1 ve A2'nin skorlarının (0,00 ve 1,00) her iki analizde aynı kalması, genel metodolojinin doğruluğunu teyit etse de A3'teki bu fark, orijinal çalışmada kullanılan parametre seçimleri, yuvarlama kuralları veya yazılım özellikleri gibi kritik detayların yeterince şeffaf belgelenmemesinin doğal bir sonucudur. Bu nedenle, söz konusu fark bir hesap hatası değil, "yöntemsel yeniden üretilebilirliğin" önündeki engelleri somutlaştıran ve açık bilim uygulamalarının (ham veri, kod ve parametre paylaşımı) neden gerekli olduğunu kanıtlayan niteliktedir. Nihai sıralamanın değişmemesi, metodolojik tutarlılığın genel geçerliliğini işaret etse de bu tür sayısal tutarsızlıkların kaynağının izlenememesi, şeffaf belgelendirme eksikliğinin doğrudan bir maliyetidir.

Geliştirilen arayüz ve yürütülen bu yeniden üretim süreci, açık bilim ilkelerine göre veri paylaşımı yapılmamış bir çalışmanın dahi ne ölçüde şeffaflaştırılabileceğini göstermiş; aynı zamanda, tam ve kesin bir yeniden üretim için orijinal materyallere erişimin ne denli hayati olduğunu da bu A3 skor farkı üzerinden somut bir kanıt olarak ortaya koymuştur.

Çoğaltılabilirlik Analizi Bulguları

Bu bölüm, EDCR modelinde tanımlanan "kavramsal yeniden üretilebilirlik" düzeyini test etmektedir. Aynı temel hipotezin (ürün önceliklendirme problemi) farklı metodolojik yaklaşımlarla (TODIM ve MARE) ve ağırlıklandırma yöntemleriyle (öznel ve IDOCRIW) test edilmesiyle, bulguların metodolojik varsayımlara duyarlılığı değerlendirilmiştir.

MARE yöntemi TODIM'den farklı olarak belirsizliği modellemek için girdi aralıklarına dayalı duyarlılık analizi yaklaşımını benimser ve sonuçları belirsizlik aralıkları görselleştirir. Bu farklılıklar, Beklenti Teorisi temelli bir yaklaşımla (TODIM) Belirsizlik Analizi temelli Ağırlıklı Toplam Modeli (Weighted Sum Model – WSM) yaklaşımının (MARE) aynı problem üzerindeki sonuçlarını karşılaştırma ve bulguların altta yatan yöntemsel varsayımlara ne kadar bağlı olduğunu test etme imkânı sunmaktadır. Ayrıca ÇKKV yöntemlerinde kritik öneme sahip kriter ağırlıkları tezde sübjektif beyanla karar grubu tarafından oluşturulurken çoğaltılabilirlik analizinde nesnel IDOCRIW yöntemiyle oluşturularak tezden tamamen farklı bir yapı ile test edilmesi sağlanmıştır. Metodolojik karşılaştırma arayüzü olarak geliştirilen MARE arayüzü Şekil 2'de sunulmaktadır.

Şekil 2.**Çoğaltma arayüzü****Replication MCDM Analysis: IDOCRIW (Entropy + CILOS) & MARE Ranking**

Şekil 2'de sunulan arayüzün sol kısmında Şekil 1'de olduğu gibi veri girişi sekmeleri ile analiz ayarları bulunmaktadır. Yeniden üretilebilirlik arayüzünden farklı olarak kullanılan yöntemin raporlama gereksinimlerine uygun biçimde hem sayısal hem de grafiksel çıktıların bütünleşmiş biçimde sunulduğu bir çıktı sekmesine sahiptir. Bu yapı, analiz sonuçlarının yorumlanmasını kolaylaştırmakta ve kullanıcıya daha kapsamlı bir veri görselleştirme imkânı sunmaktadır. Bu arayüzde de “Sürüm Bilgisi (Version Info)” sekmesi kullanılan yazılım ve paket sürümleri ve bağımlılıklarını raporlamak için oluşturulmuştur.

Çoğaltılabilirlik analizinde IDOCRIW algoritması ile veri setinden objektif olarak hesaplanan kriter önem ağırlıklarının, orijinal tez verisindeki ağırlıklarla karşılaştırması Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4.

Çoğaltma Kriter Önem Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Kriterler	Kriter Önem Ağırlığı (Tez Verisi)	Kriter Önem Ağırlığı (Yeniden Üretim)	Fark
Yenilikçi Ürün	0,16	0,01	0,15
Yeni İş Süreçleri	0,11	0,13	-0,02
Üretim Hızı	0,09	0,04	0,05
Rekabet Avantajı	0,17	0,01	0,16
Marka Değeri	0,12	0,05	0,07
Maliyet Artışı	0,09	0,15	-0,06
Atık Yönetimi	0,05	0,10	-0,05
Çevresel Etki	0,08	0,20	-0,12
İhracat İmkânı	0,09	0,11	-0,02
İSG Yükümlülüğü	0,06	0,20	-0,14

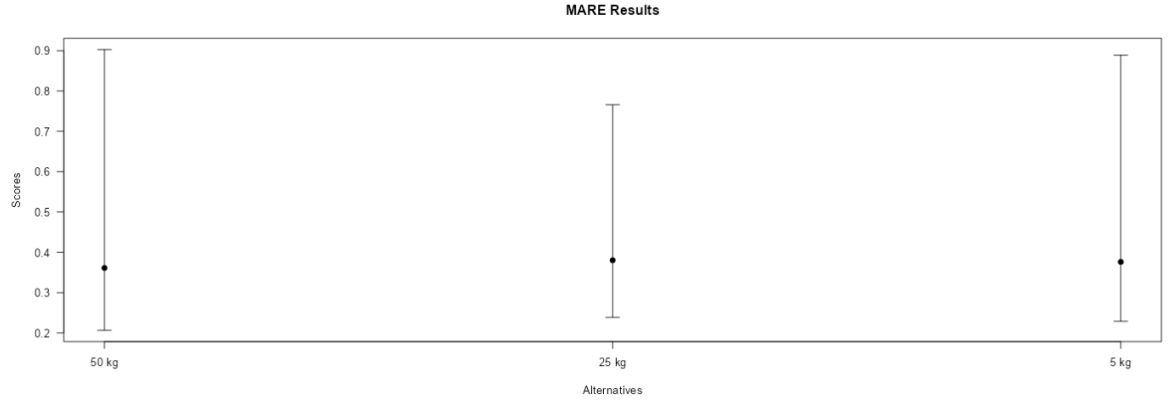
Tablo 4'te sunulan analiz sonuçları, IDOCRIW ağırlıkları ile tez verisindeki ağırlıklar arasında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. IDOCRIW yöntemine göre en yüksek ağırlığa sahip kriterler "Çevresel Etki" (0,20) ve "İSG Yükümlülüğü" (0,20) olurken, tezde en yüksek ağırlıklar "Rekabet Avantajı" (0,17) ve "Yenilikçi Ürün" (0,16) kriterlerine aittir. En büyük farklar, "Rekabet Avantajı" (0,16), "Yenilikçi Ürün" (0,15), "İSG Yükümlülüğü" (-0,14) ve "Çevresel Etki" (-0,12) kriterlerinde gözlenmiştir. Bu durum, veri yapısına dayalı objektif ağırlık hesaplama yönteminin, subjektif ağırlıklara kıyasla kriterlerin önem sıralamasını ve derecelerini kayda değer biçimde değiştirdiğini göstermektedir.

Elde edilen bulgular, karar probleminin epistemolojik temelini yeniden değerlendirmeye imkân tanımakta ve karar kriterlerinin önceliklendirilmesinde dikkate değer bir paradigma değişimini işaret etmektedir. Subjektif ağırlıklandırmada ekonomik ve teknolojik kriterlerin öne çıkması, karar vericilerin geleneksel iş odaklı bakış açısını yansıtırken; objektif ağırlıklandırmada sürdürülebilirlik ve yasal yükümlülük kriterlerinin ön plana çıkması, veri yapısındaki bilgi entropisi ve kriterler arası ilişkilerin önemini kantitatif olarak ortaya koymaktadır. Bu bulgu, karar vericilerin örtük bilgilerinin ve önyargılarının ötesinde, verinin kendi içsel yapısının da karar sürecinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Farklı ağırlıklandırma yaklaşımlarının alternatif sıralamalarına etkisini değerlendirmek amacıyla, MARE yöntemiyle elde edilen alternatif performans aralıkları Şekil 3'te sunulmuştur.

Şekil 3.**Çoğaltma analiz sonucu**

MARE Scores and Ranking



Scores Table

Alternative	Score	Rank
25 kg	0.38	1
5 kg	0.38	2
50 kg	0.36	3

Şekil 3'te görüldüğü üzere, MARE analizi (A2: 0,38, Rank 1; A3: 0,38, Rank 2; A1: 0,36, Rank 3) ile TODIM analizinin (A2> A3> A1) aynı sıralamayı ürettiği görülmektedir. İlk bakışta, iki yöntemin aynı sıralamayı üretmesi sonucun sağlam (robust) olduğunu düşündürebilir. Ancak, MARE skorlarının (0,36-0,38) TODIM skorlarına (0,00-1,00) kıyasla son derece dar bir aralıkta yoğunlaşması, MARE metodolojisi altında üç alternatifin performansının birbirine istatistiksel olarak çok yakın olduğunu göstermektedir. Şekil 3'teki hata çubukları, girdi belirsizliğinden kaynaklanan performans varyansını göstererek noktasal skorların (0,36-0,38) ardındaki epistemik belirsizliği görselleştirmektedir. Özellikle A1 (50 kg) ve A3 (5 kg) alternatifleri için hata aralıklarının (yaklaşık 0,20 – 0,90) neredeyse tüm karar uzayını kapsaması, bu alternatiflerin değerlendirilmesinde yüksek düzeyde belirsizlik bulunduğunu kantitatif olarak göstermektedir.

Bu bulgu, yeniden üretilebilirlik aşamasında elde edilen "A2 en iyisidir" şeklindeki deterministik sonucun, çoğaltma analizinde "A2, A3 ve A1'in sıralaması TODIM ile tutarlı olsa da veri yapısındaki yüksek belirsizlik nedeniyle bu sıralamaya olan güvenimiz sınırlıdır" biçiminde yeniden yorumlanmasına imkân vermektedir. Çoğaltma analizi, TODIM ve MARE yöntemleri arasındaki epistemolojik farklılıkların (deterministik skora karşı belirsizlik aralıkları) araştırma bulgularını farklı bilgi boyutlarıyla zenginleştirdiğini göstermektedir. Bu noktada kritik olan bulgu, sıralamanın değişmemesi değil, TODIM yönteminin maskeleyiği yüksek epistemik belirsizliğin MARE yöntemiyle kantitatif olarak açığa çıkarılmasıdır.

Tartışma

Bu çalışmada, incelenen tezdeki TODIM analizi, MRIR modelinin yöntemsel ve sonuçsal yeniden üretilebilirlik boyutları çerçevesinde başarıyla tekrarlanmıştır. Alternatif sıralamasının ($A_2 > A_3 > A_1$) birebir aynı sonuçlanması, orijinal çalışmanın metodolojik tutarlılığını doğrulamaktadır. A_3 alternatifinin skorundaki sayısal farklılık (0,64'e karşılık 0,97), TODIM yönteminin kazanç/kayıp fonksiyonundaki parametre seçimlerinden veya yuvarlama işlemindeki küçük varyasyonlardan kaynaklanmış olabilir. Ancak, nihai sıralamanın korunması, yeniden üretilebilirliğin temel amacına ulaşıldığını göstermektedir (Goodman vd., 2016).

Bu çalışmanın en önemli metodolojik katkılarından biri, açık bilim standartlarına tam uygun olmayan bir çalışmanın dahi, FAIR prensipleri doğrultusunda nasıl şeffaf hale getirilebileceğini göstermesidir. Orijinal tezde veri seti ve detaylı analiz kodları paylaşılmamış olmasına rağmen, tezde açıklanan algoritma takip edilerek veriler yeniden oluşturulmuş ve tüm süreç OSF platformunda şeffaf bir biçimde paylaşılmıştır. Bu yaklaşım, literatürde "geriye dönük şeffaflaştırma" (retrospective transparency) olarak adlandırılan ve mevcut akademik birikimin açık bilim standartlarına kazandırılması için kritik önem taşıyan bir uygulamadır (Nosek vd., 2015).

Geliştirilen web arayüzlerindeki "Sürüm Bilgisi" (Version Info) sekmesi, hesaplamalı bilimlerdeki yeniden üretilebilirlik için kritik unsurlar olan yazılım sürümlerinin ve paket bağımlılıklarının belgelenmesini karşılamaktadır. Hesaplamalı araştırmalarda, aynı kodun farklı yazılım sürümlerinde farklı sonuçlar üretebilmesi nedeniyle Peng (2015) bu bilgilerin paylaşılması yeniden üretilebilirliğin temel bir gerekliliğidir.

Çoğaltılabilirlik analizi, EDCR modelinin kavramsal çoğaltılabilirlik düzeyini test etmiş ve çalışmanın en derin bilimsel katkısını ortaya koymuştur. MARE yöntemiyle elde edilen sonuçlar, yeniden üretilebilirlik aşamasında görünmeyen kritik bir boyut olan epistemik belirsizliği açığa çıkarmıştır. TODIM yöntemi, Beklenti Kuramı'na dayalı olarak karar vericinin davranışsal özelliklerini (kayıptan kaçınma, risk algısı) modellerken deterministik skorlar (0,00; 0,64; 1,00) üretmektedir. Bu skorlar, "A2 en iyisidir" şeklinde kesin bir sonuç izlenimi vermektedir. Ancak MARE yöntemi, girdi aralıklarına dayalı duyarlılık analizi yaklaşımıyla, bu deterministik skorların ardındaki yüksek belirsizliği görünür kılmaktadır. Özellikle A_1 ve A_3 alternatifleri için belirsizlik aralıklarının (0,20-0,90) neredeyse tüm karar uzayını kapsaması, bu alternatiflerin performans değerlendirmesinde yüksek düzeyde epistemik belirsizlik bulunduğunu nicel olarak göstermektedir.

Bu bulgu, bilimsel yöntemlerin gerçekliğin farklı boyutlarını nasıl görünür kıldığına dair önemli bir örnek teşkil etmektedir. TODIM, karar vericinin psikolojik süreçlerini modellerken belirsizliği örtük bırakmakta; MARE ise girdi varyansından kaynaklanan epistemik belirsizliği açık hale getirmektedir. Bu epistemolojik tamamlamıcılık, araştırma bulgularının yöntemsel varsayımlara bağımlılığını nicel olarak ortaya koymaktadır. EDCR modelinde tanımladığı kavramsal çoğaltılabilirliğin, aynı temel hipotezin farklı yöntemlerle test edilmesini içermektedir (Matarese, 2022, s. 6). Bu çalışmada, "ürün önceliklendirme" hipotezi hem davranışsal temelli (TODIM) hem de deterministik toplama temelli (MARE) yaklaşımlarla test edilmiş ve sıralama korunmuştur. Ancak, kritik olan bulgu sıralamanın korunması değil, TODIM'ın maskelediği yüksek epistemik belirsizliğin MARE ile ortaya çıkarılmasıdır. Bu

durum, çoğaltılabilirlik çalışmalarının sadece "sonuçlar aynı mı?" sorusunu değil, "farklı yöntemler hangi farklı bilgi boyutlarını ortaya koyuyor?" sorusunu da sorması gerektiğini göstermektedir.

Çoğaltılabilirlik analizinde, öznel ağırlıklandırma yerine IDOCRIW algoritmasıyla hesaplanan nesnel ağırlıkların kullanılması, karar probleminin epistemolojik temelini yeniden değerlendirme olanağı tanımaktadır. Bu paradigma değişimi, karar vericilerin örtük bilgilerinin ve önyargılarının ötesinde, verinin kendi içsel yapısının da karar sürecinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Bu bulgu, ÇKKV literatüründeki öznel-nesnel ağırlıklandırma tartışmasına ampirik bir katkı sunmaktadır. Özellikle, her iki yaklaşımın "doğru" veya "yanlış" olarak değerlendirilmemesi; bunun yerine, farklı epistemik temellere dayandıklarının anlaşılması önemlidir. Öznel ağırlıklar, karar vericilerin stratejik önceliklerini; nesnel ağırlıklar ise verinin içerdiği bilgi yapısını yansıtmaktadır. Her ikisinin de karar sürecinde dikkate alınması, amaca daha uygun kararlar için gereklidir.

Sınırlılıklar ve Gelecek Araştırmalar

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik ilkelerinin uygulanması tek bir vaka (bir ÇKKV problemi) üzerinden gösterilmiştir. Her ne kadar bu vaka, Türkiye literatüründeki yaygın metodolojik sorunları temsil etse de bulguların farklı araştırma alanlarına genellenebilirliği sınırlıdır. Gelecek çalışmalar, bu metodolojik çerçeveyi sağlık bilimleri, eğitim araştırmaları ve sosyal bilimler gibi farklı disiplinlerden vakalar üzerinde test edebilir.

İkinci olarak, çoğaltılabilirlik analizinde TODIM ve MARE yöntemleri kullanılmıştır. Bu seçim, Beklenti Kuramı temelli bir yaklaşımla belirsizlik analizi temelli bir yaklaşımı karşılaştırma olanağı sunmuştur. Ancak, ÇKKV literatüründe AHP, TOPSIS, VIKOR gibi birçok başka yöntem de mevcuttur. Gelecek çalışmalar, aynı problemi daha fazla yöntemle test ederek bulguların metodolojik sağlamlığını kapsamlı biçimde değerlendirebilir.

Son olarak, bu çalışma hesaplamalı yöntemlere odaklanmıştır. Deneysel bilimlerde yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik kavramlarının uygulanması (örn. laboratuvar deneyleri, alan çalışmaları) farklı metodolojik zorluklar içermektedir. Türkiye'de deneysel araştırmalarda açık bilim pratiklerinin nasıl uygulanabileceğine dair uygulamalı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik ilkelerini teorik bir çerçeveden pratiğe aktararak, Türkiye akademik yazınına somut ve uygulanabilir bir model sunmaktadır. Teorik düzlemdeki temel katkısı, MRIR ve EDCR gibi literatürdeki soyut kavramsal modellerin, somut bir ÇKKV problemi üzerinden nasıl işler hale getirileceğini göstermesidir. Bu sayede, farklı yeniden üretilebilirlik ve çoğaltılabilirlik düzeylerinin pratikteki tezahürleri ve birbirini nasıl tamamladıkları net bir şekilde ortaya konmuştur.

Metodolojik katkı ise, açık bilim pratiklerinin mevcut çalışmalara entegrasyonu için sistematik bir yol haritası oluşturulmasında yatmaktadır. FAIR prensipleri rehberliğinde, orijinalinde veri ve kod paylaşımı bulunmayan bir çalışmanın; veri türetme, algoritma

dokümantasyonu, yazılım sürüm kontrolü ve interaktif web arayüzleri geliştirme gibi somut adımlarla nasıl şeffaflaştırılabileceği gösterilmiştir. Bu süreç, özellikle Türkiye'deki araştırmacıların kendi çalışmalarını benzer şekilde şeffaflaştırmalarına olanak tanıyan uygulanabilir bir metodoloji sunmaktadır.

Uygulamaya yönelik katkı, OSF'de kamuya açılan TODIM ve MARE interaktif web arayüzleri ile somutlaşmaktadır. Bu araçlar, yalnızca bu çalışmanın yeniden üretilmesine değil, aynı zamanda farklı veri setleri ve karar problemleri için kullanılabilecek esnek bir altyapı sağlamaktadır. "Sürüm Bilgisi" sekmesi gibi detaylarla, hesaplamalı araştırmalardaki kritik bir gereklilik olan yazılım sürüm bildiriminin önemi vurgulanmış ve gelecekteki benzer çalışmalar için raporlama standartlarına katkıda bulunulmuştur.

Öte yandan, bu çalışmanın en çarpıcı epistemolojik çıkarımı, bilimsel bulguların "doğru" veya "yanlış" ikiliğinden ziyade, çok katmanlı bir yapıya sahip olduğudur. Aynı veri setini analiz eden iki farklı yöntemin (TODIM ve MARE) aynı sıralamayı üretmesine rağmen, tamamen farklı bilgi katmanlarını ortaya çıkarması dikkat çekicidir. TODIM karar vericinin psikolojik tercihlerini modelleyerek deterministik bir skor sunarken, MARE verideki yapısal belirsizliği kantitatif olarak görünür kılmıştır. Bu bulgu, yeniden üretilbilirlik ve çoğaltılabilirlik çalışmalarının yalnızca "sonuç tutarlılığı" değil, aynı zamanda "epistemik tamamlayıcılık" perspektifinden de değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Nihayetinde, bu çalışma açık bilim ilkelerinin yalnızca ileriye dönük bir taahhüt değil, aynı zamanda mevcut akademik birikimi şeffaflaştırmak ve zenginleştirmek için de kullanılabilecek güçlü bir araç olduğunu kanıtlamıştır. Elde edilen bu bulgular ve deneyimler ışığında, Türkiye'deki araştırmacıların çalışmalarını FAIR prensiplerine uygun şekilde tasarlamaları ve ham veri, analiz kodu gibi materyalleri Aperta, OSF, Zenodo gibi platformlarda açık bilim ilkelerine göre paylaşmaları önerilmektedir. Bulguların sağlamlığını test etmek amacıyla farklı yöntemlerin kullanılması ve deterministik sonuçların yanı sıra duyarlılık analizlerine de yer verilmesi büyük önem taşımaktadır.

Politika düzeyinde ise, Türkiye'deki akademik dergilerin veri ve kod paylaşımını teşvik eden yayın politikalarını benimsemesi, TÜBİTAK ve YÖK gibi kurumların açık bilim altyapısı ile eğitim kaynaklarının geliştirilmesine yönelik yatırım yapması, sürdürülebilir ve güvenilir bir araştırma ekosistemi inşası için hayati önem arz etmektedir.

İzin ve Katkı Bildirimleri

Etik Kurul İzni

Yazarlar makale için etik kurul onayı gerekmediğini beyan etmiştir.

Yazarlık Katkısı

Kemal Yayla: Fikir / Kavram, Kavramsal Arka Plan, Metodoloji, Veri Toplama, Veri Analizi, Veri Görselleştirme, Yazım, Finansman Sağlama

Haluk Soyuer: Fikir / Kavram, Metodoloji, Değerlendirme ve İnceleme

Kaynakça

- Abdel-Kader, M. G., ve Dugdale, D. (2001). Evaluating Investments in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy Set Theory Approach. *The British Accounting Review*, 33(4), 455-489. <https://doi.org/10.1006/bare.2001.0177>
- Andrade, C. (2021). HARKing, Cherry-Picking, P-Hacking, Fishing Expeditions, and Data Dredging and Mining as Questionable Research Practices. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 82(1). <https://doi.org/10.4088/JCP.20f13804>
- Aydin, B., Kaplan, M., Atılgan, H., ve Gürel, S. (2019). A Preliminary Study to Evaluate the Reproducibility of Factor Analysis Results: The Case of Educational Research Journals in Turkey. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.21031/epod.482393>
- Barba, L. A. (2018). *Terminologies for Reproducible Research* (Versiyon 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1802.03311>
- Claerbout, J. F., ve Karrenbach, M. (1992). Electronic Documents Give Reproducible Research a New Meaning. *SEG Technical Program Expanded Abstracts 1992*, 601-604. <https://doi.org/10.1190/1.1822162>
- Crandall, C. S., ve Sherman, J. W. (2016). On the Scientific Superiority of Conceptual Replications for Scientific Progress. *Journal of Experimental Social Psychology*, 66, 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2015.10.002>
- De Rond, M., ve Miller, A. N. (2005). Publish or Perish: Bane or Boon of Academic Life? *Journal of Management Inquiry*, 14(4), 321-329. <https://doi.org/10.1177/1056492605276850>
- Derksen, M., ve Morawski, J. (2022). Kinds of Replication: Examining the Meanings of “Conceptual Replication” and “Direct Replication”. *Perspectives on Psychological Science*, 17(5), 1490-1505. <https://doi.org/10.1177/17456916211041116>
- Donoho, D. L., Maleki, A., Rahman, I. U., Shahram, M., ve Stodden, V. (2009). Reproducible Research in Computational Harmonic Analysis. *Computing in Science & Engineering*, 11(1), 8-18. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2009.15>
- Fanelli, D. (2009). How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? A Systematic Review and Meta-Analysis of Survey Data. *PLoS ONE*, 4(5), e5738. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005738>
- Fanelli, D., Ioannidis, J. P. A., ve Goodman, S. (2018). Improving the Integrity of Published Science: An Expanded Taxonomy of Retractions and Corrections. *European Journal of Clinical Investigation*, 48(4), e12898. <https://doi.org/10.1111/eci.12898>
- Federation of American Societies for Experimental Biology. (2016). *Enhancing Research Reproducibility*. https://www.aai.org/AAISite/media/Public_Affairs/Policy_Issues/NIH_Peer_Review/FASEB_Enhancing-Research-Reproducibility.pdf
- Ferreira, C., Bastille-Rousseau, G., Bennett, A. M., Ellington, E. H., Terwissen, C., Austin, C., Borlestean, A., Boudreau, M. R., Chan, K., Forsythe, A., Hossie, T. J., Landolt, K., Longhi, J., Otis, J., Peers, M. J. L., Rae, J., Seguin, J., Watt, C., Wehtje, M., ve Murray, D. L. (2016). The Evolution of Peer Review as a Basis for Scientific Publication: Directional Selection Towards a Robust Discipline? *Biological Reviews*, 91(3), 597-610. <https://doi.org/10.1111/brv.12185>
- Fineberg, H., Stodden, V., ve Meng, X.-L. (2020). Highlights of the US National Academies Report on “Reproducibility and Replicability in Science”. *Harvard Data Science Review*, 2(4). <https://doi.org/10.1162/99608f92.cb310198>
- Fishburn, P. C. (1967). Letter to the Editor—Additive Utilities with Incomplete Product Sets: Application to Priorities and Assignments. *Operations Research*, 15(3), 537-542. <https://doi.org/10.1287/opre.15.3.537>

- Gentleman, R., ve Temple Lang, D. (2007). Statistical Analyses and Reproducible Research. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 16(1), 1-23. <https://doi.org/10.1198/106186007X178663>
- Gomes, L., ve Lima, M. (1991). TODIM: basics and application to multicriteria ranking. *Found. Comput. Decis. Sci*, 16(3-4), 1-16.
- Goodman, S. N., Fanelli, D., ve Ioannidis, J. P. A. (2016). What Does Research Reproducibility Mean? *Science Translational Medicine*, 8(341). <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaf5027>
- Hicks, D. J. (2023). Open Science, the Replication Crisis, and Environmental Public Health. *Accountability in Research*, 30(1), 34-62. <https://doi.org/10.1080/08989621.2021.1962713>
- Hodgett, R. E., Martin, E. B., Montague, G., ve Talford, M. (2014). Handling uncertain decisions in whole process design. *Production Planning & Control*, 25(12), 1028-1038. <https://doi.org/10.1080/09537287.2013.798706>
- Huisman, J., ve Smits, J. (2017). Duration and Quality of the Peer Review Process: The Author's Perspective. *Scientometrics*, 113(1), 633-650. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2310-5>
- Hunter, P. (2017). The Reproducibility "Crisis": Reaction to Replication Crisis Should Not Stifle Innovation. *EMBO Reports*, 18(9), 1493-1496. <https://doi.org/10.15252/embr.201744876>
- Hwang, C.-L., ve Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making* (C. 186). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Kalelioğlu, U. B. (2019). Bilimsel Tekrarlanabilirlik İlkesi Kapsamında Pozitivist Metodolojinin Evrensel Yasalara Ulaşma İdeali. *Uluslararası Beşeri Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 5(12), 1182-1200.
- Kalelioğlu, U. B. (2021). Replicability: 21st Century Crisis of the Positivist Social Sciences. *Uluslararası Sosyal Bilgilerde Yeni Yaklaşımlar Dergisi (IJONASS)*. <https://doi.org/10.38015/sbyy.1003103>
- Kara, E. (2023). Tekrarlanabilirlik Krizi ve Geçerlilik Krizi Kıskaçındaki Psikoloji ve Sosyal Bilimlerde Krizden Çıkış İçin Öne Çıkan İki Trend: "Yeni İstatistik" ve "Bayesyen İstatistik". *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 13(2), 599-624. <https://doi.org/10.18039/ajesi.1240655>
- LeBel, E. P., McCarthy, R. J., Earp, B. D., Elson, M., ve Vanpaemel, W. (2018). A Unified Framework to Quantify the Credibility of Scientific Findings. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 1(3), 389-402. <https://doi.org/10.1177/2515245918787489>
- Leek, J. T., ve Peng, R. D. (2015). Reproducible Research Can Still Be Wrong: Adopting a Prevention Approach. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(6), 1645-1646. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421412111>
- Leekwijck, W. V., ve Kerre, E. E. (1999). Defuzzification: Criteria and classification. *Fuzzy Sets and Systems*, 108(2), 159-178. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00337-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00337-0)
- Leonelli, S. (2018). Rethinking Reproducibility as a Criterion for Research Quality. İçinde L. Fiorito, S. Scheall, ve C. E. Suprinyak (Ed.), *Research in the History of Economic Thought and Methodology* (C. 36, ss. 129-146). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S0743-41542018000036B009>
- Matarese, V. (2022). Kinds of Replicability: Different Terms and Different Functions. *Axiomathes*, 32(S2), 647-670. <https://doi.org/10.1007/s10516-021-09610-2>
- Matarese, V. (2023). A New Concept of Replication. *Inquiry*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/0020174X.2023.2278032>
- Mesirov, J. P. (2010). Accessible Reproducible Research. *Science*, 327(5964), 415-416. <https://doi.org/10.1126/science.1179653>

- Munafò, M. R., Nosek, B. A., Bishop, D. V. M., Button, K. S., Chambers, C. D., Percie Du Sert, N., Simonsohn, U., Wagenmakers, E.-J., Ware, J. J., ve Ioannidis, J. P. A. (2017). A Manifesto for Reproducible Science. *Nature Human Behaviour*, 1(1), 0021. <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0021>
- Nelson, N. C., Ichikawa, K., Chung, J., ve Malik, M. M. (2021). Mapping the Discursive Dimensions of the Reproducibility Crisis: A Mixed Methods Analysis. *PLOS ONE*, 16(7), e0254090. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254090>
- Nosek, B. A., Alter, G., Banks, G. C., Borsboom, D., Bowman, S. D., Breckler, S. J., Buck, S., Chambers, C. D., Chin, G., Christensen, G., Contestabile, M., Dafoe, A., Eich, E., Freese, J., Glennerster, R., Goroff, D., Green, D. P., Hesse, B., Humphreys, M., ... Yarkoni, T. (2015). Promoting an open research culture. *Science*, 348(6242), 1422-1425. <https://doi.org/10.1126/science.aab2374>
- Nosek, B. A., Spies, J. R., ve Motyl, M. (2012). Scientific Utopia: II. Restructuring Incentives and Practices to Promote Truth Over Publishability. *Perspectives on Psychological Science*, 7(6), 615-631. <https://doi.org/10.1177/1745691612459058>
- Open Science Collaboration. (2015). Estimating the Reproducibility of Psychological Science. *Science*, 349(6251), aac4716. <https://doi.org/10.1126/science.aac4716>
- Paruzel-Czachura, M., Baran, L., ve Spendel, Z. (2021). Publish or Be Ethical? Publishing Pressure and Scientific Misconduct in Research. *Research Ethics*, 17(3), 375-397. <https://doi.org/10.1177/1747016120980562>
- Peng, R. D. (2011). Reproducible Research in Computational Science. *Science*, 334(6060), 1226-1227. <https://doi.org/10.1126/science.1213847>
- Peng, R. D. (2015). The Reproducibility Crisis in Science: A Statistical Counterattack. *Significance*, 12(3), 30-32. <https://doi.org/10.1111/j.1740-9713.2015.00827.x>
- Peng, R. D., Dominici, F., ve Zeger, S. L. (2006). Reproducible Epidemiologic Research. *American Journal of Epidemiology*, 163(9), 783-789. <https://doi.org/10.1093/aje/kwj093>
- Plesser, H. E. (2018). Reproducibility vs. Replicability: A Brief History of a Confused Terminology. *Frontiers in Neuroinformatics*, 11, 76. <https://doi.org/10.3389/fninf.2017.00076>
- Reis, D., ve Friese, M. (2022). The Myriad Forms of p-Hacking. İçinde W. O'Donohue, A. Masuda, ve S. Lilienfeld (Ed.), *Avoiding Questionable Research Practices in Applied Psychology* (ss. 101-121). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04968-2_5
- Resnik, D. B., Peddada, S., ve Brunson Jr, W. (2009). Research Misconduct Policies of Scientific Journals. *Accountability in Research*, 16(5), 254-267. <https://doi.org/10.1080/08989620903190299>
- Ribeiro, M. D., Kalichman, M. W., ve Vasconcelos, S. M. (2023). Retractions and Rewards in Science: An Open Question for Reviewers and Funders. *Science and Engineering Ethics*, 29(4), 26. <https://doi.org/10.1007/s11948-023-00446-0>
- Schmidt, S. (2009). Shall We Really Do It Again? The Powerful Concept of Replication Is Neglected in the Social Sciences. *Review of General Psychology*, 13(2), 90-100. <https://doi.org/10.1037/a0015108>
- Serra-Garcia, M., ve Gneezy, U. (2021). Nonreplicable Publications Are Cited More Than Replicable Ones. *Science Advances*, 7(21), eabd1705. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd1705>
- Stake, R. E. (2005). *Multiple case study analysis*. Guilford Press.
- The Economist. (2013, Ekim 21). *How Science Goes Wrong*. <https://www.economist.com/leaders/2013/10/21/how-science-goes-wrong>

- Tversky, A., ve Kahneman, D. (1992). Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty*, 5(4), 297-323. <https://doi.org/10.1007/BF00122574>
- Van Dalen, H. P. (2021). How the Publish-or-Perish Principle Divides a Science: The Case of Economists. *Scientometrics*, 126(2), 1675-1694. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03786-x>
- Van Dalen, H. P., ve Henkens, K. (2012). Intended and Unintended Consequences of a Publish-or-Perish Culture: A Worldwide Survey. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(7), 1282-1293. <https://doi.org/10.1002/asi.22636>
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, Ij. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.-W., Da Silva Santos, L. B., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., ... Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for Scientific Data Management and Stewardship. *Scientific Data*, 3(1), 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (4. bs). Sage Publications.
- Yayla, K. (2017). Müşteri Yönelimli Stratejik Kararlar İçin Çok Kriterli Dilsel Karar Destek Sistemi Önerisi / a Linguistic Multi-Criteria Decision Support System for Customer Oriented Strategic Decisions [Doktora Tezi Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, İşletme Bilim Dalı]
- Zavadskas, E. K., ve Podvezko, V. (2016). Integrated Determination of Objective Criteria Weights in MCDM. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(02), 267-283. <https://doi.org/10.1142/S0219622016500036>
- Zencir, M. B. (2024). “Tekrarlanabilirlik Krizi” Bağlamında Açık Bilim Girişimi ve Akademik Kütüphanelere Etkisi. İçinde P. Bezirci ve I. İ. Sert (Ed.), *Cumhuriyet’in 100. Yılında Bilgi ve Belge Yönetimi Teknolojisinde Güncel Yaklaşımlar* (ss. 945-964). İstanbul University Press. <https://doi.org/10.26650/B/SS53.2024.015.37>
- Zupanc, G. K. H. (2024). “It Is Becoming Increasingly Difficult to Find Reviewers”—Myths and Facts About Peer Review. *Journal of Comparative Physiology A*, 210(1), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s00359-023-01642-w>